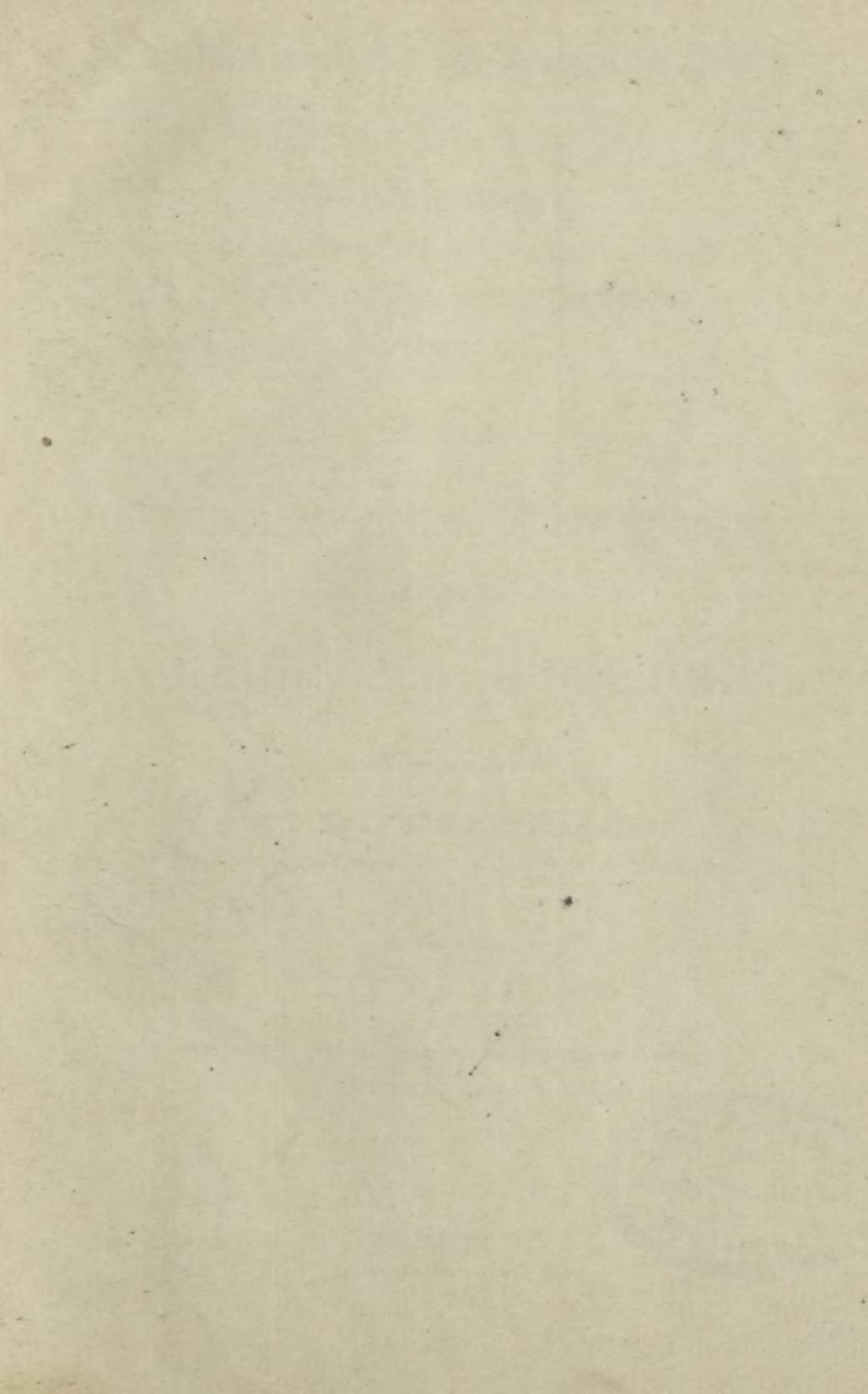




Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294699



Landesausstellungs-Ausgabe 1896.

Mitteilungen
der Materialprüfungs-Anstalt
am schweiz. Polytechnikum in Zürich.

VII. Heft.

Resultate spezieller Untersuchungen
auf dem Gebiete der
Hydraulischen Bindemittel.

Zusammengestellt von

Prof. **L. Tetmajer**

Direktor der Materialprüfungs-Anstalt am schweiz. Polytechnikum, etc.

H. Nr. 21947

Zweite umgearbeitete und vervollständigte Auflage.

Selbst-Verlag der Anstalt.

ZÜRICH

Druck von F. LOHBAUER, Rämistrasse 12

1897.

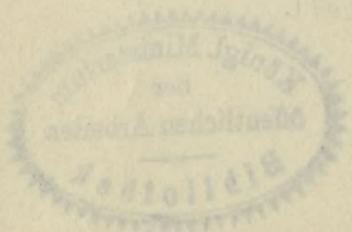


Landesausstellung - Ausgabe 1898



II 5919 II

~~II 5919 II~~



Gewidmet

den Mitgliedern des Vereins

Schweiz. Cement-, Kalk- und Gypsfabrikanten

vom

Verfasser.

ZÜRICH, im Januar 1897.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die freundliche Aufnahme, die die erste Auflage des VII. Heftes in Fachkreisen erfuhr, nicht minder der Wunsch, die Entwicklung der schweiz. Cementindustrie in den letzten 14 Jahren im Lichte der Zahlen vor die Öffentlichkeit zu bringen, veranlasste die vorliegende, zweite Auflage dieses Heftes. Dass es möglich wurde, diese Absicht zu verwirklichen, verdankt die schweiz. Materialprüfungs-Anstalt lediglich dem Entgegenkommen und dem Opfersinne des Central-Comités der schweiz. Landesausstellung zu Genf, welches über Antrag der Experten der Gruppe 32, der Gruppe: »*Baumaterialien*« einen verdankenswerten Beitrag an die Kosten der Herausgabe dieses Heftes zu verabreichen beschloss. Im Namen aller beteiligten und interessierten Kreise sei an dieser Stelle dem Central-Comité der zweiten schweiz. Landesausstellung Anerkennung und der wärmste Dank ausgesprochen.

Materiell weist das vorliegende Heft eine nicht unwesentliche Erweiterung des Inhalts seiner ersten Auflage auf. Eine Reihe bisher nicht veröffentlichter Untersuchungen mörteltechnischer Natur, nicht minder eine Reihe von Erörterungen, die zur Zeit der Bearbeitung der ersten Auflage des Heftes entweder noch nicht existierten oder doch nicht vollständig abgeschlossen vorlagen, wurden herangezogen und werden nicht verfehlen, das Material unserer früheren Kundgebung angemessen zu ergänzen. Ein entsprechend grosser Raum wurde der Frage der Entwicklung der schweiz. Cement- und Kalkindustrie in der Periode von der ersten (Zürich, 1883) bis zur zweiten (Genf, 1896) schweiz. Landesausstellung zugewiesen. Die Ermittlung der Durchschnittswerte der charakteristischen Wertfaktoren der Bindemittel einheimischer Herkunft in den Perioden 1883 bis einschliesslich 1886 (in welcher Zeit bei Erzeugung der Probekörper die Handarbeit durch die maschinelle Formerei ersetzt wurde),

1887 bis und mit 1890, und von da ab, ferner die Ermittlung der jährlichen Durchschnittswerte, entspricht einem Wunsche der schweiz. Fabrikanten, welchem zu entsprechen wir gerne bereit waren.

Die ganze Arbeit wird ihren Zweck erfüllen, wenn sie in der Hand des Bautechnikers und Cementindustriellen zum Ratgeber in speziellen Fällen wird und zu weiteren Forschungen auf dem betretenen, geradezu unerschöpflichen Gebiete anregen sollte.

ZÜRICH, im Januar 1897.

Prof. L. Tetmajer.

1. Einflüsse der Rammarbeit auf die Dichte und die Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1 : 3).

Die Untersuchung der Einflüsse der Grösse der Rammarbeit auf die Dichte- und die Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (in Gew.-Teilen 1 : 3 mit schweiz. Normalsand) war unternommen, um die widersprechenden Resultate abzuklären, die an verschiedenen Stellen, unter Zugrundelegung gleichartiger Manipulation und bei gleichwertigen Einrichtungen der maschinellen Erzeugung der Probekörper für die Prüfung der Bindekraft hydraulischer Bindemittel gewonnen wurden. So fand Prof. *N. Belebubski*, St. Petersburg — vergl. den Bericht der Unterkommission Nr. 5 der IV. ständigen Kommission für die Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden von Bau- und Konstruktionsmaterialien betreffs: *»Bestimmung der Normalkonsistenz zur Aufsuchung der Mörtelfestigkeit (Bindekraft) hydraulischer Bindemittel, insbesondere betreffs Ermittlung der Bedingungen, durch welche gleiche Dichte der Zug- und Druckproben erzielt werden kann«*, vorgelegt der internationalen Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden von Bau- und Konstruktionsmaterialien, Zürich 1895, — dass die unter Zugrundelegung von 0,3 mkg Arbeit auf 1,0 gr trockener Mörtelsubstanz (1 : 3) gewonnenen Probekörper keine gleiche Dichte ergaben. Prof. *Belebubski's* Resultate stehen im Widerspruch mit unserer Erhebung und es lag der Gedanke nahe, den Grund dieser Erscheinung auf die Verschiedenheit der verwendeten Sandsorten zurückzuführen.

Einleitend sei bemerkt, dass eine mathematische Übereinstimmung der Dichte sich wohl überhaupt und zwar aus dem Grunde nicht erzielen lassen wird, weil die Verhältnisse der Volumina zur Grösse der Oberfläche der Probekörper der Zug- und Druckfestigkeit bei der gegenwärtig üblichen Form und

Grösse dieser Körper nicht konstant sind und auch andere sekundäre Einflüsse, wie das Gewicht der Aufsätze, ihre Reibungsverhältnisse, die Art und Grösse des Abschneidens der verlorenen Köpfe u. d. m. mitspielen und nicht eliminiert werden können.

Prof. *Belelubski* kommt auf Grund seiner Untersuchungen zum Resultate, es sei erwünscht die angenommene Arbeit von 0,3 mkg auf 0,2 mkg auf 1,0 gr trockene Mörtelsubstanz zu ermässigen, wodurch eine bessere Übereinstimmung der spezifischen Gewichte der Probekörper zu erreichen wäre. Nachdem wir auch mit einer Arbeit von 0,2 mkg gearbeitet, die erwähnte, bessere Übereinstimmung in unserer ersten Versuchsreihe jedoch zu finden nicht vermochten, haben wir zu deren Kontrolle eine zweite ausgeführt und teilen nun sämtliche, diesen Gegenstand betreffende Versuchsergebnisse nachstehend mit.

1. Versuchsreihe.

Ausgeführt mit:

- 4 *Portlandcementen*,
- 2 *Schlackencementen*,
- 2 *Romancementen und*
- 4 *hydraulischen Kalken*.

Sämtliche Bindemittel wurden mit je 0,30, 0,25, 0,20, 0,15 und 0,10 mkg Rammarbeit pro 1,0 gr trockene Mörtelsubstanz verarbeitet und die Gewichts- und Festigkeitsverhältnisse nach 3, 7 und 28 Tagen erhoben.

Bezüglich der Art der Erzeugung der Probekörper wäre zu bemerken:

1. Verwendet wurde schweizerischer Normsand.
2. Sämtliche Probekörper sind mittelst Klebe's Rammapparaten erzeugt.
3. Die Wassermenge wurde derart bestimmt, dass nach 0,75 bis 0,8 der voraus bestimmten Anzahl Schläge eine Wasserabsonderung eintrat (z. B. beim Normenmörtel 1 : 3 und 0,30 mkg Arbeit: gesamt Anzahl Schläge 150 bei Druckproben; Beginn der Wasserabsonderung beim 100. bis 110. Schlage).
4. Mit der Erzeugung der Probekörper waren 2 Gehilfen betraut, von denen der eine erst kürzlich eingestellt war.

5. Das Volumen einer Zugprobe wurde zu 70 cm³, dasjenige einer Druckprobe zu 343 cm³ ermittelt und als spezifisches Gewicht

$$\text{für Zug: } \gamma_z = \frac{G_z}{70}$$

$$\text{» Druck: } \gamma_d = \frac{G_d}{343}$$

in Rechnung gestellt, wobei G_z und G_d bezw. die Gewichte der oberflächlich abgetrockneten Zug- und Druckproben bedeuten.

In nachstehenden Zusammenstellungen geben wir nun die Mittelwerte der spezifischen Gewichte und der Festigkeitsverhältnisse des Mörtels 1 : 3 nach normengemässer Wasserlagerung.

Tabelle I.

Anmachwasser in %	Rammarbeit pro 1,0 gr trockene Mörtel- substanz	Spezifische Gewichte der Probekörper						Sandfestigkeit, 1 : 3, kg/cm ² nach 28-tägiger Erhärtungsfrist *)	
		nach 3-tägiger Erhärtungsfrist		nach 7-tägiger Erhärtungsfrist		nach 28-tägiger Erhärtungsfrist		Zug	Druck
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Portlandemente.									
<i>Marke A.</i>									
9 ¹ / ₂	0,30	2,35	2,31	2,32	2,31	2,36	2,31	31,9	378,3
9 ³ / ₄	0,25	2,31	2,30	2,32	2,28	2,34	2,31	36,6	339,6
10 ¹ / ₄	0,20	2,31	2,29	2,32	2,33	2,35	2,30	36,6	312,4
10 ³ / ₄	0,15	2,28	2,27	2,29	2,27	2,30	2,29	34,1	293,1
II	0,10	2,26	2,22	2,25	2,23	2,28	2,28	29,8	261,9
	Mittel:	2,30	2,28	2,30	2,28	2,33	2,30		
<i>Marke B.</i>									
9 ³ / ₄	0,30	2,37	2,35	2,38	2,37	2,40	2,35	26,4	309,3
10	0,25	2,36	2,33	2,35	2,31	2,38	2,34	26,1	310,3
10 ¹ / ₂	0,20	2,34	2,31	2,33	2,32	2,33	2,33	26,5	293,5
10 ³ / ₄	0,15	2,31	2,29	2,30	2,28	2,32	2,33	22,7	266,4
II	0,10	2,28	2,27	2,27	2,27	2,30	2,26	21,7	232,1
	Mittel:	2,33	2,31	2,33	2,31	2,35	2,32		
<i>Marke C.</i>									
9 ³ / ₄	0,30	2,28	2,31	2,33	2,33	2,33	2,29	27,8	290,0
10	0,25	2,29	2,28	2,32	2,31	2,33	2,30	27,1	252,0
10 ¹ / ₄	0,20	2,25	2,26	2,26	2,22	2,30	2,28	24,2	249,8
10 ¹ / ₂	0,15	2,26	2,23	2,26	2,22	2,28	2,27	24,7	233,3
10 ³ / ₄	0,10	2,20	2,20	2,23	2,17	2,25	2,23	23,4	222,9
	Mittel:	2,26	2,26	2,28	2,25	2,30	2,27		

*) Wasserlagerung.

Anmachwasser in %	Rammarbeit pro 1,0 gr trockene Mörtel- substanz	Specifische Gewichte der Probekörper						Sandfestigkeit, 1 : 3, kg/cm ² nach 28-tägiger Erhätungsfrist *)	
		nach 3-tägiger Erhätungsfrist		nach 7-tägiger Erhätungsfrist		nach 28-tägiger Erhätungsfrist		Zug	Druck
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck		
<i>Marke D.</i>									
9 ³ / ₄	0,30	2,35	2,32	2,33	2,31	2,38	2,33	27,4	304,3
10	0,25	2,33	2,29	2,29	2,29	2,33	2,33	25,7	303,1
10 ¹ / ₄	0,20	2,30	2,28	2,29	2,28	2,32	2,33	25,2	267,9
10 ¹ / ₂	0,15	2,26	2,28	2,28	2,28	2,27	2,28	20,7	255,1
10 ³ / ₄	0,10	2,28	2,25	2,30	2,27	2,31	2,26	22,5	212,1
	Mittel:	2,30	2,28	2,30	2,29	2,32	2,31		
<i>Schlackencemente.</i>									
<i>Marke A.</i>									
10	0,30	2,34	2,32	2,37	2,33	2,34	2,32	24,9	224,3
10 ¹ / ₄	0,25	2,33	2,29	2,36	2,33	2,36	2,31	24,6	210,9
10 ¹ / ₂	0,20	2,30	2,28	2,30	2,30	2,32	2,30	22,5	218,5
10 ³ / ₄	0,15	2,33	2,28	2,32	2,28	2,33	2,27	20,9	198,9
II	0,10	2,29	2,22	2,25	2,26	2,27	2,26	19,6	191,8
	Mittel:	2,32	2,28	2,32	2,30	2,32	2,29		
<i>Marke B.</i>									
10 ³ / ₄	0,30	2,34	2,28	2,34	2,32	2,36	2,30	25,2	196,1
II	0,25	2,33	2,28	2,35	2,30	2,33	2,31	24,0	181,9
II ¹ / ₄	0,20	2,31	2,27	2,31	2,28	2,30	2,28	23,1	172,6
II ¹ / ₂	0,15	2,29	2,27	2,28	2,24	2,27	2,28	20,0	159,9
II ³ / ₄	0,10	2,25	2,23	2,23	2,22	2,25	2,23	18,4	132,4
	Mittel:	2,30	2,27	2,30	2,27	2,30	2,28		
<i>Romancemente.</i>									
<i>Marke A.</i>									
II	0,30	2,37	2,33	2,37	2,37	2,38	2,37	15,6	156,4
II ¹ / ₄	0,25	2,37	2,32	2,35	2,35	2,37	2,35	15,1	150,4
II ¹ / ₂	0,20	2,34	2,32	2,35	2,31	2,36	2,33	14,7	132,4
II ³ / ₄	0,15	2,32	2,28	2,32	2,32	2,34	2,30	13,1	123,6
I2	0,10	2,29	2,28	2,27	2,28	2,31	2,28	12,6	97,3
	Mittel:	2,34	2,31	2,33	2,33	2,35	2,33		
<i>Marke B.</i>									
II	0,30	2,32	2,30	2,34	2,32	2,35	2,30	13,3	114,0
II ¹ / ₄	0,25	2,31	2,29	2,30	2,31	2,33	2,28	13,9	102,4
II ¹ / ₂	0,20	2,27	2,28	2,28	2,28	2,30	2,27	12,5	97,8
II ³ / ₄	0,15	2,23	2,28	2,28	2,27	2,28	2,27	11,4	89,9
I2	0,10	2,22	2,22	2,23	2,22	2,24	2,22	11,2	82,3
	Mittel:	2,27	2,27	2,29	2,28	2,30	2,27		

*) Wasserlagerung.

Anmachwasser in %	Ranmarbeit pro 1,0 gr trockene Mörtel- substanz	Specifiche Gewichte der Probekörper						Sandfestigkeit, 1 : 3, kg/cm ² nach 28-tägiger Erhärtungsfrist *)	
		nach 3-tägiger Erhärtungsfrist		nach 7-tägiger Erhärtungsfrist		nach 28-tägiger Erhärtungsfrist		Zug	Druck
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck		
Hydraulische Kalke.									
<i>Marke A.</i>									
13	0,30	2,27	2,26	2,30	2,28	2,28	2,27	12,0	121,9
13 ^{3/4}	0,25	2,27	2,27	2,29	2,28	2,31	2,27	12,5	107,1
13 ^{1/2}	0,20	2,25	2,23	2,26	2,27	2,29	2,25	10,7	97,0
13 ^{3/4}	0,15	2,24	2,23	2,23	2,21	2,24	2,23	10,5	81,3
14	0,10	2,22	2,20	2,22	2,17	2,22	2,20	9,0	71,4
	Mittel:	2,25	2,24	2,26	2,24	2,27	2,24		
<i>Marke B.</i>									
12	0,30	2,23	2,23	2,25	2,24	2,25	2,25	7,6	66,6
12 ^{1/4}	0,25	2,26	2,22	2,25	2,25	2,28	2,25	7,6	58,5
12 ^{1/2}	0,20	2,22	2,22	2,23	2,21	2,21	2,21	6,4	54,0
12 ^{1/2}	0,15	2,24	2,21	2,23	2,16	2,23	2,18	6,7	46,8
12 ^{3/4}	0,10	2,19	2,18	2,19	2,14	2,19	2,16	6,0	45,9
	Mittel:	2,23	2,21	2,23	2,20	2,23	2,21		
<i>Marke C.</i>									
12 ^{1/2}	0,30	2,29	2,28	2,30	2,28	2,31	2,32	12,0	60,5
12 ^{3/4}	0,25	2,28	2,27	2,30	2,27	2,31	2,29	13,5	59,4
13	0,20	2,27	2,26	2,27	2,26	2,27	2,28	11,3	56,9
13 ^{1/4}	0,15	2,23	2,27	2,24	2,25	2,23	2,26	9,0	51,4
13 ^{1/2}	0,10	2,21	2,22	2,21	2,20	2,21	2,21	9,0	41,8
	Mittel:	2,26	2,26	2,26	2,25	2,27	2,27		
<i>Marke D.</i>									
11 ^{1/2}	0,30	2,25	2,24	2,27	2,24	2,26	2,26	8,9	51,3
11 ^{3/4}	0,25	2,23	2,22	2,23	2,22	2,24	2,25	8,5	45,6
12	0,20	2,19	2,19	2,21	2,17	2,21	2,21	8,0	42,9
12 ^{1/4}	0,15	2,17	2,19	2,20	2,15	2,20	2,18	7,1	37,1
12 ^{1/2}	0,10	2,15	2,14	2,16	2,14	2,17	2,16	5,9	30,9
	Mittel:	2,20	2,20	2,21	2,18	2,22	2,21		

2. Versuchsreihe.

Ausgeführt mit:

- 4 Portlandcementen,
- 1 Schlackencement,
- 2 Romancementen,
- 2 hydraulischen Kalken.

*) Wasserlagerung.

Sämtliche Bindemittel wurden mit 0,30, 0,25, 0,20, 0,15 und 0,10 mkg Rammarbeit pro 1,0 gr trockene Mörtelsubstanz verarbeitet und die Gewichts- und Festigkeitsverhältnisse nach 7 und 28 Tagen erhoben.

Die Erzeugung und Behandlung der Probekörper geschah ähnlich wie bei der ersten Versuchsreihe.

Tabelle II.

Anmachwasser in %	Rammarbeit pro 1,0 gr trockene Mörtelsubstanz	Specifische Gewichte der Probekörper				Sandfestigkeit, 1 : 3, Wasserlagerung, kg/cm ²			
		nach 7-tägiger Erhärtungsfrist		nach 28-tägiger Erhärtungsfrist		nach 7-tägiger Erhärtungsfrist		nach 28-tägiger Erhärtungsfrist	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Portlandcemente.									
<i>Marke E.</i>									
9 ¹ / ₂	0,30	2,29	2,28	2,29	2,28	14,1	152,7	20,6	223,8
10	0,25	2,28	2,26	2,31	2,26	13,7	131,8	17,8	196,1
10 ¹ / ₄	0,20	2,28	2,26	2,31	2,28	13,4	127,9	17,5	174,9
10 ¹ / ₂	0,15	2,25	2,23	2,28	2,26	12,0	111,6	17,0	167,4
11	0,10	2,21	2,25	2,26	2,29	9,7	90,2	14,0	138,6
	Mittel:	2,26	2,26	2,29	2,27				
<i>Marke F.</i>									
10 ¹ / ₄	0,30	2,24	2,25	2,27	2,26	14,4	134,2	20,1	206,0
10 ¹ / ₂	0,25	2,23	2,24	2,26	2,25	13,7	132,4	18,0	185,3
10 ³ / ₄	2,20	2,23	2,23	2,23	2,25	13,0	116,2	18,5	170,5
11 ¹ / ₄	2,15	2,20	2,22	2,22	2,22	12,7	108,8	18,0	161,6
11 ³ / ₄	2,10	2,18	2,21	2,20	2,21	10,6	97,2	16,8	143,0
	Mittel:	2,22	2,23	2,24	2,24				
<i>Marke G.</i>									
10 ¹ / ₄	0,30	2,27	2,26	2,28	2,27	4,8	48,1	13,1	131,0
10 ¹ / ₂	0,25	2,23	2,25	2,27	2,25	5,0	48,1	11,6	114,7
10 ³ / ₄	0,20	2,25	2,20	2,25	2,22	5,0	51,0	11,8	124,4
11	0,15	2,23	2,20	2,24	2,21	5,4	50,2	11,2	111,0
11 ¹ / ₂	0,10	2,19	2,19	2,21	2,19	4,8	42,3	10,8	87,6
	Mittel:	2,23	2,22	2,25	2,23				
<i>Marke H.</i>									
9 ¹ / ₂	0,30	2,28	2,28	2,27	2,31	13,4	131,0	20,9	194,9
10	0,25	2,28	2,28	2,29	2,32	12,6	114,7	17,9	174,8
10 ¹ / ₂	0,20	2,27	2,26	2,30	2,30	12,1	109,2	17,4	181,9
11	0,15	2,27	2,26	2,28	2,30	10,7	102,2	16,0	158,4
11 ¹ / ₂	0,10	2,24	2,27	2,25	2,28	9,6	79,8	14,2	129,8
	Mittel:	2,27	2,27	2,28	2,30				

Anmachwasser in %	Rammarbeit pro 1,0 gr trockene Mörtel- Substanz	Specifische Gewichte der Probekörper				Sandfestigkeit, 1 : 3, Wasserlagerung, kg/cm ²			
		nach 7-tägiger Erhärtungsfrist		nach 28-tägiger Erhärtungsfrist		nach 7-tägiger Erhärtungsfrist		nach 28-tägiger Erhärtungsfrist	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Schlackencemente.									
<i>Marke C.</i>									
10 ¹ / ₄	0,30	2,31	2,33	2,31	2,31	17,2	148,9	23,5	207,7
10 ¹ / ₂	0,25	2,33	2,31	2,34	2,32	16,3	158,1	20,9	217,2
10 ³ / ₄	0,20	2,29	2,30	2,32	2,31	16,7	139,5	20,2	203,3
II	0,15	2,28	2,29	2,31	2,31	15,5	132,3	19,8	181,5
II ¹ / ₂	0,10	2,29	2,29	2,28	2,31	15,3	119,1	19,7	171,4
	Mittel:	2,30	2,30	2,31	2,31				
Romancemente.									
<i>Marke C.</i>									
II	0,30	2,26	2,27	2,26	2,27	7,0	64,3	8,4	81,3
II ¹ / ₂	0,25	2,25	2,23	2,26	2,26	6,7	57,6	6,7	72,8
12	0,20	2,24	2,22	2,24	2,24	5,9	49,9	6,5	63,0
12 ¹ / ₂	0,15	2,21	2,24	2,24	2,25	5,6	43,4	6,3	53,4
13	0,10	2,19	2,22	2,22	2,23	4,9	40,1	6,3	46,2
	Mittel:	2,23	2,24	2,24	2,25				
<i>Marke D.</i>									
10 ³ / ₄	0,30	2,30	2,28	2,30	2,29	9,2	90,4	11,5	108,9
II ¹ / ₄	0,25	2,28	2,27	2,30	2,29	8,7	84,0	10,6	97,6
II ³ / ₄	0,20	2,25	2,28	2,28	2,27	8,3	73,1	9,2	89,8
12	0,15	2,24	2,26	2,26	2,27	8,3	69,1	9,7	76,6
12 ¹ / ₄	0,10	2,22	2,24	2,24	2,26	7,5	56,0	10,2	66,1
	Mittel:	2,26	2,27	2,28	2,28				
Hydraulische Kalke.									
<i>Marke E.</i>									
12 ³ / ₄	0,30	2,20	2,23	2,23	2,23	3,1	29,5	8,0	58,9
13	0,25	2,18	2,19	2,20	2,21	2,8	23,9	7,1	49,5
13 ¹ / ₄	0,20	2,18	2,23	2,20	2,21	2,5	20,8	7,1	40,5
13 ¹ / ₂	0,15	2,18	2,18	2,20	2,18	2,3	20,3	5,9	42,5
14	0,10	2,16	2,16	2,18	2,16	2,0	17,2	5,7	34,1
	Mittel:	2,18	2,20	2,20	2,20				
<i>Marke F.</i>									
10 ³ / ₄	0,30	2,30	2,32	2,32	2,31	7,9	77,8	14,3	117,0
II	0,25	2,32	2,33	2,33	2,33	7,8	73,6	13,2	110,6
II ¹ / ₄	0,20	2,31	2,28	2,33	2,29	7,2	67,6	12,3	109,1
II ¹ / ₂	0,15	2,30	2,28	2,33	2,30	7,3	66,5	12,4	97,5
12	0,10	2,27	2,25	2,27	2,28	5,9	55,8	11,3	87,0
	Mittel:	2,30	2,29	2,32	2,30				

Aus vorstehenden Zusammenstellungen geht nun hervor:

1. Die Zugkörper der ersten Versuchsreihe sind durchwegs, wenn schon unbedeutend, schwerer als der Druckkörper. In der zweiten Versuchsreihe ist die Übereinstimmung der Gewichtsverhältnisse eine bessere; wahrscheinlich war die Erzeugung der Probekörper, namentlich der Abstrich der verlorenen Köpfe, eine sorgfältigere gewesen.

2. Die spezifischen Gewichte der unter Aufwand von 0,2 mkg Arbeit pro 1,0 gr trockener Mörtelsubstanz erzeugten Probekörper der Zug- und Druckfestigkeit wiesen keine bessere Übereinstimmung als diejenigen auf, die mit 0,3 mkg Arbeit erzeugt wurden.

3. Bringt man in Anschlag, dass eine mathematische Präcision weder von den Arbeitsgeräten noch von deren Bedienungsmannschaft erwartet und verlangt werden kann, so wird man die in unserer ersten und insbesondere in der zweiten Versuchsreihe konstatierten Schwankungen der spezifischen Gewichtsverhältnisse der Probekörper als innerhalb der Fehlergrenze liegend, also als praktisch verschwindend ansehen und somit

4. erklären müssen, dass mit der angenommenen Arbeit von 0,3 mkg pro 1,0 gr trockene Mörtelsubstanz bei Anwendung von Apparaten, die bei Erzeugung der Druckproben mit einem Fallgewichte von 3,0 kg und 0,5 m Fallhöhe, bei Zugproben mit einem Fallgewichte von 2,0 kg und 0,25 m Fallhöhe arbeiten, Probekörper der Druck- und Zugfestigkeit von angenähert gleichem spezifischem Gewicht gewonnen werden können.

5. Ob nicht auf anderem Wege gleiche Resultate erzielt werden können, bleibt unentschieden. Für uns hat diese Möglichkeit aus dem Grunde kein Interesse, weil auf dem betretenen Wege nicht nur die gewünschte Übereinstimmung der spezifischen Gewichte der Probekörper erreicht wurde, sondern weil gleichzeitig auch die früher üblich gewesene Menge des Anmachwassers beibehalten werden konnte, während andererseits auch die gewonnenen Festigkeitswerte der maschinell erzeugten Probekörper des Normenmörtels in den massgebenden Altersklassen keine bemerkenswerten Änderungen ergaben, so dass zur Zeit des Überganges zur maschinellen Formerei der Probekörper des Normenmörtels an den Ansätzen der massgebenden Festigkeitswerte desselben Änderungen nicht erforderlich waren.

2. Einflüsse der Sandbeschaffenheit auf die Dichte und die Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1 : 3).

Nach dem der durch Prof. *Belelubski*, St. Petersburg, konstatierte Unterschied zwischen den Ergebnissen der Dichte- verhältnisse der Zug- und Druckproben des mit 0,3 mkg gegenüber 0,2 mkg Arbeit komprimierten Normenmörtels durch den Rammprozess und der hiebei ausgeübten Rammarbeit durch unsere Versuchsreihen keine Aufklärung gefunden, lag der Gedanke nahe, das Verhalten verschiedener Sandsorten in der maschinellen Formerei der Probekörper zu verfolgen, und deren Gewichts- und Festigkeitsverhältnisse in der massgebenden Erhärtungsklasse festzustellen.

Verwendet wurden bei dieser Untersuchung eine Reihe zufällig in die schweiz. Materialprüfungs-Anstalt eingelaufene *Portland-, Schlacken-, Roman-Cemente* und *hydraulische Kalke* sowie eine Reihe *Bausandsorten* mit verschiedenartiger Korn- beschaffenheit und differierenden Gewichtsverhältnissen. Ins- besondere kamen zur Anwendung:

der schweiz. Normalsand, zweimal gewaschen und getrocknet¹⁾;

der in Zürich verwendete Bausand von Altstetten, mit vielen feinen Körnern durchsetzt²⁾; sodann

der gewaschene Rheinsand von Köln, ziemlich feinkörnig, scharf;

Lennesand von Köln;

Prümbachsand von Köln; endlich einige *Ruhr-, Nahe- und andere Sandsorten*^{3) 4)}.

1) Schweiz. Normalsand, lose eingefüllt wiegt ca. 1,38 kg, eingerüttelt 1,58 kg pro Liter.

2) Bausand von Altstetten, lose eingefüllt wiegt ca. 1,61 kg, eingerüttelt 1,81 kg pro Liter.

3) Bausand von s'Gravenhagen, lose eingefüllt wiegt ca. 1,71 kg, eingerüttelt 1,86 kg pro Liter.

4) Dünnensand von Juist, lose eingefüllt wiegt ca. 1,46 kg, eingerüttelt 1,65 kg pro Liter.

Sämtliche Sandsorten wurden normengemäss behandelt; d. h. in Gemengen von 1,0 Gew.-Teil. Bindemittel auf 3,0 Gew.-Teil. Sand trocken durchgemischt, sodann mit der vorangehend bestimmten, der Normalkonsistenz entsprechenden Wassermenge versetzt, bei langsam bindendem Bindemittel drei Minuten lang, bei raschbindendem eine Minute lang durchgearbeitet und hierauf mit 0,3 mkg Arbeit komprimiert. In den Aufsatz der Druckprobe wurden Fall für Fall 750 gr — in jenen der Zugprobe 200 gr trockener Mörtel + die entsprechende Wassermenge eingebracht und erstere mit 150 Schlägen eines Fallgewichtes von 3,0 kg aus 0,5 m Höhe, letzere mit 120 Schlägen eines Fallgewichtes von 2,0 kg aus 0,25 m Höhe komprimiert. Die Proben wurden übungsgemäss ausgeschalt und in feucht gehaltenem Schranke bewahrt. Die Cementproben bleiben 24 Stunden, die Probekörper mit hydraulischem Kalk 3×24 Stunden an der Luft und die übrige Zeit bis zum 28. Tage ihrer Erhärtungsdauer, unter Wasser. Um die mittleren Änderungen der Gewichtsverhältnisse der Probekörper kennen zu lernen, wurden dieselben am 7. Tage ihrer Erhärtung aus dem Wasserbade gehoben, abgetrocknet, gewogen und in das erneuerte Wasserbad wieder eingelegt.

Folgende Zusammenstellungen enthalten die hierbei gewonnenen Resultate.

Cement- marke	Bezeichnung der Sandart	Menge des An- mach- wassers	Specifische Gewichte der Probekörper, Wasserlag.,				Sandfestigkeit, 1 : 3, kg/cm ² nach 28-tägiger*) Wasserlagerung	
			nach 7-tägiger Erhärtungsfrist		nach 28-tägiger Erhärtungsfrist		Zug	Druck
			Zug	Druck	Zug	Druck		
Portlandcemente, Mörtel 1 : 3 in Gew.-Teilen.								
A	Schweiz. Normalsand	10 ¹ / ₄	2,24	2,25	2,27	2,26	20,1	206,0
	Bausand v. Altstetten	8	2,39	2,41	2,41	2,43	27,4	341,5
	Gewaschener Rhein- sand von Köln	6 ¹ / ₄	2,41	2,45	2,42	2,47	22,6	394,7
	Lennesand von Köln	9 ¹ / ₄	2,42	2,42	2,43	2,44	21,1	268,2
	Prümbachsand v. Köln	9	2,44	2,44	2,46	2,45	20,2	264,5

*) Einschliesslich der 1-tägigen Luftlagerung.

Cement- marke	Bezeichnung der Sandart	Menge des Anmach- wassers in 0/0	Specifische Gewichte der Probekörper, Wasserlag.,				Sandfestigkeit, 1 : 3, kg/cm ² nach 28-tägiger*) Wasserlagerung	
			nach 7-tägiger Erhärtungsfrist		nach 28-tägiger Erhärtungsfrist		Zug	Druck
			Zug	Druck	Zug	Druck		
B	Schweiz. Normalsand	9 ³ / ₄	2,26	2,27	2,29	2,29	28,0	306,1
	Bausand v. Altstetten	7 ³ / ₄	2,41	2,42	2,43	2,43	31,7	481,0
	Gewaschener Rhein- sand von Köln	6 ¹ / ₄	2,41	2,49	2,43	2,47	30,0	591,0
	Lennesand von Köln	9 ¹ / ₄	2,43	2,44	2,45	2,45	28,2	367,0
	Prümbachsand v. Köln	8 ³ / ₄	2,47	2,45	2,49	2,46	25,2	410,8
C	Schweiz. Normalsand	10 ¹ / ₄	2,27	2,26	2,28	2,27	11,6	131,0
	Bausand v. Altstetten	8	2,36	2,38	2,39	2,39	19,9	276,5
	Gewaschener Rhein- sand von Köln	6 ¹ / ₂	2,39	2,47	2,41	2,49	21,4	400,8
	Lennesand von Köln	9 ¹ / ₄	2,43	2,44	2,45	2,45	18,0	224,8
	Prümbachsand v. Köln	8 ³ / ₄	2,42	2,45	2,44	2,46	16,2	228,2
D	Schweiz. Normalsand	9 ¹ / ₂	2,28	2,28	2,27	2,31	20,9	194,9
	Bausand v. Altstetten	8	2,39	2,44	2,41	2,45	29,1	317,5
	Gewaschener Rhein- sand von Köln	6	2,41	2,46	2,43	2,48	25,1	417,4
	Lennesand von Köln	9 ¹ / ₄	2,43	2,48	2,45	2,49	19,1	228,2
	Prümbachsand v. Köln	8 ³ / ₄	2,45	2,45	2,47	2,46	18,3	261,5
E	Schweiz. Normalsand	9 ¹ / ₂	2,26	2,26	2,29	2,26	22,9	215,4
	Gewaschener Rhein- sand von Köln	6 ¹ / ₂	2,36	2,47	2,41	2,49	26,8	500,0
	Lennesand von Köln	8 ³ / ₄	2,41	2,44	2,41	2,44	28,3	299,3
F	Schweiz. Normalsand	9 ¹ / ₂	2,27	2,26	2,30	2,28	26,2	312,5
	Gewaschener Rhein- sand von Köln	6	2,48	2,50	2,48	2,51	30,9	756,6
	(Kontrolle)	6	—	—	—	2,49	—	811,2
G	Schweiz. Normalsand	9 ³ / ₄	2,25	2,25	2,27	2,25	21,8	222,0
	Gewaschener Rhein- sand von Köln	6 ¹ / ₂	2,40	2,46	2,43	2,50	26,1	437,3
H	Schweiz. Normalsand	9 ³ / ₄	2,25	2,28	2,31	2,30	28,4	344,5
	Gewaschener Rhein- sand von Köln	6 ¹ / ₂	2,43	2,51	2,44	2,53	34,5	777,6
I	Schweiz. Normalsand	10 ¹ / ₄	2,36	2,34	2,35	2,33	24,9	228,5
	Rheinsand (?)	6 ¹ / ₂	2,48	2,42	2,49	2,45	25,8	355,0
K	Schweiz. Normalsand	10	2,25	2,28	2,25	2,28	23,2	229,3
	Prümbachsand v. Köln	8	2,41	2,44	2,44	2,45	25,9	361,3

*) Einschliesslich der 1-tägigen Luftlagerung.

Cement- marke	Bezeichnung der Sandart	Menge des Anmach- wassers in %	Specifische Gewichte der Probekörper, Wasserlag., nach 7-tägiger Erhärtungsfrist				Sandfestigkeit, 1 : 3, kg/cm ² nach 28-tägiger*) Wasserlagerung	
			nach 7-tägiger Erhärtungsfrist		nach 28-tägiger Erhärtungsfrist		Zug	Druck
			Zug	Druck	Zug	Druck		
L	Schweiz. Normalsand	10	2,31	2,32	2,34	2,33	23,8	249,8
	Roersand Nr. 1	9 ¹ / ₂	2,31	2,27	2,32	2,31	18,9	197,4
	" Nr. 2	8 ³ / ₄	2,48	2,45	2,49	2,45	22,0	306,9
	Nahesand	9 ¹ / ₄	2,41	2,44	2,42	2,43	27,9	391,8
	Rheinsand (?)	8 ¹ / ₂	2,33	2,36	2,33	2,36	16,0	275,0
	Sartoriussand, Erft b. Cappelen	7 ¹ / ₂	2,40	2,42	2,40	2,41	21,3	348,5
M	Schweiz. Normalsand	9 ¹ / ₂	2,26	2,28	2,30	2,30	18,4	197,0
	Sand v. s'Gravenhage	7 ¹ / ₄	2,47	2,48	2,45	2,51	23,2	407,0
	Dünnensand von Juist	11 ¹ / ₂	2,15	2,18	2,18	2,20	10,6	109,6

Mittel für Portlandcemente.

—	Schweiz. Normalsand	9,81	2,27	2,28	2,29	2,29	—	—
—	Bausand v. Altstetten	7,94	2,39	2,41	2,41	2,43	—	—
—	Gewaschener Rhein- sand von Köln	6,28	2,41	2,48	2,43	2,49	—	—
—	Lennesand von Köln	9,15	2,42	2,44	2,44	2,45	—	—
—	Prümbachsand v. Köln	8,65	2,44	2,45	2,46	2,46	—	—

Schlackencemente; Mörtel 1 : 3 in Gew.-Teilen.

A	Schweiz. Normalsand	10 ¹ / ₄	2,26	2,24	2,28	2,24	11,8	87,7
	Bausand v. Altstetten	7 ¹ / ₂	2,34	2,38	2,37	2,38	16,6	191,9
	Gewaschener Rhein- sand von Köln	6 ¹ / ₂	2,38	2,46	2,41	2,46	16,2	271,1
	Lennesand von Köln	8 ³ / ₄	2,38	2,45	2,41	2,45	14,0	133,4
	Prümbachsand v. Köln	8 ³ / ₄	2,40	2,44	2,42	2,45	11,7	135,8
B	Schweiz. Normalsand	10 ¹ / ₄	2,31	2,33	2,31	2,31	23,5	207,7
	Bausand v. Altstetten	9	2,40	2,43	2,41	2,43	26,0	208,8
	Gewaschener Rhein- sand von Köln	7 ¹ / ₂	2,40	2,42	2,41	2,43	27,6	327,4
	Lennesand von Köln	9 ¹ / ₄	2,35	2,40	2,37	2,40	19,1	213,7
	Prümbachsand v. Köln	8 ³ / ₄	2,36	2,38	2,38	2,39	20,1	239,7
C	Schweiz. Normalsand	10 ³ / ₄	2,34	2,32	2,36	?	25,2	196,1
	Prümbachsand v. Köln	8 ³ / ₄	2,38	2,39	2,39	2,39	26,4	282,8

*) Einschliesslich der 1-tägigen Luftlagerung.

Cement- marke	Bezeichnung der Sandart	Menge des Anmach- wassers in %	Specifische Gewichte der Probekörper, Wasserlag.,				Sandfestigkeit, 1 : 3, kg/cm ² (nach 28-tägiger*) Wasserlagerung	
			nach 7-tägiger Erhärtungsfrist		nach 28-tägiger Erhärtungsfrist		Zug	Druck
			Zug	Druck	Zug	Druck		

Mittel für Schlackencemente.

—	Schweiz. Normalsand	10,42	2,30	2,30	2,32	2,32	—	—
—	Bausand v. Altstetten	8,25	2,37	2,40	2,39	2,40	—	—
—	Gewaschener Rhein- sand von Köln	6,93	2,39	2,44	2,41	2,45	—	—
—	Lennesand von Köln	9,00	2,37	2,43	2,39	2,43	—	—
—	Prümbachsand v. Köln	8,75	2,38	2,40	2,40	2,41	—	—

Romancemente; Mörtel 1 : 3 in Gew.-Teilen.

A	Schweiz. Normalsand	10 ³ / ₄	2,30	2,28	2,30	2,29	11,5	108,9
	Bausand v. Altstetten	8 ¹ / ₂	2,42	2,44	2,44	2,46	22,5	269,2
	Lennesand von Köln	9 ¹ / ₄	2,40	2,44	2,41	2,46	11,7	123,0
	Prümbachsand v. Köln	9 ¹ / ₂	2,43	2,44	2,45	2,45	9,5	101,4
B	Schweiz. Normalsand	11	2,26	2,27	2,26	2,27	8,4	81,3
	Bausand v. Altstetten	9	2,41	2,47	2,43	2,47	13,8	174,0
	Lennesand von Köln	9 ³ / ₄	2,41	2,44	2,42	2,45	4,8	68,1
	Prümbachsand v. Köln	9 ³ / ₄	2,38	2,45	2,39	2,46	5,7	79,5

Mittel für Romancemente.

—	Schweiz. Normalsand	10,88	2,28	2,28	2,28	2,28	—	—
—	Bausand v. Altstetten	8,75	2,42	2,46	2,44	2,47	—	—
—	Lennesand von Köln	9,50	2,41	2,44	2,42	2,46	—	—
—	Prümbachsand v. Köln	9,25	2,38	2,43	2,40	2,44	—	—

Hydraulische Kalke; Mörtel 1 : 3 in Gew.-Teilen.

A	Schweiz. Normalsand	12 ¹ / ₄	2,18	2,17	2,22	2,19	14,2	73,0
	Bausand v. Altstetten	10 ¹ / ₄	2,32	2,33	2,33	2,33	18,4	106,9
	Gewaschener Rhein- sand von Köln	8 ³ / ₄	2,34	2,38	2,36	2,38	16,2	134,3
	Lennesand von Köln	10 ³ / ₄	2,31	2,33	2,33	2,33	7,0	81,4
	Prümbachsand v. Köln	11 ³ / ₄	2,30	2,33	2,32	2,35	6,0	75,3

*) Einschliesslich der 1-tägigen Luftlagerung.

Cement- marke	Bezeichnung der Sandart	Menge des Anmach- wassers in %	Specifiche Gewichte der Probekörper, Wasserlag.,				Sandfestigkeit, 1 : 3, kg/cm ² nach 28-tägiger*) Wasserlagerung	
			nach 7-tägiger Erhärungsfrist		nach 28-tägiger Erhärungsfrist		Zug Druck	
			Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
B	Schweiz. Normalsand	10 ³ / ₄	2,30	2,32	2,32	2,31	14,3	117,0
	Bausand v. Altstetten	9	2,42	2,41	2,44	2,41	16,2	151,9
	Gewaschener Rhein- sand von Köln	8 ³ / ₄	2,40	2,42	2,42	2,44	17,1	181,0
	Lennesand von Köln	10 ¹ / ₄	2,35	2,36	2,37	2,37	10,2	120,5
	Prümbachsand v. Köln	10 ¹ / ₂	2,35	2,37	2,37	2,39	9,2	111,0
Mittelwerte für hydraulische Kalke.								
—	Schweiz. Normalsand	11,50	2,24	2,25	2,27	2,25	—	—
—	Bausand v. Altstetten	9,63	2,37	2,37	2,39	2,40	—	—
—	Gewaschener Rhein- sand von Köln	8,75	2,37	2,40	2,39	2,41	—	—
—	Lennesand von Köln	10,50	2,33	2,35	2,35	2,35	—	—
—	Prümbachsand v. Köln	10,63	2,33	2,35	2,35	2,37	—	—

Aus vorstehenden Versuchsergebnissen geht hervor:

1. Dass der schweiz. Normalsand bei einer Rammarbeit von 0,3 mkg pro 1,0 gr trockene Mörtelsubstanz, ausgeübt durch 120 bzw. 150 Schläge für die spezifischen Gewichte der Zug- und Druckproben in den einzelnen Positionen wohl etwas schwankende, im Mittel jedoch für die verschiedenen Cementsorten recht befriedigende Übereinstimmungen liefert.

2. Dass es Sandarten gibt, die unter zu Grundelegung genau übereinstimmender Apparate, Gerätschaften und Manipulationen sowohl in den einzelnen Positionen, als auch in den Mittelwerten für die spezifischen Gewichte der Zug- und Druckproben stets Differenzen im gleichen Sinne ergeben. So z. B. der gewaschene Rheinsand von Köln, welcher permanent spezifisch leichtere Zug-, und spezifisch schwerere Druckkörper liefert. Endlich scheint aus vorstehenden Versuchsergebnissen hervorzugehen, dass

3. eine Übereinstimmung der Gewichtsverhältnisse der an verschiedenen Stellen erzeugten Probekörper nur unter zu Grundelegung gleicher maschineller Apparate und des gleichen Normalsandes zu erreichen sein wird.

*) Einschliesslich der 1-tägigen Luftlagerung.

3. Einfluss

der Wassermenge auf die Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels 1 : 3.

Den Einfluss der Menge des Anmachwassers auf die Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1 : 3) kennen zu lernen, wurden im Ganzen

- 5 Portlandcemente
- 2 Schlackencemente und
- 5 Romancemente

allgemein untersucht, hierauf normengemäss zu Probekörpern der Zug- und Druckfestigkeit in 2 Altersklassen, entsprechend den 7- und 28-Tagproben, verarbeitet. Die hiebei festgestellte Menge des Anmachwassers bildete den Ausgangspunkt für die Wahl der Mengen des Anmachwassers der Mörtel (1 : 3) der anschliessenden Versuchsreihen, welche bei Roman- und Portland-Cementen mit 1%, bei Schlacken-Cementen mit $\frac{1}{2}\%$ wachsenden, bzw. abnehmenden Wassermengen erzeugt und maschinell verarbeitet wurden. Versuchsreihen, bei welchen die maschinelle Formung der Probekörper nicht mehr durchführbar gewesen, bei welchen also der Flüssigkeitsgrad des Mörtels das Einrammen nicht mehr gestattete und die somit auf nicht absaugenden Unterlagen eingerüttelt werden mussten, sind in den nachfolgenden Zusammenstellungen Fall für Fall besonders kenntlich gemacht.

Nachstehende Zusammenstellungen enthalten die gewonnenen Resultate.

a. Resultate der Untersuchung der allgemeinen Eigenschaften.

Bezeichnung des Bindemittels	Spec. Gewicht γ	Glühver- lust %	Volumen- gewichte kg/Liter		Vo- lumen- be- ständig- keits- proben	Abbinde-Verhältnisse				Mahlungs- feinheit in % Rückstand am			
			lose δ_1	inge- rüttelt δ_3		Tem- peratur ° C.	Was- ser- menge %	Beginn		Ende		900 S.	4900 S.
								St.	M.	St.	M.		
Romancemente.													
A	3,03	6,01	0,89	1,45	bestand.	18,5	36,0	—3 $\frac{1}{2}$	—14	7,7	22,0		
B	3,04	6,24	0,88	1,47	»	20,0	35,0	—5	—42	1,1	12,2		
C	2,96	5,82	1,00	1,58	»	19,5	30,5	—17	—42	10,1	26,8		
D	3,01	6,70	0,92	1,49	»	19,5	40,0	—55	4—	21,1	32,6		
E	2,93	10,54	0,82	1,33	»	19,5	45,0	—2	—12	12,5	24,2		

Bezeichnung des Bindemittels	Spec. Gewicht γ	Glühverlust $\%$	Volumengewichte kg/Liter		Volumenbeständigkeitsproben	Abbinde-Verhältnisse				Mahlungsfeinheit in $\%$			
			lose δ_1	eingerrüttelt δ_3		Temperatur $^{\circ}\text{C}$.	Wassermenge $\%$	Beginn		Ende		Rückstand am	
								St.	M.	St.	M.	990 S.	4900 S.
Schlackencemente.													
A	2,66	8,26	0,94	1,58	bestand.	16,5	27,0	1	—	13	—	0,0	11,0
B	2,83	5,03	1,06	1,67	»	20,5	33,0	5	—	40	—	0,0	18,5
Portlandcemente.													
A	3,15	1,51	1,22	1,89	bestand.	14,5	27,5	6	30	22	—	0,9	17,7
B	3,05	4,27	1,27	1,95	»	14,2	24,5	4	—	12	—	8,3	35,3
C	3,05	2,06	1,14	1,86	»	17,5	28,0	5	30	12	—	0,1	9,6
D	3,11	1,47	1,27	2,00	»	15,0	24,0	—	35	6	—	Spur	9,2
E	3,15	2,39	1,17	1,87	»	11,0	28,0	—	2 $\frac{1}{2}$	1	30	0,9	18,2

b. Resultate der Festigkeitsproben.

Bezeichnung des Materials	Menge des Anmachwassers in $\%$	Festigkeit des Normenmörtels 1 : 3 in kg/cm^2				Bezeichnung des Materials	Menge des Anmachwassers in $\%$	Festigkeit des Normenmörtels 1 : 3 in kg/cm^2			
		nach 7 Tagen		nach 28 Tagen				nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Zug	Druck	Zug	Druck			Zug	Druck	Zug	Druck
Romancemente.											
A	9 $\frac{1}{2}$	13,8	92,5	16,1	108,4	C	9	7,0	60,6	11,6	60,0
	10 $\frac{1}{2}$	10,9	79,2	13,8	90,0		10	5,9	52,4	9,7	65,1
	11 $\frac{1}{2}$	10,1	79,2	10,5	82,9		11	7,0	50,6	9,7	65,1
	12 $\frac{1}{2}$ *	10,4	83,1	12,8	85,0		12*	6,0	43,9	7,9	52,9
	13 $\frac{1}{2}$	8,4	76,1	11,3	92,5		13	4,3	39,0	4,3	37,1
	14 $\frac{1}{2}$	8,9	70,9	11,3	102,8		14	3,8	35,8	5,5	40,9
	15 $\frac{1}{2}$	9,1	72,1	11,8	80,8		15	4,2	37,1	5,5	40,9
B	9 $\frac{1}{4}$	14,8	108,6	23,1	167,1	D	9 $\frac{1}{2}$	6,7	49,2	11,3	59,4
	10 $\frac{1}{4}$	12,8	111,8	20,7	162,1		10 $\frac{1}{2}$	6,0	40,3	11,0	57,5
	11 $\frac{1}{4}$	12,5	104,7	18,3	160,2		11 $\frac{1}{2}$	6,1	36,4	7,5	45,9
	12 $\frac{1}{4}$ *	8,7	94,5	17,5	148,2		12 $\frac{1}{2}$ *	4,6	35,1	6,2	40,9
	13 $\frac{1}{4}$	10,5	101,4	18,3	157,6		13 $\frac{1}{2}$	4,0	26,2	5,9	39,0
	14 $\frac{1}{4}$	9,9	93,8	16,5	144,1		14 $\frac{1}{2}$	2,9	33,2	6,0	40,9
	15 $\frac{1}{4}$	7,3	78,5	16,2	134,1		15 $\frac{1}{2}$	3,0	31,3	5,8	43,2

*) Die normale Wassermenge ist durch fett gedruckte Ziffern kenntlich gemacht.

Bezeichnung des Materials	Menge des Anmachwassers in %	Festigkeit des Normenmörtels 1:3 in kg/cm ²				Bezeichnung des Materials	Menge des Anmachwassers in %	Festigkeit des Normenmörtels 1:3 in kg/cm ²			
		nach 7 Tagen		nach 28 Tagen				nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
		Zug	Druck	Zug	Druck			Zug	Druck	Zug	Druck
E	10 ³ / ₄	14,0	109,7	18,2	159,5	B	7	12,8	102,3	17,5	148,4
	11 ³ / ₄	10,9	103,8	15,5	154,9		8	11,9	101,1	18,7	157,4
	12 ³ / ₄	10,0	89,4	13,4	132,6		9	11,5	103,5	18,1	146,0
	13 ³ / ₄	9,3	73,7	13,3	115,5		10	12,8	103,8	19,1	153,4
	14 ³ / ₄	8,0	76,4	10,6	124,3		11	11,5	89,3	16,6	143,1
	15 ³ / ₄	8,5	79,2	12,7	117,4		12	11,4	93,3	17,7	147,6
	16 ³ / ₄	7,8	64,5	10,0	98,3		13	11,0	77,9	16,1	123,9
Schlackencemente.						C	14*)	4,8	21,9	9,1	50,6
A	7 ³ / ₄	19,5	196,4	22,5	277,8		6 ³ / ₄	14,6	142,0	17,3	198,1
	8 ¹ / ₄	19,6	214,1	26,0	286,1		7 ³ / ₄	19,3	192,0	24,2	270,6
	8 ³ / ₄	21,0	204,1	23,8	286,8		8 ³ / ₄	17,8	177,6	28,4	301,1
	9 ¹ / ₄	17,6	169,9	28,7	296,0		9 ³ / ₄	23,0	250,8	28,4	301,1
	9 ³ / ₄	21,6	211,9	29,9	304,3		10 ³ / ₄	15,1	—	29,1	286,0
	10 ¹ / ₄	22,4	196,9	23,6	290,8		11 ³ / ₄	16,7	194,9	26,6	279,6
	10 ³ / ₄	22,0	167,5	25,8	274,8	12 ³ / ₄	14,7	187,9	22,2	281,5	
B	9	17,4	127,5	25,7	209,6	13 ³ / ₄ *)	6,0	40,3	11,4	82,0	
	9 ¹ / ₂	14,4	147,6	21,9	227,5	D	6 ³ / ₄	17,3	176,0	23,3	230,3
	10	14,7	140,6	23,5	209,3		7 ³ / ₄	20,7	172,6	25,5	245,6
	10 ¹ / ₂	14,6	116,0	23,9	207,6		8 ³ / ₄	18,3	191,0	24,5	254,3
	11	13,9	131,9	23,6	205,8		9 ³ / ₄	20,9	176,3	26,3	243,6
	11 ¹ / ₂	13,1	128,0	19,8	208,6		10 ³ / ₄	18,2	161,9	26,2	235,6
	12	14,2	127,8	22,3	205,4		11 ³ / ₄	18,8	154,6	25,7	239,6
Portlandcemente.							12 ³ / ₄	15,4	159,4	23,7	255,6
A	7	16,7	211,3	21,0	265,9	13 ³ / ₄ *)	6,7	32,6	14,3	91,4	
	8	20,5	231,0	25,6	343,6	E	6 ¹ / ₂	13,9	162,4	17,4	238,9
	9	19,9	244,3	25,3	333,5		7 ¹ / ₂	19,8	203,5	25,8	280,0
	10	17,7	213,8	25,4	334,9		8 ¹ / ₂	18,5	188,9	25,1	261,6
	11	17,3	218,8	24,3	318,8		9 ¹ / ₂	20,7	205,8	26,8	277,9
	12	19,0	219,6	25,0	321,0		10 ¹ / ₂	17,0	217,0	21,8	281,9
	13	18,8	210,1	22,7	305,8		11 ¹ / ₂	18,2	167,4	24,8	250,1
	14*)	12,5	86,4	18,6	143,8		12 ¹ / ₂	17,6	159,9	19,4	228,1
							13 ¹ / ₂ *)	13,1	62,0	15,3	128,0

*) Eingerrüttelt.

Lauf. No.	Normen- festigkeit nach 28 Tagen		Verhältnis zur 3-Tagprobe nach				Lauf. No.	Normen- festigkeit nach 28 Tagen		Verhältnis zur 3-Tagprobe nach			
	Zug	Druck	7 Tagen Zug	7 Tagen Druck	28 Tagen Zug	28 Tagen Druck		Zug	Druck	7 Tagen Zug	7 Tagen Druck	28 Tagen Zug	28 Tagen Druck
19	24,8	206,6	1,38	1,49	1,88	2,05	Romancemente.						
20	24,8	203,4	1,49	1,58	1,98	1,99							
21	17,1	161,3	1,51	1,49	2,01	2,22							
22	21,4	230,8	1,30	1,36	1,68	2,15							
23	22,0	181,5	1,18	1,20	1,45	1,47							
24	24,1	212,3	1,55	1,56	2,41	2,91							
25	23,9	224,9	1,74	1,60	2,54	3,60							
26	20,3	194,4	1,28	1,45	1,80	2,07							
Mittel:			1,46	1,57	2,03	2,35	Mittel:			1,13	1,17	1,42	1,55
Grösstwert:			2,05	2,36	2,56	3,63	Grösstwert:			1,23	1,46	1,62	2,28
Kleinstwert:			1,18	1,20	1,45	1,47	Kleinstwert:			1,02	1,08	1,09	1,28
Schlackencemente.							Hydraulischer Kalk.						
27	23,9	207,6	1,76	1,63	2,88	2,91	48	11,8	78,0	1,63	1,26	2,88	1,98
28	15,7	100,9	1,24	1,23	1,59	1,47	49	12,3	76,6	1,04	1,22	2,20	2,46
29	19,1	152,4	1,53*	1,72*	4,08*	5,71*	50	10,8	77,9	1,36	1,32	2,77	3,04
30	24,1	212,3	1,55	1,56	2,41	2,91	51	7,5	34,0	—	1,86	—	3,20
31	26,6	245,9	1,37	1,53	2,83	3,58	52	10,6	53,8	2,12	1,50	4,43	3,00
32	26,3	263,0	1,49	1,61	2,43	3,27	53	7,3	37,5	2,25	1,68	4,56	3,23
33	27,3	264,9	1,76	1,89	2,73	3,65	54	8,6	36,6	—	1,42	—	3,24
34	26,0	253,0	1,64	1,51	2,55	2,75	55	7,8	38,5	—	1,40	—	3,18
35	27,6	260,0	1,84	1,88	3,06	3,81	Mittel:			1,68	1,46	3,37	2,92
36	26,6	270,5	1,40	1,56	2,22	3,39	Grösstwert:			2,25	1,86	4,56	3,24
37	26,6	275,1	1,39	1,83	2,25	3,94	Kleinstwert:			1,04	1,22	2,20	1,98
38	29,4	257,6	1,53	1,49	2,67	2,84							
39	26,3	238,8	1,72	1,84	2,76	3,40							
40	24,7	209,9	1,15	1,29	2,02	2,71							
41	28,7	296,0	1,17	1,33	1,92	2,32							
Mittel:			1,50	1,58	2,45	3,07							
Grösstwert:			1,84	1,89	3,06	3,94							
Kleinstwert:			1,15	1,29	1,92	3,32							

*) Abnormal, beim Mittel ziehen unberücksichtigt.

Aus vorstehenden Versuchsergebnissen geht hervor, dass

1. *Die 3-Tagproben des Normenmörtels, erhärtet bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, einen sicheren, einwurfsfreien Schluss auf die Bindekraft des Bindemittels nach dessen 28-tägiger Luft- oder Wasserlagerung nicht gestatten; dass*

2. *die Kohäsionsverhältnisse des Normenmörtels der 3-Tagprobe gegenüber denjenigen der 28-Tagprobe oft nicht unerhebliche Verwerfungen zeigen. So kann ein Bindemittel in der 3-tägigen Zugprobe einen höheren Gütewert als in der Druckprobe ergeben, während sich die Verhältnisse in der 28-tägigen Probe umkehren.*

3. *In den meisten Fällen zeigen an sich volumenbeständige Bindemittel mit günstigeren Anfangsfestigkeiten auch in der massgebenden Erhärtungsphase (nach 28 Tagen) die höheren Kohäsionsverhältnisse. In eiligen Fällen kann somit die Urteilsfällung an Hand der in vorstehenden Zusammenstellungen angeführten Mittelwerten der Verhältniszahlen auf Grund von 3-Tagproben erfolgen; mit der Urteilsfällung wird man jedoch bis zur Ausführung der 28-Tagproben in allen Fällen zuwarten, in welchen die Vorausberechnung der massgebenden Festigkeitswerte Zahlen ergab, die unter die vorgeschriebenen Grenzwerte der Normen fallen. Hierbei sind im Grossen und Ganzen die Ergebnisse der Druckproben zuverlässiger als diejenigen der Zugproben, welche bei Bindemitteln mit geringer Anfangsenergie, z. B. bei hydraulischen Kalken, nach 3 Tagen oft keine mit Sicherheit messbare Zahlenwerte ergeben.*

4. *Die vorstehenden Versuchsergebnisse sprechen endlich dafür, dass die beschleunigte Bindekraftbestimmung hydraulischer Bindemittel nicht auf dem Wege der Abkürzung der Erhärtungsfrist bei gewöhnlichen Temperaturen zu suchen sei.*

5. Würdigung der Heisswasserprobe zur Abkürzung der Erhärtungsdauer des Normenmörtels.

Die gegenwärtig in Kraft stehenden Normen für die einheitliche Prüfung hydraulischer Bindemittel setzen zur Bestimmung der Bindekraft sämtlicher Bindemittel eine 28-tägige Erhärtungsdauer der Probekörper voraus. Allgemein wird empfunden, dass diese Frist den Interessen einer raschen Beurteilung der Güte eines Bindemittels zuwiderläuft; man verlangt eine Beschleunigung der Arbeit und begnügt sich vielerorts die Ergebnisse der 7-Tagproben der Urteilsfällung zu Grunde zu legen, ein Verfahren, welches für hydraulische Kalke, deren Erhärtung vorwiegend auf der Bildung Kalkhydrosilikaten basiert, überhaupt nicht verwendbar ist und auch bei relativ rasch bindenden Bindemitteln schon deshalb nicht einwurfsfrei erscheint, weil ein in der 7-Tagprobe unbefriedigendes Verhalten zeigender Stoff, in der massgebenden Probe (28-Tag) allen billigen Anforderungen an Bindekraft genügen kann und nicht selten solche übertrifft, die anfänglich die höheren Festigkeitszahlen ergaben.

Dieser Erkenntnis und dem Verlangen nach Beschleunigung des Versuchsverfahrens Rechnung tragend sind seitens verschiedener Experimentatoren Untersuchungen eingeleitet worden, welche durch Einwirkung warmer Bäder auf eine Beschleunigung des Erhärtungsprozesses abzielen. Gegenstand vorliegender Abhandlung bildet nun die Mitteilung der Versuchsergebnisse, welche in der angedeuteten Richtung in der schweiz. Materialprüfungs-Anstalt bisher erzielt wurden.

Eine Einrichtung bestehend aus 5 grossen, in Weissblech konstruierten Wassertrögen dient zur Bereitung der warmen Bäder. 4 dieser Tröge sind mit Deckel ausgerüstet, durch deren Bohrlöcher je ein Thermometer und ein Gasregulator in das Wasserbad taucht; der fünfte Trog dient zur Erwärmung frischen Wassers auf die Temperatur desjenigen Troges, dessen Wasser erneuert werden soll. Sämtliche Wassertröge wurden mit

schlechten Wärmeleitern umkleidet und werden mittelst Bunsen'schen Gasbrennern geheizt. Die Temperatur der Tröge wurde in gefülltem Zustande auf bezw. 25, 50, 75 und 100° C. eingestellt, welche Temperaturen indessen nicht scharf eingehalten werden konnten. Allerlei äussere Einflüsse machten es fast unmöglich, die angenommenen Temperaturen einzuhalten. Die Schwankungen der Temperatur erreichen oft $\pm 5^{\circ}$ C.; diese werden ausnahmsweise und namentlich stets dann überschritten, wenn frische Probekörper eingelegt oder das Wasser gewechselt wird. In der Nacht steigt die Temperatur der Tröge; bei Tag sinkt dieselbe.

An Bindemitteln kamen nur solche zur Anwendung, die in den vorangegangenen, beschleunigten Volumenbeständigkeitsversuchen tadelloses Verhalten zeigten. Diese Bindemittel wurden meist analysiert, normengemäss geprüft und an Probekörpern, die maschinell unter zu Grundelegung der normengemässen Rammarbeit von 0,3 mkg pro 1,0 gr trockener Mörtelsubstanz (1 : 3) erzeugt waren, ihr Verhalten in den warmen Bädern und in den darauf folgenden Festigkeitsproben verfolgt. Für jede Serie kamen 6 Zug- und ebensoviel Druckkörper zur Anwendung. Das Mittel der 4 besten wurde Fall für Fall — also genau der Normen entsprechend — als massgebender Durchschnitt in die nachfolgenden tabellarischen Zusammenstellungen eingestellt.

Chemische Zusammensetzung des Versuchsmaterials.

Lauf. No.	Bezeichnung der Marke	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	CaCO ₃	CaSO ₄	H ₂ O + Bt	Rest	CaO
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Portlandcemente.											
1	A	23,48	6,14	3,38	60,55	1,42	1,41	2,58	0,94	0,10	1,89
2	B	21,56	6,03	3,25	60,98	1,78	1,52	3,50	1,42	—	2,05
3	C	20,72	6,14	3,05	58,67	4,77	1,92	3,07	0,94	0,72	2,04
4	D	22,04	5,93	3,64	62,13	1,33	1,95	2,36	0,18	0,44	2,03
5	E*)	22,67	8,05	3,70	54,83	4,32	1,89	2,78	0,88	0,88	1,66
6	F	21,17	6,39	3,71	62,27	1,63	1,90	2,55	0,47	—	2,06
7	G	22,36	6,59	3,49	62,20	1,70	0,39	2,02	0,80	0,45	1,92

*) Gemischter Portlandcement.

Zusammenstellung der physikalischen Eigenschaften.

Lauf. No.	Bezeichnung der Marke	Spec. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewicht kg/Liter		Abbinde-Verhältnisse			Volumenbeständigkeitsproben	Mahlungsfeinheit in % Rückstand am	
				lose δ_1	eingerrüttelt δ_3	Lufttemp. °C.	Beginn St. M.	Ende St. M.		900 S.	4900 S.
Portlandcemente.											
1	A	3,10	1,56	1,18	1,81	12,5	8 —	21 —	bestand.	Spur	10,5
2	B	3,10	2,08	1,12	1,75	13,5	6 —	16 —	»	»	6,2
3	C	3,14	1,79	1,21	1,99	14,0	5 —	18 —	»	»	10,3
4	D	3,17	0,95	1,29	2,02	14,2	5 30	12 —	»	0,1	15,5
5	E*)	3,13	1,71	1,16	1,78	14,5	4 45	10 —	»	0,2	19,5
6	F	3,15	1,31	1,24	1,99	15,5	5 —	15 —	»	1,9	9,5
7	G	3,18	0,97	1,26	2,03	14,3	7 —	13 50	»	0,4	29,6
8	H	3,09	3,38	1,19	1,91	14,1	7 —	20 —	»	0,2	19,2
9	I	3,11	1,90	1,21	1,91	14,5	4 30	18 —	»	Spur	?

Resultate der Warmbadproben.

Lauf. No.	Bezeichnung der Marke	Temperatur des Warmbades	Dauer der Warmbadlagerung der Probekörper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ²				Verhältnisse der Warmbadzu den Normenproben	
				der Warmbadproben		der Normenproben		Zug	Druck
				Zug	Druck	Zug	Druck		
Portlandcemente.									
I. Serie: Nach 24-stündiger Luftlagerung in die warmen Bäder eingelegt.									
1	A	25 ⁰	1 Tag	10,3	95,6	28,5	311,5	0,36	0,31
		"	2 Tage	15,9	148,8	"	"	0,56	0,48
		"	3 "	20,2	195,2	"	"	0,71	0,63
		"	4 "	20,3	199,3	"	"	0,71	0,64
		"	5 "	20,3	203,2	"	"	0,71	0,65
		"	6 "	23,9	221,3	"	"	0,84	0,71

*) Gemischter Portlandcement.

Lauf. No.	Be- zeichnung der Marke	Tem- peratur des Warm- bades	Dauer der Warmbad- lagerung der Probe- körper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ²				Verhältnisse der Warmbad- zu den Normenproben	
				der Warmbad- proben		der Normen- proben		Zug	Druck
				Zug	Druck	Zug	Druck		
2	A	50 ⁰	1 Tag	15,0	139,7	28,5	311,5	0,53	0,45
			" 2 Tage	16,9	164,1	"	"	0,59	0,53
			" 3 "	22,3	218,6	"	"	0,78	0,70
			" 4 "	20,9	205,0	"	"	0,73	0,66
			" 5 "	24,5	210,6	"	"	0,86	0,68
			" 6 "	26,4	239,2	"	"	0,93	0,77
3	A	75 ⁰	1 Tag	16,2	173,4	28,5	311,5	0,57	0,56
			" 2 Tage	21,7	209,6	"	"	0,76	0,67
			" 3 "	25,8	270,4	"	"	0,91	0,87
			" 4 "	24,9	270,2	"	"	0,87	0,87
			" 5 "	25,0	264,4	"	"	0,88	0,85
			" 6 "	30,8	312,9	"	"	1,08	1,00
4	A	100 ⁰	1 Tag	16,2	161,4	28,5	311,5	0,57	0,52
			" 2 Tage	20,3	211,5	"	"	0,71	0,68
			" 3 "	26,2	280,5	"	"	0,92	0,90
			" 4 "	27,4	244,4	"	"	0,96	0,78
			" 5 "	33,4	329,1	"	"	1,17	1,06
			" 6 "	33,1	360,8	"	"	1,16	1,06
5	B	25 ⁰	1 Tag	20,0	195,3	32,6	406,0	0,61	0,48
			" 2 Tage	23,8	268,3	"	"	0,73	0,66
			" 3 "	25,8	283,9	"	"	0,79	0,70
			" 4 "	31,1	335,3	"	"	0,95	0,83
			" 5 "	29,4	349,4	"	"	0,90	0,86
			" 6 "	30,6	353,8	"	"	0,94	0,87
6	B	50 ⁰	1 Tag	24,8	240,8	32,6	406,0	0,76	0,59
			" 2 Tage	26,5	273,3	"	"	0,81	0,67
			" 3 "	27,1	295,8	"	"	0,83	0,73
			" 4 "	26,0	300,2	"	"	0,80	0,74
			" 5 "	30,5	334,5	"	"	0,94	0,82
			" 6 "	30,9	337,4	"	"	0,95	0,83

Lauf. No.	Be- zeichnung der Marke	Tem- peratur des Warm- bades	Dauer der Warmbad- lagerung der Probe- körper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ²				Verhältnisse der Warmbad- zu den Normenproben	
				der Warmbad- proben		der Normen- proben		Zug	Druck
				Zug	Druck	Zug	Druck		
7	B	75 ⁰	1 Tag	26,3	280,6	32,6	406,0	0,81	0,69
			" 2 Tage	28,3	324,3	"	"	0,87	0,80
			" 3 "	31,2	359,3	"	"	0,96	0,88
			" 4 "	31,3	388,1	"	"	0,96	0,96
			" 5 "	33,5	378,5	"	"	1,03	0,93
			" 6 "	40,3	404,0	"	"	1,24	1,00
8	B	100 ⁰	1 Tag	24,6	257,7	32,6	406,0	0,75	0,63
			" 2 Tage	27,0	306,1	"	"	0,83	0,75
			" 3 "	35,7	362,8	"	"	1,10	0,89
			" 4 "	34,8	369,9	"	"	1,07	0,91
			" 5 "	40,4	440,8	"	"	1,24	1,09
			" 6 "	40,6	472,9	"	"	1,25	1,16
9	C	25 ⁰	1 Tag	17,0	168,8	26,6	305,5	0,64	0,55
			" 2 Tage	20,1	202,6	"	"	0,76	0,66
			" 3 "	22,5	232,3	"	"	0,85	0,76
			" 4 "	24,1	234,0	"	"	0,91	0,77
			" 5 "	24,9	243,7	"	"	0,94	0,80
			" 6 "	26,6	235,5	"	"	1,00	0,77
10	C	50 ⁰	1 Tag	18,4	150,3	26,6	305,5	0,69	0,49
			" 2 Tage	18,2	193,5	"	"	0,68	0,63
			" 3 "	19,5	207,5	"	"	0,73	0,68
			" 4 "	20,3	195,5	"	"	0,76	0,64
			" 5 "	22,4	216,8	"	"	0,84	0,71
			" 6 "	22,4	222,6	"	"	0,84	0,73
11	C	75 ⁰	1 Tag	16,2	167,9	26,6	305,5	0,61	0,55
			" 2 Tage	19,5	217,6	"	"	0,73	0,71
			" 3 "	22,1	223,3	"	"	0,83	0,73
			" 4 "	20,6	232,5	"	"	0,77	0,76
			" 5 "	25,0	302,3	"	"	0,94	0,99
			" 6 "	25,5	280,4	"	"	0,96	0,92

Lauf. No.	Be- zeichnung der Marke	Tem- peratur des Warm- bades	Dauer der Warmbad- lagerung der Probe- körper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ²				Verhältnisse der Warmbad- zu den Normenproben	
				der Warmbad- proben		der Normen- proben		Zug	Druck
				Zug	Druck	Zug	Druck		
12	C	100 ⁰	1 Tag	17,2	184,0	26,6	305,5	0,65	0,60
			" 2 Tage	24,0	270,3	"	"	0,90	0,88
			" 3 "	29,9	323,8	"	"	1,12	1,06
			" 4 "	29,1	336,3	"	"	1,09	1,10
			" 5 "	35,9	424,6	"	"	1,35	1,39
			" 6 "	32,8	417,6	"	"	1,23	1,37
13	D	25 ⁰	1 Tag	16,3	162,4	28,0	343,1	0,58	0,47
			" 2 Tage	21,4	192,3	"	"	0,76	0,56
			" 3 "	23,8	229,6	"	"	0,85	0,67
			" 4 "	26,0	247,8	"	"	0,93	0,72
			" 5 "	25,9	281,2	"	"	0,93	0,82
			" 6 "	25,6	231,3	"	"	0,91	0,67
14	D	50 ⁰	1 Tag	22,2	186,8	28,0	343,1	0,79	0,54
			" 2 Tage	22,1	235,8	"	"	0,79	0,69
			" 3 "	23,0	242,2	"	"	0,82	0,71
			" 4 "	26,3	274,8	"	"	0,94	0,80
			" 5 "	26,8	273,7	"	"	0,96	0,80
			" 6 "	24,4	262,5	"	"	0,87	0,77
15	D	75 ⁰	1 Tag	21,3	215,6	28,0	343,1	0,76	0,63
			" 2 Tage	21,1	248,1	"	"	0,75	0,72
			" 3 "	27,9	280,6	"	"	1,00	0,82
			" 4 "	27,0	302,4	"	"	0,96	0,88
			" 5 "	27,7	330,4	"	"	0,99	0,96
			" 6 "	28,6	326,6	"	"	1,02	0,95
16	D	100 ⁰	1 Tag	16,7	217,3	28,0	343,1	0,60	0,63
			" 2 Tage	22,8	263,6	"	"	0,81	0,77
			" 3 "	25,5	283,7	"	"	0,91	0,83
			" 4 "	35,5	363,5	"	"	1,27	1,06
			" 5 "	34,5	410,0	"	"	1,23	1,19
			" 6 "	35,7	354,1	"	"	1,28	1,03

Lauf. No.	Be- zeichnung der Marke	Tem- peratur des Warm- bades	Dauer der Warmbad- lagerung der Probe- körper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ²				Verhältnisse der Warmbad- zu den Normenproben	
				der Warmbad- proben		der Normen- proben		Normenproben	
				Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
17	E*)	25 ⁰	1 Tag	17,9	215,7	27,8	405,7	0,64	0,53
			" 2 Tage	22,2	282,6	"	"	0,80	0,70
			" 3 "	26,9	326,9	"	"	0,97	0,81
			" 4 "	27,4	348,6	"	"	0,99	0,86
			" 5 "	27,3	335,8	"	"	0,98	0,83
			" 6 "	30,5	380,4	"	"	1,10	0,94
18	E*)	50 ⁰	1 Tag	25,3	298,4	27,8	405,7	0,91	0,74
			" 2 Tage	24,6	332,8	"	"	0,88	0,82
			" 3 "	25,8	390,9	"	"	0,93	0,96
			" 4 "	26,6	393,6	"	"	0,96	0,97
			" 5 "	30,3	394,5	"	"	1,09	0,97
			" 6 "	31,9	405,6	"	"	1,15	1,00
19	E*)	75 ⁰	1 Tag	26,7	368,4	27,8	405,7	0,96	0,91
			" 2 Tage	25,8	402,6	"	"	0,93	0,99
			" 3 "	30,9	413,3	"	"	1,11	1,02
			" 4 "	29,9	431,1	"	"	1,08	1,06
			" 5 "	31,2	459,2	"	"	1,12	1,13
			" 6 "	37,2	475,5	"	"	1,34	1,17
20	E*)	100 ⁰	1 Tag	23,5	355,6	27,8	405,7	0,85	0,88
			" 2 Tage	28,5	447,9	"	"	1,03	1,10
			" 3 "	32,8	475,5	"	"	1,18	1,17
			" 4 "	35,8	487,3	"	"	1,29	1,20
			" 5 "	43,2	525,5	"	"	1,55	1,30
			" 6 "	38,3	520,4	"	"	1,38	1,28
21	F	25 ⁰	1 Tag	19,4	189,4	31,9	377,1	0,61	0,50
			" 2 Tage	21,8	221,9	"	"	0,68	0,59
			" 3 "	25,4	227,9	"	"	0,80	0,60
			" 4 "	23,6	262,3	"	"	0,74	0,70
			" 5 "	27,8	258,5	"	"	0,87	0,69
			" 6 "	25,6	282,5	"	"	0,80	0,75

*) Gemischter Portlandcement.

Lauf- No.	Be- zeichnung der Marke	Tem- peratur des Warm- bades	Dauer der Warmbad- lagerung der Probe- körper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ²				Verhältnisse der Warmbad- zu den Normenproben	
				der Warmbad- proben		der Normen- proben		Zug	Druck
				Zug	Druck	Zug	Druck		
22	F	50 ⁰	1 Tag	19,9	251,2	31,9	377,1	0,62	0,67
			" 2 Tage	23,8	244,9	"	"	0,75	0,65
			" 3 "	23,7	249,7	"	"	0,74	0,66
			" 4 "	25,2	247,9	"	"	0,79	0,66
			" 5 "	26,7	279,0	"	"	0,84	0,74
			" 6 "	25,4	328,9	"	"	0,80	0,87
23	F	75 ⁰	1 Tag	23,6	255,0	31,9	377,1	0,74	0,68
			" 2 Tage	26,8	301,6	"	"	0,84	0,80
			" 3 "	27,7	334,6	"	"	0,87	0,89
			" 4 "	23,9	332,9	"	"	0,75	0,88
			" 5 "	28,1	347,9	"	"	0,88	0,92
			" 6 "	25,9	349,1	"	"	0,81	0,93
24	F	100 ⁰	1 Tag	19,9	225,1	31,9	377,1	0,62	0,60
			" 2 Tage	22,2	316,0	"	"	0,70	0,84
			" 3 "	27,8	353,1	"	"	0,87	0,94
			" 4 "	28,5	387,1	"	"	0,89	1,03
			" 5 "	30,2	375,6	"	"	0,95	1,00
			" 6 "	29,0	385,4	"	"	0,91	1,02

2. Serie: Nach 24-stündiger Luft- und 2 × 24-stündiger Kaltwassereinwirkung, Einlagerung in Bäder, welche hierauf innerhalb 2 Stunden auf die vorgeschriebene Temperatur gebracht wurden.

25	E*)	25 ⁰	1 Tag	19,5	233,6	27,8	405,7	0,70	0,58
			" 2 Tage	25,5	292,3	"	"	0,92	0,72
			" 3 "	25,1	303,1	"	"	0,90	0,75
			" 4 "	29,6	350,3	"	"	1,06	0,86
			" 5 "	29,5	357,0	"	"	1,06	0,88
			" 6 "	30,9	365,1	"	"	1,11	0,90

*) Gemischter Portlandcement.

Lauf. No.	Be- zeichnung der Marke	Tem- peratur des Warm- bades	Dauer der Warmbad- lagerung der Probe- körper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ²				Verhältnisse der Warmbad- zu den Normenproben	
				der Warmbad- proben		der Normen- proben		Zug	Druck
				Zug	Druck	Zug	Druck		
26	E*)	50 ⁰	1 Tag	24,2	307,1	27,8	405,7	0,87	0,76
			" 2 Tage	26,0	334,2	"	"	0,94	0,82
			" 3 "	26,9	366,1	"	"	0,97	0,90
			" 4 "	31,1	396,3	"	"	1,12	0,98
			" 5 "	28,3	413,8	"	"	1,02	1,02
			" 6 "	33,1	407,4	"	"	1,19	1,00
27	E*)	75 ⁰	1 Tag	26,2	321,2	27,8	405,7	0,94	0,79
			" 2 Tage	30,2	375,2	"	"	1,09	0,92
			" 3 "	32,7	400,3	"	"	1,18	0,99
			" 4 "	27,6	409,8	"	"	0,99	1,01
			" 5 "	33,5	457,1	"	"	1,20	1,13
			" 6 "	31,0	463,7	"	"	1,12	1,14
28	E*)	100 ⁰	1 Tag	24,6	343,9	27,8	405,7	0,88	0,85
			" 2 Tage	27,6	408,0	"	"	0,99	1,01
			" 3 "	29,3	473,5	"	"	1,05	1,17
			" 4 "	37,3	521,4	"	"	1,34	1,29
			" 5 "	35,9	525,0	"	"	1,29	1,29
			" 6 "	40,0	567,8	"	"	1,44	1,40
29	G	25 ⁰	1 Tag	15,1	146,0	22,0	268,8	0,69	0,54
			" 2 Tage	17,2	187,6	"	"	0,78	0,70
			" 3 "	22,2	212,0	"	"	1,01	0,79
			" 4 "	20,3	220,6	"	"	0,92	0,82
			" 5 "	22,1	235,3	"	"	1,00	0,88
			" 6 "	21,8	250,0	"	"	0,99	0,93
30	G	50 ⁰	1 Tag	18,1	209,4	22,0	268,8	0,82	0,78
			" 2 Tage	20,6	231,4	"	"	0,94	0,86
			" 3 "	21,4	237,5	"	"	0,97	0,88
			" 4 "	21,5	260,7	"	"	0,98	0,97
			" 5 "	21,8	262,7	"	"	0,99	0,98
			" 6 "	25,4	281,9	"	"	1,15	1,05

*) Gemischter Portlandement.

Lauf. No.	Be- zeichnung der Marke	Tem- peratur des Warm- bades	Dauer der Warmbad- lagerung der Probe- körper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ²				Verhältnisse der Warmbad- zu den Normenproben	
				der Warmbad- proben		der Normen- proben		Zug	Druck
				Zug	Druck	Zug	Druck		
31	G	75 ⁰	1 Tag	16,4	200,2	22,0	268,8	0,75	0,74
			" 2 Tage	21,3	219,7	"	"	0,97	0,82
			" 3 "	21,7	244,2	"	"	0,99	0,91
			" 4 "	22,7	273,4	"	"	1,03	1,02
			" 5 "	23,0	286,3	"	"	1,05	1,06
			" 6 "	23,9	290,4	"	"	1,09	1,08
32	G	100 ⁰	1 Tag	17,9	204,0	22,0	268,8	0,81	0,76
			" 2 Tage	25,0	277,5	"	"	1,14	1,03
			" 3 "	28,3	321,7	"	"	1,29	1,20
			" 4 "	27,4	349,3	"	"	1,25	1,30
			" 5 "	34,9	380,3	"	"	1,59	1,41
			" 6 "	31,5	380,0	"	"	1,43	1,41

**3. Serie: Nach 24-stündiger Luft- und 3 × 24-stündiger
Kaltwassereinwirkung, Einlagerung in die warmen Bäder.**

33	E*)	25 ⁰	1 Tag	24,4	257,7	27,8	405,7	0,88	0,63
			" 2 Tage	25,7	314,5	"	"	0,92	0,78
			" 3 "	29,4	308,3	"	"	1,06	0,76
			" 4 "	29,6	352,0	"	"	1,07	0,87
			" 5 "	30,3	347,1	"	"	1,09	0,86
			" 6 "	32,1	333,6	"	"	1,15	0,82
34	E*)	50 ⁰	1 Tag	24,7	304,1	27,8	405,7	0,89	0,75
			" 2 Tage	27,6	366,9	"	"	0,99	0,90
			" 3 "	30,3	358,7	"	"	1,09	0,88
			" 4 "	31,4	405,6	"	"	1,13	1,00
			" 5 "	30,8	409,6	"	"	1,11	1,01
			" 6 "	32,1	404,0	"	"	1,15	1,00

*) Gemischter Portlandcement.

Lauf. No.	Be- zeichnung der Marke	Tem- peratur des Warm- bades	Dauer der Warmbad- lagerung der Probe- körper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ²				Verhältnisse der Warmbad- zu den Normenproben	
				der Warmbad- proben		der Normen- proben		Zug	Druck
				Zug	Druck	Zug	Druck		
35	E*)	75 ⁰	1 Tag	27,8	305,0	27,8	405,7	1,00	0,75
			" 2 Tage	29,3	397,1	"	"	1,05	0,98
			" 3 "	28,5	390,3	"	"	1,03	0,96
			" 4 "	36,0	452,5	"	"	1,30	1,12
			" 5 "	34,4	478,0	"	"	1,24	1,18
			" 6 "	34,9	454,0	"	"	1,26	1,12
36	E*)	100 ⁰	1 Tag	28,5	342,6	27,8	405,7	1,03	0,84
			" 2 Tage	34,5	452,0	"	"	1,24	1,11
			" 3 "	37,5	425,3	"	"	1,35	1,05
			" 4 "	42,2	549,5	"	"	1,52	1,35
			" 5 "	40,6	588,7	"	"	1,46	1,45
			" 6 "	44,3	538,3	"	"	1,59	1,33
37	F	25 ⁰	1 Tag	25,8	230,6	31,9	377,1	0,81	0,61
			" 2 Tage	26,3	265,6	"	"	0,82	0,70
			" 3 "	26,7	276,0	"	"	0,84	0,73
			" 4 "	29,6	280,7	"	"	0,93	0,74
			" 5 "	28,9	304,6	"	"	0,91	0,81
			" 6 "	30,6	318,9	"	"	0,96	0,85
38	F	50 ⁰	1 Tag	24,0	256,8	31,9	377,1	0,75	0,68
			" 2 Tage	27,2	277,9	"	"	0,85	0,74
			" 3 "	26,9	282,6	"	"	0,84	0,75
			" 4 "	29,5	282,3	"	"	0,92	0,75
			" 5 "	29,8	298,3	"	"	0,93	0,79
			" 6 "	32,3	316,8	"	"	1,01	0,84
39	F	75 ⁰	1 Tag	25,8	259,7	31,9	377,1	0,81	0,69
			" 2 Tage	26,0	312,9	"	"	0,82	0,83
			" 3 "	29,5	327,5	"	"	0,92	0,87
			" 4 "	30,8	331,8	"	"	0,97	0,88
			" 5 "	28,6	360,7	"	"	0,90	0,96
			" 6 "	29,3	381,7	"	"	0,92	1,01

*) Gemischter Portlandement.

Lauf. No.	Be- zeichnung der Marke	Tem- peratur des Warm- bades	Dauer der Warmbad- lagerung der Probe- körper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ²				Verhältnisse der Warmbad- zu den Normenproben	
				der Warmbad- proben		der Normen- proben		Zug	Druck
				Zug	Druck	Zug	Druck		
40	F	100 ⁰	1 Tag	27,4	267,7	31,9	377,1	0,86	0,71
		"	2 Tage	27,5	331,6	"	"	0,83	0,88
		"	3 "	32,6	368,3	"	"	1,02	0,98
		"	4 "	33,8	351,3	"	"	1,06	0,93
		"	5 "	36,7	394,4	"	"	1,15	1,05
		"	6 "	39,2	446,8	"	"	1,23	1,18

**4. Serie: Nach 4 × 24-stündiger, feuchter Luftlagerung,
Einlagerung in die angewärmten Bäder.**

41	F	25 ⁰	1 Tag	24,2	223,5	31,9	377,1	0,76	0,59
		"	2 Tage	25,4	223,1	"	"	0,80	0,59
		"	3 "	28,6	272,0	"	"	0,90	0,72
		"	4 "	28,5	280,8	"	"	0,89	0,74
		"	5 "	29,4	281,9	"	"	0,92	0,75
		"	6 "	30,2	289,3	"	"	0,95	0,77
42	F	50 ⁰	1 Tag	25,6	250,6	31,9	377,1	0,80	0,66
		"	2 Tage	26,0	233,4	"	"	0,82	0,62
		"	3 "	26,7	259,9	"	"	0,84	0,69
		"	4 "	26,6	277,6	"	"	0,83	0,74
		"	5 "	31,8	248,4	"	"	1,00	0,66
		"	6 "	30,5	296,2	"	"	0,96	0,79
43	F	75 ⁰	1 Tag	25,9	233,0	31,9	377,1	0,81	0,62
		"	2 Tage	24,4	227,0	"	"	0,76	0,60
		"	3 "	28,8	281,9	"	"	0,90	0,75
		"	4 "	27,1	296,0	"	"	0,85	0,78
		"	5 "	28,6	312,1	"	"	0,90	0,83
		"	6 "	29,8	321,8	"	"	0,93	0,85

Lauf. No.	Be- zeichnung der Marke	Tem- peratur des Warm- bades	Dauer der Warmbad- lagerung der Probe- körper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ²				Verhältnisse der Warmbad- zu den Normenproben	
				der Warmbad- proben		der Normen- proben		Zug	Druck
				Zug	Druck	Zug	Druck		
44	F	100 ⁰	1 Tag	23,6	249,6	31,9	377,1	0,74	0,66
			" 2 Tage	24,9	261,5	"	"	0,78	0,69
			" 3 "	31,3	307,1	"	"	0,98	0,81
			" 4 "	34,7	340,5	"	"	1,09	0,90
			" 5 "	35,1	363,6	"	"	1,10	0,96
			" 6 "	36,1	353,4	"	"	1,13	0,94

5. Serie: Nach 24-stündiger Luft- und 3 × 24-stündiger
Kaltwassereinwirkung, Einlagerung in Bäder, welche hierauf
innerhalb 2 Stunden auf die vorgeschriebene Temperatur
gebracht wurden.

45	H	25 ⁰	1 Tag	20,3	245,3	26,7	355,0	0,76	0,69
			" 2 Tage	21,5	268,5	"	"	0,81	0,76
			" 3 "	24,9	275,9	"	"	0,93	0,78
			" 4 "	24,3	302,9	"	"	0,91	0,85
46	H	50 ⁰	1 Tag	21,2	235,7	26,7	355,0	0,79	0,66
			" 2 Tage	21,1	251,3	"	"	0,79	0,71
			" 3 "	23,3	242,0	"	"	0,87	0,68
			" 4 "	25,0	297,6	"	"	0,94	0,84
47	H	75 ⁰	1 Tag	21,8	233,3	26,7	355,0	0,82	0,66
			" 2 Tage	23,7	261,9	"	"	0,89	0,74
			" 3 "	25,6	283,3	"	"	0,96	0,80
			" 4 "	25,4	319,6	"	"	0,95	0,90
48	H	100 ⁰	1 Tag	20,3	282,7	26,7	355,0	0,76	0,80
			" 2 Tage	22,9	274,5	"	"	0,86	0,77
			" 3 "	26,6	287,7	"	"	1,00	0,81
			" 4 "	26,3	309,4	"	"	0,98	0,87

Lauf. No.	Be- zeichnung der Marke	Tem- peratur des Warm- bades	Dauer der Warmbad- lagerung der Probe- körper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ²				Verhältnisse der Warmbad- zu den Normenproben	
				der Warmbad- proben		der Normen- proben		Zug	Druck
				Zug	Druck	Zug	Druck		
49	I	25 ⁰	1 Tag	16,7	195,6	27,8	256,9	0,60	0,76
			" 2 Tage	17,9	206,3	"	"	0,64	0,80
			" 3 "	20,3	220,0	"	"	0,73	0,86
			" 4 "	21,4	228,9	"	"	0,77	0,89
50	I	50 ⁰	1 Tag	17,9	205,9	27,8	256,9	0,64	0,80
			" 2 Tage	20,4	215,4	"	"	0,73	0,84
			" 3 "	21,7	224,8	"	"	0,78	0,88
			" 4 "	23,3	234,2	"	"	0,84	0,91
50	I	75 ⁰	1 Tag	18,3	200,8	27,8	256,9	0,66	0,78
			" 2 Tage	20,8	224,1	"	"	0,75	0,87
			" 3 "	24,9	256,2	"	"	0,90	1,00
			" 4 "	25,5	286,3	"	"	0,92	1,11
51	I	100 ⁰	1 Tag	18,9	200,5	27,8	256,9	0,68	0,78
			" 2 Tage	23,7	237,9	"	"	0,85	0,92
			" 3 "	28,0	285,6	"	"	1,01	1,11
			" 4 "	28,1	315,7	"	"	1,01	1,23

6. Serie: Nach 24-stündiger Luft- und 4 × 24-stündiger Kaltwassereinwirkung, Einlagerung in Bäder, welche hierauf innerhalb 2 Stunden auf die vorgeschriebene Temperatur gebracht wurden.

52	H	25 ⁰	1 Tag	22,3	262,6	26,7	355,0	0,84	0,74
			" 2 Tage	22,1	265,1	"	"	0,83	0,75
			" 3 "	23,2	277,7	"	"	0,87	0,78
			" 4 "	26,1	291,2	"	"	0,98	0,82
53	H	50 ⁰	1 Tag	21,5	263,3	26,7	355,0	0,81	0,74
			" 2 Tage	23,3	287,6	"	"	0,87	0,81
			" 3 "	25,2	292,0	"	"	0,94	0,82
			" 4 "	26,1	297,7	"	"	0,98	0,84

Lauf. No.	Be- zeichnung der Marke	Tem- peratur des Warm- bades	Dauer der Warmbad- lagerung der Probe- körper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ²				Verhältnisse der Warmbad- zu den Normenproben	
				der Warmbad- proben		der Normen- proben		Zug	Druck
				Zug	Druck	Zug	Druck		
54	H	75 ⁰	1 Tag	21,6	234,8	26,7	355,0	0,81	0,66
			" 2 Tage	23,4	256,1	"	"	0,88	0,72
			" 3 "	28,1	276,8	"	"	1,06	0,78
			" 4 "	27,8	276,2	"	"	1,04	0,78
55	H	100 ⁰	1 Tag	22,5	238,6	26,7	355,0	0,84	0,67
			" 2 Tage	26,9	250,6	"	"	1,01	0,71
			" 3 "	27,1	286,0	"	"	1,01	0,81
			" 4 "	31,4	276,2	"	"	1,18	0,78
56	I	25 ⁰	1 Tag	19,7	214,9	27,8	256,9	0,71	0,84
			" 2 Tage	21,3	223,8	"	"	0,77	0,87
			" 3 "	20,5	218,9	"	"	0,74	0,85
			" 4 "	22,0	239,7	"	"	0,79	0,93
57	I	50 ⁰	1 Tag	18,5	205,5	27,8	256,9	0,67	0,80
			" 2 Tage	20,0	214,0	"	"	0,72	0,83
			" 3 "	20,1	234,8	"	"	0,72	0,91
			" 4 "	23,3	230,8	"	"	0,84	0,90
58	I	75 ⁰	1 Tag	21,6	200,9	27,8	256,9	0,78	0,78
			" 2 Tage	21,5	232,1	"	"	0,77	0,90
			" 3 "	26,0	282,6	"	"	0,94	1,00
			" 4 "	28,6	283,5	"	"	1,03	1,10
59	I	100 ⁰	1 Tag	18,8	208,0	27,8	256,9	0,68	0,81
			" 2 Tage	26,7	244,9	"	"	0,96	0,95
			" 3 "	29,5	281,7	"	"	1,06	1,10
			" 4 "	30,6	318,3	"	"	1,10	1,24

Aus vorstehenden Versuchsergebnissen geht nun hervor:

1. dass die Individuen der Species »Portlandcement« sich in den Warmwasserbad-Proben verschiedenartig verhalten. Insbesondere scheinen die mit löslicher Kieselsäure (in Form aufgeschlossener Hochofenschlacke) versetzten Cemente (vergl. Nr. 25 u. f.; Marke E*) in den warmen Bädern in beschleunigterem Masse als reine Portlandcemente zu reagieren;

2. dass die Festigkeitszahlen Zug und Druck des der Einwirkung warmer Bäder ausgesetzten Normenmörtels der Portlandcemente nicht unerhebliche Verwerfungen zeigen;

3. dass die Dauer der Kaltwasserlagerung keinen ausschlaggebenden Einfluss auf den Ausfall der Festigkeitsverhältnisse der Warmbadproben auszuüben vermag;

4. dass durch Warmwasserbäder mit Temperaturen unter 75° C. selbst bei 6-tägiger Dauer der Warmwassereinwirkung die Festigkeitszahlen des Normenmörtels der Portlandcemente nach 28-tägiger Kaltwassererhärtung im allgemeinen nicht zu erreichen sind;

5. dass durch Warmwasserbäder mit Temperaturen von 75° , sicherer von 100° C., schon nach 5-tägiger Dauer der Warmwassereinwirkung die massgebenden Festigkeitszahlen des Normenmörtels an sich volumenbeständiger Portlandcemente erreicht erscheinen;

6. dass durch weitere Versuche sowohl die anzuwendende Temperatur als auch die Dauer der Einwirkung der Warmbäder für den Normenmörtel endgültig festzustellen noch übrig bleibt.

6. Untersuchung der Bindekraft des Portlandcement-Ofenmehls.

Anlässlich des Besuchs einer deutschen Portlandcement-Fabrik fiel uns auf, dass im Gegensatze zur allgemeinen Gepflogenheit, mit den Klinkern auch nicht unbedeutende Mengen des Ofenmehls (selbstthätig zerfallenes Ofengut) vermahlen wurde. Die Bindekraft des Ofenmehls kennen zu lernen, haben wir später aus 3 schweizerischen Portlandcement-Fabriken, neben Mehl, gewonnen durch Zerkleinerung aussortierter Klinker, auch demselben Brande entstammendes Ofenmehl uns geben lassen und diese Materialien normengemäss untersucht.

Folgende tabellarische Zusammenstellung enthält die gewonnenen Resultate:

Ergebnisse der Normenproben.

A, C und E ist Klinkermehl; B, D und F ist Ofenmehl.

Bezeichnung der Marke	Spec. Gewicht γ	Glühverlust $\%$	Volumengewicht kg/l		Abbinde-Verhältnisse			Rückstand in $\%$ am		Festigkeit des Normenmörtels (1:3), kg/cm ²			
					lose δ_1	eingerrüttelt δ_3	Temperatur $^{\circ}$ C.			Erhärten-Beginn St. M.	Bindezeit St. M.	nach 7 Tagen	
			Zug	Druck				Zug	Druck				
			900 Sieb	4900 Sieb									
A	3,06	3,13	1,20	1,86	16,3	4 30	15 —	2,2	24,6	21,5	187,6	24,1	239,6
B	2,96	2,48	1,26	2,00	16,3	— 54	11 —	1,4	21,6	3,4	26,9	4,8	31,0
C	3,11	2,01	1,36	2,12	10,7	— 2	2 12	3,2	29,8	17,4	158,8	24,4	245,9
D	3,04	—	1,20	2,21	10,8	— 20	6 30	11,6	34,0	6,2	36,4	9,7	77,4
E	3,12	2,37	1,23	2,00	19,0	7 —	15 —	Spur	12,5	22,1	256,0	29,2	372,9
F	3,04	1,98	0,95	1,67	19,0	3 —	7 —	Spur	2,0	15,4	136,8	19,9	199,8

Bemerkung: Die Ofenmehle B und D haben die beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben nicht bestanden.

Chemische Zusammensetzung der Ofenmehlsorten.

Die chemische Zusammensetzung der Ofenmehle wurde bei den Marken B und F ermittelt; die Analysen bestätigen die Angabe der Werke, dass das Rohmehl von normaler Zusammensetzung gewesen.

	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca O	Mg O	CO ₂	H ₂ O + Bit.
Sorte B:	22,86 0/0;	8,13 0/0;	2,88 0/0;	64,67 0/0;	0,23 0/0;	0,00 0/0;	0,00 0/0
„ F:	25,03 „	8,01 „	2,68 „	58,69 „	0,98 „	0,36 „	1,63 „

Nacherhärtungsverhältnisse der Normenmörtel.

Einen Einblick in die Nacherhärtungsverhältnisse der Ofenmehle zu gewinnen, wurde das Klinker- und Ofenmehl der Fabrik B und C normengemäss bis auf eine einjährige Erhärtungsdauer, Wasserlagerung, verarbeitet. Die vorgenommenen Festigkeitsproben ergaben folgende Zahlenwerte für den Normenmörtel (1 : 3):

nach:	7 Tagen;	28 Tagen;	84 Tagen;	210 Tagen;	365 Tagen.
Sorte	Zug, Druck;	Zug, Druck;	Zug, Druck;	Zug, Druck;	Zug, Druck.
C; Klinkerm.	17,4 158,8;	24,4 245,9;	29,6 295,5;	35,8 359,1;	37,8 394,4.
D; Ofenmehl	6,2 36,4;	9,7 77,4;	15,5 126,0;	21,5 152,8;	24,6 189,8.
E; Klinkerm.	22,1 256,0;	29,2 372,9;	34,9 416,4;	35,9 426,4;	39,2 511,2.
F; Ofenmehl	15,4 136,8;	19,9 199,8;	27,3 248,0;	31,8 289,0;	31,6 345,9.

7. Untersuchung der Bindekraft überlagerter Cemente.

Wiederholt verlautbarten Anfragen bezüglich der Grösse der Bindekraft und damit der Verwendbarkeit *überlagerter*, also *knollig* gewordener Cemente zu entsprechen, wurde die vorliegende Untersuchung eingeleitet. Sie bezweckt die Bestimmung der Bindekraft von auf einzelnen Bauplätzen, sowie im Laboratorium der *Materialprüfungs-Anstalt* knollig gewordenen Cementen. Die der Originalverpackung entnommenen Cementknollen wurden Fall für Fall zerrieben und das so gewonnene Mehl normengemäss untersucht.

1. Versuchsreihe.

Knollig gewordener Portlandcement von *Zurlinden & Cie.* in Aarau.

Einsender: Herr *Miescher*, vormals Ingenieur der Wasserwerke, St. Gallen; Dezember 1888.

Specificisches Gewicht:	2,96
Glühverlust:	7,47 0/0
Volumengewicht, lose:	1,16 kg/l
„ eingerüttelt:	1,74 „
Erhärtungsbeginn:	ca. 21 Stunden
Bindezeit:	„ 40 „
Lufttemperatur:	15° C.
Volumenbeständigkeitsproben:	bestanden
Rückstand am 900-Sieb:	3,1 0/0
„ „ 4900 „	21,8 „

Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1 : 3)

nach:	7 Tagen;	28 Tagen;	84 Tagen;
Zug:	10,1 kg/cm ²	20,2 kg/cm ²	26,6 kg/cm ²
Druck:	75,3 „	155,0 „	184,4 „

2. Versuchsreihe.

Einsender des Materials: Herr *Miescher*, vormals Ingenieur der Wasserwerke, St. Gallen; November 1888.

Portlandcement von *Zurlinden & Cie.* in Aarau; am Sackrande *stark knollig*; in der Sackmitte: *Beginn* der Knollenbildung.

Bezeichnung der Probe:	A.	B.
Entnahme des Materials:	Knollen v. Sackrand.	Mehl a. d. Sackmitte.
Specificisches Gewicht:	3,03	3,04
Glühverlust:	4,73 0/0	3,97 0/0
Volumengewicht, lose:	1,21 kg/l	1,31 kg/l
„ eingerüttelt:	1,86 „	2,01 „
Erhärtungsbeginn:	ca. 8 1/2 Stunden	ca. 8 Stunden
Bindezeit:	„ 24 „	„ 24 „
Lufttemperatur:	ca. 17° C.	ca. 17° C.
Volumenbeständigkeitsproben:	bestanden	bestanden
Rückstand am 900-Sieb:	10,4 0/0	12,5 0/0
„ „ 4900 „	40,0 „	45,0 „

Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1 : 3)

nach:	7 Tagen;	28 Tagen;	84 Tagen;	365 Tagen.
	A			
Zug:	12,4 kg/cm ²	19,1 kg/cm ²	25,3 kg/cm ²	28,6 kg/cm ²
Druck:	91,5 „	156,5 „	180,4 „	275,5 „
	B			
Zug:	12,8 kg/cm ²	16,9 kg/cm ²	23,8 kg/cm ²	25,5 kg/cm ²
Druck:	98,0 „	143,4 „	181,4 „	280,9 „

3. Versuchsreihe.

Einsender des Materials: *Portlandcement-Fabrik Laufen* (Kt. Bern); Februar 1889.

Portlandcement, absichtlich frisch von der Mühle weg bezogen. Geprüft A: im Anfertigungszustande; B: nach sechs-wöchentlicher Luftlagerung; C: bei Beginn der Knollenbildung; D: nach Eintritt der starken Knollenbildung.

Eigenschaften des Materials:

	A.	B.	C.	D.
Specif. Gewicht:	3,02	2,93	2,85	2,83
Glühverlust:	3,39 ⁰ / ₀	5,90 ⁰ / ₀	9,45 ⁰ / ₀	11,49 ⁰ / ₀
Erhärtungsbeginn:	3 St. 15 Min.	4 St. 30 Min.	6 St. 25 Min.	4 St. 45 Min. *)
Bindezeit:	ca. 24 St. —	ca. 32 St. —	ca. 40 St. —	ca. 36 St. —
Lufttemperatur:	ca. 13 ⁰ C.	ca. 14 ⁰ C.	ca. 14 ⁰ C.	ca. 18 ⁰ C.
Volumenbeständig- keits-Proben:	nicht bestand.; zweifelhaft; zweifelhaft; zweifelhaft.			

Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1 : 3), kg/cm².

	A.		B.		C.		D.	
	Zug,	Druck;	Zug,	Druck;	Zug,	Druck;	Zug,	Druck.
nach 3 Tagen:	7,9	71,0	3,5	30,8	1,9	24,8	2,3	20,5
„ 7 „	13,6	126,1	9,8	74,3	6,1	49,6	4,6	36,1
„ 28 „	—	213,3	16,1	141,1	11,0	85,8	9,5	63,0

Aus vorstehender Versuchsreihe geht die Thatsache hervor, dass Fehler in der Aufbereitung des Rohmaterials, fehlerhafter Brand bezw. unzulängliche Sortage des Ofengutes durch eine Sack-Lagerung des Materials nicht immer behoben werden können.

4. Versuchsreihe.

Einsender des Materials: *Portlandcement-Fabrik Zurlinden & Cie.*, Aarau; März 1889.

Portlandcement, absichtlich frisch von der Mühle weg bezogen. Geprüft A: im Anlieferungszustande; B: nach sechs-wöchentlicher Luftlagerung; C: bei Beginn der Knollenbildung; D: nach Eintritt starker Knollenbildung.

*) Folge geänderter Temperaturverhältnisse.

Eigenschaften des Materials:

	A.	B.	C.	D.
Specif. Gewicht:	3,09	3,05	3,04	2,97
Glühverlust:	2,10%	3,96%	4,38%	7,49%
Erhärtungsbeginn:	6 St. 15 Min.	ca. 12 St. 30 Min.	ca. 7 St.	ca. 3 St.
Bindezeit:	ca. 22 St. —	ca. 24 St.	ca. 16 St.	ca. 30 St.
Lufttemperatur:	ca. 14° C.	ca. 14° C.	ca. 18° C.	(?)
Volumenbeständigkeits-Proben:	bestanden	bestanden	bestanden	bestanden.

Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1 : 3), kg/cm².

		Zug, Druck;		Zug, Druck;		Zug, Druck;		Zug, Druck.	
nach	3 Tagen:	18,3	132,0	11,6	73,4	—	—	8,1	60,1
"	7 "	22,4	198,6	18,6	135,9	19,7	138,4	14,8	96,5
"	28 "	28,0	287,0	27,9	228,3	22,5	192,0	23,3	162,0
"	84 "	30,6	297,3	30,7	282,6	30,3	253,6	—	—
"	210 "	31,2	351,9	34,2	354,6	32,0	320,9	31,7	230,4
"	365 "	42,6	381,5	39,8	374,9	34,7	338,9	31,0	299,0

5. Versuchsreihe.

Einsender des Materials: *von Roll'sches Eisenwerk*, Choindez, April 1887.

Schlackencement von Choindez, frisch von der Mühle weg bezogen (Marke A). Wiederholung der Normenprobe nach sechswöchentlicher Luftlagerung (Marke B). Die aus der Untersuchung erübrigten Reste wurden zusammengemischt, 2 Jahre im Lagerraum der schweiz. Materialprüfungs-Anstalt bewahrt und sodann abermals normengemäss verarbeitet (Marke C).

Eigenschaften des Materials:

	Anlieferungs- zustand:	Nach 2-jähriger Lagerung
Specifisches Gewicht:	2,68	2,69
Glühverlust:	8,15%	11,37%
Volumengewicht, lose:	0,99 kg/l	0,96 kg/l
" eingerüttelt:	1,57 "	1,55 "
Mahlungsfeinheit; Rückstand		
am 900-Sieb:	0,5%	0,5%
" 4900 "	9,0 "	20,8 "
Volumenbeständigkeits-Proben:	bestanden	bestanden.

Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1 : 3), kg/cm².

		A		B		C	
		Zug, Druck;		Zug, Druck;		Zug, Druck;	
nach	7 Tagen:	13,4	96,4	—	—	15,5	114,0
"	28 "	21,5	270,4	28,6	240,6	24,1	212,3
"	84 "	35,5	367,5	—	—	—	—
"	1 Jahr:	42,6	398,5	—	—	—	—
"	2 Jahren:	44,5	419,3	—	—	—	—

6. Versuchsreihe.

Einsender des Materials: *Oberst F. Locher*, Zürich; März 1894.

Schlackencement von Choindez; stammt aus dem Lagerraum der Landesmuseumsbaute; überlagert, stark knollig. Knollen wurden zerrieben und dem übrigen Mehle untermischt.

Eigenschaften des Materials:

Specif. Gew.:	2,77	Erh.-Beginn:	2 St.	Bindezeit:	ca. 16 St.
Glühverlust:	8,26%	Lufttemper.:	14,4° C.		
Volumengew.,		Volumenbeständigkeitsproben:			
lose:	0,98 kg/l	bestanden			
Volumengew.,		Mahlungsfeinheit, Rückstand			
eingerrüttelt:	1,53 „	am 900-Sieb:	0,7%	am 4900-Sieb:	21,0%

Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1 : 3), kg/cm².

nach:	7 Tagen;	28 Tagen;	84 Tagen;	210 Tagen;	365 Tagen.
Zug:	14,1	22,5	26,9	32,5	34,3
Druck:	119,4	214,3	304,9	343,8	383,1

8. Untersuchung der Erhärtung hydraulischer Bindemittel unter verschiedenen Bedingungen.

a. Einfluss des Wassers und der Kohlensäure auf die Bindekraft hydraul. Bindemittel.

10 hydraul. Bindemittel wurden allgemein untersucht und normengemäss in 3 Altersklassen verarbeitet. Die Probekörper der Zug- und Druckfestigkeit wurden nach dem Ausschalen aus den Formen separiert und ihrer Bestimmung gemäss folgendermassen behandelt:

a. *Luftlagerung bei ca. 15° C.* Nach dem Ausschalen wurden die Probekörper auf einem Gestelle der Cementwerkstätte derart aufbewahrt, dass die Luft die Probekörper möglichst vollkommen umspühlen konnte.

b. *Wasserlagerung bei ca. 15° C.* Die Behandlung der Probekörper geschah nach Anleitung der schweiz. Normen.

c. *Lagerung in wasserfreier Luft bei ca. 15° C.* Sämtliche Probekörper dieser Versuchsreihe wurden nach dem Ausschalen 2 × 24 Stunden an der freien Luft der Cementwerkstätte belassen, hierauf in einen mit Quecksilber abgedichteten Glasschrank eingebaut, dessen Atmosphäre durch Chlorcalcium und konzentrierte Schwefelsäure trocken gehalten wurde.

d. *Lagerung in kohlendioxidfreier, feuchter Luft bei ca. 15° C.* Sämtliche Probekörper dieser Versuchsserie wurden unmittelbar nach dem Ausschalen in einen, ebenfalls mit Quecksilber abgedichteten Glasschrank eingebaut. In den Glasschrank wurde mittelst eines Wasserstrahlgebläses Luft eingepresst, deren Kohlendioxidgehalt vorerst in Kalilauge absorbiert wurde. Zur Feuchthaltung der Atmosphäre waren einige wassergefüllte Glasgefäße im Schranke angebracht.

e. *Lagerung in reiner Kohlendioxid bei 15° C.* Die Probekörper dieser Versuchsreihe wurden ebenfalls unmittelbar nach dem Ausschalen in einen, mit Kohlendioxid gefüllt gehaltenen und mit Quecksilber abgedichteten Glasschrank eingebaut. Die Atmosphäre dieses Schrankes erwies sich nach dem Einlegen frischer Probekörper wassersatt; die Glaswände schwitzten erheblich. Das von den Probekörpern abgegebene Wasser musste allmähig mit der Kohlendioxid aufgebraucht worden sein, denn schon nach ca. 28 Tagen erschien die Schrankatmosphäre völlig trocken.

f. *Lagerung in kohlendioxidreicher Luft bei ca. 50° C.* Die Probekörper dieser Versuchsreihe wurden ähnlich den vorstehend beschriebenen, unmittelbar nach dem Ausschalen in einem mit Fletcher-Brennern befeuerten Trockenschrank eingebaut und hier dauernd der trocknenden Wirkung einer kohlendioxidreichen Atmosphäre von ca. 50° C. ausgesetzt.

Eigenschaften des Versuchsmaterials.

α. Chemische Zusammensetzung.

Lauf. No.	Herkunft des Materials	SiO ₂ 0/0	Al ₂ O ₃ 0/0	Fe ₂ O ₃ 0/0	CaO 0/0	MgO 0/0	CaSO ₄ 0/0	CO ₂ 0/0	H ₂ O 0/0	Summa
A. Hydraulische Kalke.										
1	Marke A	22,77	5,20	3,18	55,52	1,47	2,25	2,53	6,65	99,57
2	Marke B	20,19	5,60	3,94	55,25	1,91	2,05	4,28	6,67	99,89
B. Romancemente.										
3	Delune, Grenoble	23,35	8,20	3,74	57,94	1,63	2,98	1,54	1,28	100,66
4	Uriol, Grenoble	22,14	8,74	3,69	58,41	2,02	2,90	1,51	0,61	100,02
C. Schlackencemente.										
5	v. Roll, Choindéz	19,24	17,15	1,07	54,01	0,81	0,59	1,27	5,12	100,01
6	Erhardt, Neunkirchen	20,94	14,85	1,03	47,38	3,58	2,49	2,53	4,69	100,18
D. Portlandcemente.										
7	P.-C.-Fab. Mannheim	22,01	7,45	2,76	62,41	1,27	2,12	0,29	0,76	99,07
8	Du-Pasquier, Grandch.	22,29	7,28	2,30	60,54	1,21	3,41	0,78	1,74	99,55
9	Wagner, Stans	21,10	5,95	2,54	64,46	2,33	2,18	0,73	0,74	100,03
10	R. Vigier, Luterbach	22,28	6,30	1,79	60,90	0,89	3,05	0,58	1,47	97,26

β. Physikalische Eigenschaften.

Bezeichnung und Herkunft des Materials	No. der chemischen Analyse	Spec. Gewicht γ	Glühverlust 0/0	Volumengewichte kg/l		Mahlungsfeinheit in 0/0 Rückstand am 900 S. 4900S.	Abbinde-Verhältnisse			Normenfestigkeit kg/cm ² nach 28 Tagen		
				lose δ ₁	eingetrüfelt δ ₃		Temperatur ° C.	Beginn St. M.	Ende St. M.	Zug	Druck	
A. Hydraulische Kalke.												
Marke A	1	2,76	13,83	0,77	1,23	14,2	—	14,0	2 30	48 —	8,6	40,8
Marke B	2	2,81	11,02	0,83	1,32	10,0	—	14,5	2 —	25 —	9,9	52,9
B. Romancemente.												
Delune, Grenoble	3	3,02	2,82	0,98	1,49	10,0	26,1	15,0	— 5	— 16	13,8	154,5
Uriol, Grenoble	4	3,06	2,13	0,96	1,52	4,8	19,8	15,4	— 3 ¹ / ₂	— 10	11,6	114,0
C. Schlackencemente.												
v. Roll, Choindéz	5	2,67	7,86	0,93	1,53	Spur	8,0	20,0	1 —	5 —	24,4	256,0
Erhardt, Neunkirchen	6	2,68	9,41	0,80	1,36	Spur	7,0	20,0	2 —	7 30	27,3	255,3
D. Portlandcemente.												
P.-C.-Fab. Mannheim	7	3,12	1,04	1,24	1,95	3,6	28,6	15,5	2 —	7 —	21,2	189,0
Du-Pasquier, Grandch.	8	3,05	2,52	1,17	1,95	4,9	22,3	20,0	5 —	16 —	24,3	169,0
Wagner, Stans	9	3,11	1,47	1,27	2,00	Spur	9,2	15,0	— 35	6 —	26,3	243,6
R. Vigier, Luterbach	10	3,05	2,06	1,14	1,86	0,1	9,6	17,5	5 30	12 —	28,4	291,4

Resultate der Festigkeitsproben.

Lauf. No.	No. des Binde- mittels auf S. 50	Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² , nach						Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² , nach					
		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

A. Hydraulische Kalke.

		a. Luftlagerung bei ca. 15° C.						b. Wasserlagerung bei ca. 15° C.					
1—2	1	3,7	24,5	8,4	46,3	8,2	70,3	2,9	20,9	8,6	40,8	14,3	69,9
3—4	2	9,0	39,0	9,1	70,8	8,8	79,6	3,4	32,3	9,9	52,9	17,6	91,8
	Mittel:	6,4	31,8	8,8	58,6	8,5	75,0	3,2	26,6	9,3	46,9	16,0	80,9
		c. Lagerung in wasserfreier Luft.						d. Lagerung in CO ₂ -freier, feuchter Luft.					
5—6	1	2,8	26,5	6,2	50,3	8,8	90,4	3,5	25,4	8,6	50,3	10,2	85,1
7—8	2	7,1	39,8	10,8	70,8	14,4	134,8	6,8	39,4	12,5	73,3	16,9	114,5
	Mittel:	5,0	33,2	8,5	60,6	11,6	112,6	5,2	32,4	10,6	61,8	13,6	99,8
		e. Lagerung in reiner CO ₂ .						f. Lagerung in CO ₂ -reicher Luft von ca. 50° C.					
9—10	1	5,7	22,9	12,7	56,6	23,3	161,6	3,9	39,6	5,3	54,1	2,8	35,6
11—12	2	13,7	41,0	32,8	96,0	37,9	244,8	5,5	50,4	5,4	47,5	3,0	39,3
	Mittel:	9,7	32,0	22,8	76,3	30,6	203,2	4,7	45,0	5,4	50,8	2,9	37,5

B. Romancements.

		a. Luftlagerung bei ca. 15° C.						b. Wasserlagerung bei ca. 15° C.					
13—14	3	15,1	140,0	22,8	198,5	25,7	239,5	13,5	121,0	13,8	154,5	18,5	189,1
15—16	4	13,0	123,5	22,8	167,3	20,4	233,3	12,1	91,9	11,6	114,0	16,8	203,5
	Mittel:	14,1	131,8	22,8	182,9	23,1	236,4	12,8	106,5	12,7	134,3	17,7	196,3
		c. Lagerung in wasserfreier Luft.						d. Lagerung in CO ₂ -freier, feuchter Luft.					
17—18	3	16,5	113,8	24,7	158,3	33,7	270,3	19,1	135,9	20,7	196,1	27,7	269,6
19—20	4	14,6	119,5	17,4	152,1	37,9	243,0	14,0	112,0	14,4	147,1	26,6	228,5
	Mittel:	15,6	116,7	21,1	155,2	35,8	256,7	16,6	124,0	17,6	171,6	27,2	249,1
		e. Lagerung in reiner CO ₂ .						f. Lagerung in CO ₂ -reicher Luft von ca. 50° C.					
21—22	3	19,0	162,9	31,7	263,1	39,3	460,2	11,8	179,0	9,6	164,8	8,2	124,0
23—24	4	18,8	124,8	34,7	215,9	44,0	454,1	17,8	179,4	16,6	243,1	6,6	199,0
	Mittel:	18,9	143,9	33,2	239,5	41,7	457,2	14,8	179,2	13,1	204,0	7,4	161,5

Resultate der Festigkeitsproben.

Lauf. No.	No. des Binde- mittels auf S. 50	Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² , nach						Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² , nach					
		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

C. Schlackencemente.

		a. Luftlagerung bei ca. 15° C.						b. Wasserlagerung bei ca. 15° C.					
25—26	5	21,5	184,0	27,8	255,9	28,1	281,5	19,4	171,2	24,4	256,0	29,9	304,1
27—28	6	20,4	189,0	30,3	244,1	33,9	293,1	24,3	174,6	27,3	255,3	33,1	290,0
	Mittel:	21,0	186,5	29,1	250,0	31,0	287,3	31,9	172,9	25,9	255,7	31,5	297,1
		c. Lagerung in wasserfreier Luft.						d. Lagerung in CO ₂ -freier, feuchter Luft.					
29—30	5	13,4	147,6	15,4	175,2	21,5	254,9	20,8	162,3	22,2	254,5	29,9	322,9
31—32	6	20,7	165,5	20,9	202,2	31,4	237,0	19,5	163,1	26,3	237,6	27,3	304,0
	Mittel:	17,1	156,6	18,2	188,7	26,5	246,0	20,2	162,7	24,3	246,1	28,6	313,5
		e. Lagerung in reiner CO ₂ .						f. Lagerung in CO ₂ -reicher Luft von ca. 50° C.					
33—34	5	22,1	170,4	26,3	276,0	36,3	397,5	14,2	198,4	14,9	226,5	18,2	240,4
35—36	6	21,3	173,6	30,0	259,4	30,6	318,4	13,8	171,1	12,2	179,4	9,2	164,6
	Mittel:	21,7	172,0	28,2	267,7	33,5	358,0	14,0	184,8	13,6	202,9	13,7	202,5

D. Portlandcemente.

		a. Luftlagerung bei ca. 15° C.						b. Wasserlagerung bei ca. 15° C.					
37—38	7	20,7	152,6	27,8	216,2	25,8	232,6	17,6	144,0	21,2	189,0	26,5	252,1
39—40	8	20,8	164,1	26,3	215,0	28,9	226,6	18,5	137,6	24,3	169,0	30,1	203,8
41—42	9	21,2	184,6	28,6	247,0	25,3	234,5	20,9	176,3	26,3	243,6	30,7	326,4
43—44	10	25,1	236,4	35,0	299,3	37,6	321,0	23,0	250,8	28,4	291,4	32,2	347,5
	Mittel:	22,0	184,4	29,4	244,4	29,4	253,7	20,0	177,2	25,1	223,2	29,9	282,5
		c. Lagerung in wasserfreier Luft.						d. Lagerung in CO ₂ -freier, feuchter Luft.					
45—46	7	22,3	139,1	18,3	164,4	28,8	231,9	20,4	144,9	27,8	197,6	30,4	254,3
47—48	8	25,5	171,1	32,1	253,0	25,2	255,1	22,6	187,4	26,1	224,1	35,4	275,2
49—50	9	18,6	169,3	22,4	193,6	21,9	232,9	22,3	195,5	30,0	260,9	36,2	322,0
51—52	10	22,2	218,0	18,8	241,8	19,9	242,9	26,3	265,4	28,0	317,1	31,3	356,4
	Mittel:	22,2	174,4	22,9	213,2	24,0	240,7	22,9	198,3	28,0	249,9	33,3	302,0
		e. Lagerung in reiner CO ₂ .						f. Lagerung in CO ₂ -reicher Luft von ca. 50° C.					
53—54	7	27,7	181,9	42,1	346,0	45,2	434,2	20,6	200,3	14,8	212,0	15,7	212,1
55—56	8	24,5	217,3	36,1	339,5	42,1	405,3	10,6	147,6	7,2	145,5	11,2	162,6
57—58	9	29,7	214,5	38,9	368,6	50,4	448,5	30,3	219,8	20,7	258,9	16,1	216,5
59—60	10	31,5	316,4	36,0	448,2	43,3	509,7	15,2	198,3	10,4	226,4	6,9	195,0
	Mittel:	28,4	232,5	38,3	375,6	45,3	449,4	19,2	191,5	13,3	210,7	12,5	196,6

b. Einfluss der Jauche auf die Bindekraft hydraul. Bindemittel.

10 hydraulische Bindemittel wurden allgemein untersucht und normengemäss in 5 Altersklassen verarbeitet. Die Probekörper der Zug- und Druckfestigkeit wurden nach dem Ausschalen 28 Tage an der freien Luft unserer Cementwerkstätte belassen, hierauf in Jauche (flüssige Fäkalstoffe) eingelegt, die während der ersten 28 Tagen alle 8 Tage, später alle 14 Tage erneuert wurde.

Eigenschaften des Versuchsmaterials.

Zur Untersuchung der Einwirkungen der Jauche auf die Bindekraft hydraulischer Bindemittel wurden bis auf den Portlandcement Du-Pasquier-Grandchamp, welcher inzwischen ausgegangen war, die gleichen Bindemittel, wie zur Prüfung des Einflusses des Wassers und der Kohlensäure benützt, vergl. deren Eigenschaften auf Seite 50. In nachstehenden Zusammenstellungen ist unter No. 8^b neu aufgenommen ein

Portlandcement von Zurlinden & Cie. in Aarau

mit folgender chemischen Zusammensetzung:

SiO ₂ ;	Al ₂ O ₃ ;	Fe ₂ O ₃ ;	CaO;	MgO;	CaSO ₄ ;	CO ₂ ;	H ₂ O.
21,18 0/0	6,94 0/0	2,76 0/0	63,04 0/0	0,83 0/0	3,73 0/0	0,46 0/0	0,80 0/0

und folgenden physikalischen Eigenschaften:

Specif. Gewicht: 3,07; Volumengewicht, lose: 1,18 kg/l;
 eingerüttelt: 1,92 kg/l;

Glühverlust:	1,63;	Rückstand am 900-Sieb:	0,8 0/0
Erh.-Beginn:	— St. 5 Min.;	„ „ 4000- „	8,6 0/0
Bindezeit:	1 St. — Min.;	Sämtliche Volumenbeständigkeitsproben	
Lufttemperatur:	14,5 ⁰ C.	bestanden.	

Normenmörtel-Festigkeit:

	Zug:	Druck:
nach 7 Tagen:	20,4 kg/cm ² ;	183,8 kg/cm ²
„ 28 „	26,3 „	251,1 „

No. des Bindemittels auf Seite 50	Normenmörtelfestigkeit kg/cm ²				Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² nach 28-tägiger Lufterhärtung, Jauchelagerung											
	Wasserlagerung n. 28 Tagen		Luftlagerung n. 28 Tagen		nach 3 Tagen		nach 7 Tagen		nach 28 Tagen		nach 84 Tagen		nach 210 Tagen		nach 365 Tagen	
	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

A. Hydraulische Kalke.

1	8,6	40,8	8,4	46,3	5,8	36,4	7,3	34,8	8,9	52,4	13,6	75,0	20,3	103,0	22,5	111,5
2	9,9	52,9	9,1	70,8	8,6	58,0	11,7	60,8	14,2	83,8	20,6	107,4	31,4	148,5	29,9	170,5
Mittel:	9,3	46,9	8,8	58,6	7,2	47,2	9,5	47,8	11,6	68,1	17,1	91,2	25,9	125,8	26,2	141,0

B. Romancements.

3	13,8	154,5	22,8	198,5	16,4	150,1	18,2	153,0	24,6	187,4	27,7	254,6	33,4	307,5	35,8	383,8
4	11,6	114,0	22,8	167,3	13,3	126,3	15,3	131,8	17,3	150,5	26,8	227,1	33,0	328,8	34,9	396,8
Mittel:	12,7	134,3	22,8	182,9	14,9	138,2	16,8	142,4	21,0	169,0	27,3	240,9	33,2	318,2	35,4	390,3

C. Schlackencemente.

5	24,4	256,0	27,8	255,9	20,0	202,6	21,3	190,1	26,3	257,6	31,1	281,1	39,6	328,9	40,9	341,8
6	27,3	255,3	30,3	244,1	23,1	209,4	27,0	224,4	28,9	251,8	33,0	293,8	41,1	329,5	45,1	369,5
Mittel:	25,9	255,7	29,1	250,0	21,6	206,0	24,2	207,3	27,6	254,7	32,1	287,5	40,3	329,2	43,0	355,7

D. Portlandcemente.

7	21,2	189,0	27,8	216,2	19,6	190,3	24,0	202,8	26,6	233,9	31,8	232,1	35,1	299,4	37,4	361,3
8 ^b	26,3	251,1	—*)	—*)	20,0	209,4	25,0	233,4	31,7	251,1	37,9	312,8	41,5	342,0	40,1	393,4
9	26,3	243,6	28,6	247,0	23,2	223,9	25,9	274,0	32,7	271,5	37,4	338,9	43,1	379,6	44,4	438,1
10	28,4	291,4	35,0	299,3	21,9	222,5	22,9	209,4	31,6	268,0	33,4	331,5	43,0	407,3	44,8	419,9
Mittel:	25,6	243,8	30,5	254,2	21,2	211,5	24,5	229,9	30,7	256,1	35,1	303,8	40,7	357,1	41,7	403,2

*) Nicht ausgeführt.

c. Einfluss des Petrols auf die Bindekraft hydraul. Bindemittel.

α. Eigenschaften des Versuchsmaterials.

Lauf. No.	Bezeichnung und Herkunft des Materials	Spec. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewichte kg/l		Mahlungsfeinheit in %		Abbinde-Verhältnisse			Normenfestigkeit kg/cm ² nach 28 Tagen	
				lose δ ₁	eingetrübelt δ ₃	Rückstand am 900 S. 4900S.	Temperatur ° C.	Beginn St. M.	Ende St. M.	Zug	Druck	
a. Hydraulische Kalke.												
1	C. Hürlimann, Brunnen	2,84	8,15	0,88	1,46	9,8	—	17,2	3 10	12 —	9,5	71,9
2	Sevestre, Beckenried	2,70	17,20	0,82	1,30	15,2	—	16,0	— 24	55 —	6,8	48,6
b. Schlackencemente.												
3	v. Roll, Choindez	2,66	8,26	0,94	1,58	Spur	11,0	16,5	1 —	13 —	28,7	296,0
c. Portlandcemente.												
4	Gebr. Leuba, Noiraigue	3,07	3,36	1,39	2,14	11,0	41,5	15,0	8 30	20 —	19,3	171,0
5	Portl.-C.-Fabrik, Laufen	3,07	3,31	1,20	1,99	1,6	20,3	16,0	6 30	22 —	21,2	235,1
6	Stuttg.-P.-C.-Fb., Blaub.	3,13	1,99	1,32	2,11	1,8	20,0	22,5	4 —	13 —	29,3	292,9

β. Resultate der Prüfung der Kohäsionsverhältnisse

des Normenmörtels bei Petrollagerung nach 28-tägiger Lufterhärtung.

Lauf. No.	Bezeichnung und Herkunft des Materials	Art der Inanspruchnahme	Dauer der Petrollagerung					
			3 Tage	7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	365 Tage
a. Hydraulische Kalke.								
1	C. Hürlimann, Brunnen	Zug, kg/cm ²	13,8	16,7	14,6	15,0	17,9	12,9
		Druck, „	78,4	78,0	87,6	97,9	114,3	113,0
2	Sevestre, Beckenried	Zug, kg/cm ²	8,1	7,8	9,1	11,8	12,6	10,8
		Druck, „	54,8	57,3	63,0	71,3	76,1	90,8
b. Schlackencemente.								
3	v. Roll, Choindez	Zug, kg/cm ²	26,4	26,6	25,4	28,9	35,4	34,3
		Druck, „	298,5	311,4	337,1	391,5	391,1	400,0
c. Portlandcemente.								
4	Gebr. Leuba, Noiraigue	Zug, kg/cm ²	16,5	16,3	16,2	14,7	13,8	10,3
		Druck, „	137,0	146,1	154,3	139,4	136,0	147,8
5	P.-C.-Fabrik, Laufen	Zug, kg/cm ²	20,4	21,3	17,6	—	—	—
		Druck, „	195,9	193,6	211,1	166,5	199,1	148,1
6	Stuttg. P.-C.-Fb., Blaubeuern.	Zug, kg/cm ²	26,7	26,1	26,1	25,9	31,7	28,6
		Druck, „	238,8	241,0	254,4	277,1	282,3	270,4

d. Einfluss des Glycerins auf die Bindekraft des Portlandcements.

Die der Untersuchung des Einflusses des Glycerins auf die Kraftentfaltung unterworfenen Bindemittel wurden normengemäss in 8 Altersklassen verarbeitet. Es geschah dies sowohl mit Glycerin-freiem, als mit 10, 20, 30 und 40 0/0-igem Glycerin-Wasser. Die Probekörper erfuhren hierbei eines Teils eine ausschliessliche Luftlagerung, anderen Teils eine normengemässe Wasserlagerung. Selbstredend waren die glycerin-haltigen Probekörper in gesonderte Wasserbäder gelagert, deren Wasser übrigens normengemäss, d. h. alle 8 Tage erneuert worden ist.

α. Eigenschaften des Versuchsmaterials.

Spec. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewichte kg/l		Mahlungsfeinheit in 0/0		Abbindeverhältnisse			Normenfestigkeit (Wasserlagerung) kg/cm ²			
		lose δ ₁	eingerrüttelt δ ₃	Rückstand am 900 S. 4900 S.		Temperatur ° C.	Beginn St. M.	Ende St. M.	Zug nach		Druck nach	
									7 Tg.	28 Tg.	7 Tg.	28 Tg.
Portlandcement „A“.												
3,12	2,99	1,20	1,85	0,5	24,5	17,0	4	— 20 —	20,2	24,5	164,9	266,9
Portlandcement „B“.												
3,07	3,10	1,17	1,80	0,2	20,6	16,5	— 25	3 —	20,0	25,6	193,6	261,0
Portlandcement „C“.												
3,02	4,12	0,93	1,88	3,4	21,9	16,0	3	— 12 —	13,3	23,9	131,1	177,1

β. Resultate der Festigkeitsproben.

Glyceringehalt des Anmachwassers 0/0	Lufterhärtung, kg/cm ²						Wassererhärtung, kg/cm ²					
	n. 7 Tagen		n. 28 Tagen		n. 84 Tagen		n. 7 Tagen		n. 28 Tagen		n. 84 Tagen	
	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Portlandcement „A“.												
0	21,6	198,5	30,1	261,4	25,3	278,3	20,2	164,9	24,5	266,9	30,6	293,6
10	7,2	54,1	14,4	106,0	16,8	140,1	4,2	40,8	11,4	86,1	28,8	304,6
20	13,3	66,4	13,9	128,9	14,3	185,4	6,2	49,1	9,4	90,1	23,4	221,4
30	12,6	95,6	15,2	172,1	17,5	207,3	10,3	73,3	13,5	104,5	22,6	203,9
40	14,3	104,9	12,0	176,3	14,8	247,9	10,5	77,1	10,4	103,5	21,3	165,6

Glyceringehalt des Anmach- wassers %	Lufterhärtung, kg/cm ²						Wassererhärtung, kg/cm ²					
	n. 7 Tagen		n. 28 Tagen		n. 84 Tagen		n. 7 Tagen		n. 28 Tagen		n. 84 Tagen	
	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Portlandcement „B“.												
0	21,5	197,9	30,7	285,4	31,7	316,3	20,0	193,6	25,6	261,0	26,1	316,1
10	11,8	67,8	16,4	118,9	20,7	143,0	6,3	53,4	16,9	115,4	28,1	302,3
20	13,9	96,5	15,9	162,4	16,6	214,8	9,2	73,5	13,9	118,6	24,4	233,1
30	10,6	98,0	14,0	158,8	15,0	226,4	9,0	67,5	13,1	107,5	22,3	198,4
40	15,3	94,9	13,9	171,3	15,7	232,4	10,4	67,0	12,6	91,6	22,2	172,8
Portlandcement „C“.												
0	17,1	142,3	21,8	200,8	24,5	261,0	13,3	131,1	23,9	177,1	24,5	256,4
10	8,5	56,4	13,3	82,4	15,4	127,3	5,4	42,6	12,6	94,0	25,8	314,4
20	9,3	64,9	15,3	118,9	17,3	175,3	6,9	54,0	7,6	77,6	21,8	256,9
30	11,9	84,7	14,7	147,2	17,6	216,8	6,6	66,7	10,0	90,0	25,2	175,2
40 ^{*)}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

9. Untersuchung der Bindekraft Magnesia-reicher Cemente.

a. Unterhalb der Sintergrenze gebr. Magnesiacemente.

Fabrikate dieser Art kommen in der Schweiz unter der Bezeichnung »hydraulische Kalke« aus der »Fabrique de ciment« der Herren *P. Gygi & Gerster* in Bärschwyl in den Handel. Gepflogene Erhebungen ergaben, dass gegen die Produkte der Fabrik Klagen bezüglich Unzukömmlichkeiten aus Gründen nachträglicher Volumenänderung nicht vorliegen, obschon die Fabrik seit 1876 arbeitet und gegenwärtig eine Jahresproduktion von über 1000 Waggon à 10 t besitzt.

Chemische Zusammensetzung des Materials.

Eingang: SiO₂; Al₂O₃; Fe₂O₃; CaO; MgO; CaCO₃; CaSO₄; H₂O+Bit.
5. V. 86. 27,16^{0/0}; 13,77^{0/0}; 2,83^{0/0}; 20,68^{0/0}; 19,67^{0/0}; 12,68^{0/0}; 0,94^{0/0}; 1,72^{0/0}.

Aus vorstehender Analyse geht hervor, dass wir es hier nicht mit einem gewöhnlichen hydraul. Kalke zu thun haben, welcher fabrikmässig trocken gelöscht, daher stets einen erheblichen Wassergehalt besitzen muss; vergl. die Analysen hydraul. Kalke auf Seite 141 u. f. des VI. Heftes unserer Mitteilungen.

^{*)} Nicht ausgeführt.

Lauf. No.	Datum der Sendung		Gewichtsverhältnisse			Mahlungsfeinheit Rückstand a. 900-Sieb in 0/0	Abbindeverhältnisse				Normenfestigkeit, 1 : 3, kg/cm ²			
			Spec. Gewicht	Volumengewichte kg/l			Temperatur °C.	Was-sermenge 0/0	Be-ginn St. M.	Ende St. M.	Zug nach		Druck nach	
				lose	eingerrüttelt						7 Tg.	28 Tg.	7 Tg.	28 Tg.
	Jahr	Monat	γ	δ ₁	δ ₃	0 C.	0/0	St. M.	St. M.	7 Tg.	28 Tg.	7 Tg.	28 Tg.	
1	1886	Mai	2,96	0,97	1,61	18,5	14,4	34,0	- 15	22	- *)	5,9	- *)	c. 30,0
2	1887	Febr.	2,83	0,89	1,46	18,0	15,5	42,5	- 10	72	- 1,9	6,9	- *)	c. 30,0
3	1889	Mai	2,80	0,81	1,44	12,0	19,5	33,0	- 16	78	- *)	8,3	11,5	41,1
4	1892	Nov.	2,67	0,63	1,05	0,6	17,0	55,5	- 45	108	- 2,1	7,8	17,8	44,1

Die Sendungen 1 und 2 wurden zur Ermittlung der Kraftentfaltung des Materials in spätern Erhärtungsphasen in 7 Altersklassen verarbeitet, geprüft und enthalten folgende Zusammenstellungen die gewonnenen Resultate.

Zugfestigkeit, kg/cm ² , nach							Druckfestigkeit, kg/cm ² , nach						
7 Tag.	28 Tag.	84 Tag.	210 Tag.	1 Jahr.	2 Jahr.	3 Jahr.	7 Tag.	28 Tag.	84 Tag.	210 Tag.	1 Jahr.	2 Jahr.	3 Jahr.

Magnesiacement von Bärschwyl. Sendung vom Mai 1886.

Selbstfestigkeit, 1 : 0, Wasserlagerung.

4,9 | 10,3 | 24,3 | 29,6 | 29,0 | — †) | — †) || c. 30,0 | 64,8 | 155,3 | 220,1 | 256,1 | — †) | — †)

Sandfestigkeit, 1 : 3, Wasserlagerung.

— | 5,9 | 15,2 | 23,4 | 26,7 | — †) | — †) || — | c. 30,0 | 62,4 | 90,3 | 99,5 | — †) | — †)

Magnesiacement von Bärschwyl. Sendung vom Mai 1889.

Selbstfestigkeit, 1 : 0, Wasserlagerung.

3,1 | 12,6 | 19,8 | 23,1 | 30,9 | 32,4 | 28,0 || 10,3 | 61,6 | 176,4 | 231,0 | 255,3 | 287,1 | 295,0

ausschliessliche Luftlagerung.

5,3 | 16,3 | 24,0 | 33,4 | 40,4 | 38,9 | 37,7 || 13,4 | 71,1 | 153,0 | 164,8 | 193,8 | 225,9 | 250,3

Sandfestigkeit, 1 : 3, Wasserlagerung.

— *) | 8,3 | 13,2 | 15,6 | 19,6 | 23,3 | 24,2 || 11,5 | 41,1 | 97,9 | 124,6 | 148,6 | 150,0 | 166,6

Desgleichen nach 14-tägiger Luftlagerung.

— †) | 9,1 | 13,8 | 15,8 | 17,7 | 19,4 | 20,8 || — †) | 52,1 | 103,9 | 125,6 | 128,9 | 157,9 | 177,0

Desgleichen nach 28-tägiger Luftlagerung.

— †) | — †) | 12,2 | 13,9 | 16,8 | 19,4 | 20,1 || — †) | — †) | 91,0 | 120,0 | 126,5 | 146,3 | 177,4

ausschliessliche Luftlagerung.

3,7 | 13,6 | 15,5 | 16,2 | 17,6 | 20,9 | 17,0 || 19,9 | 62,6 | 95,8 | 124,0 | 132,7 | 154,7 | 156,3

*) Probekörper beim Einspannen gebrochen. †) Nicht ausgeführt.

b. An der Sintergrenze gebrannte Magnesiacemente.

(Magnesia-schüssige Portlandcemente.)

Im Jahre 1886 beantragte Hr. Dr. *Roth*, Bergingenieur in Wetzlar, die Untersuchung der Bindekraft zweier zu diesem Zwecke eigens hergestellter, Magnesia-führender Portlandcemente. Dieselben sind am 4. Dez. 1886 in der schweiz. Materialprüfungs-Anstalt eingelaufen, wurden analysiert, allgemein untersucht und zu Probekörpern der normengemässen Sandfestigkeit, Luft- und Wasserlagerung bis auf 10-jährige Erhärtungsdauer verarbeitet. Die beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben haben diese Cemente tadellos bestanden; Messungen der Ausdehnungen sind nicht ausgeführt worden. Folgende Zusammenstellungen enthalten die gewonnenen Resultate:

Chemische Zusammensetzung.

SiO₂; Al₂O₃; Fe₂O₃; CaO; MgO; CaSO₄; CO₂+H₂O+Bit. Summa.
 Marke A:
 17,06⁰/₀; 5,28⁰/₀; 3,07⁰/₀; 48,45⁰/₀; 17,28⁰/₀; 1,85⁰/₀; 6,36⁰/₀; 99,35⁰/₀.
 Marke B:
 19,92 „ ; 7,01 „ ; 2,73 „ ; 54,29 „ ; 8,35 „ ; 2,43 „ ; 4,57 „ ; 99,30 „

Farbe und Struktur beider Cemente ist grau, normal. Die kuchenförmigen Volumenbeständigkeitsproben, Luft- und Wasserlagerung sind nach 7-jähriger Beobachtungsdauer in tadellosem Zustande ausrangiert worden; vergl. das VI. Heft unserer Mitteilungen, Seite 206, No. 23 und 24.

Bezeichnung der Marke	Spec. Gewicht γ	Glühverlust $\%$	Volumengewichte kg/l		Mahlungsfeinheit in $\%$		Abbindeverhältnisse				Normenfestigkeit 1:3, kg/cm ² Wasserlag. n. 28 Tagen	
			lose δ_1	eingerrüttelt δ_2	Rückstand am		Temperatur $^{\circ}$ C.	Wassermenge $\%$	Beginn St. M.	Ende St. M.	Zug	Druck
					900 S.	4900 S.						
A	3,05	6,89	1,15	1,73	1,0	18,3	14,0	32,5	2 —	30 —	24,9	191,3
B	3,03	6,27	1,02	1,59	0,2	5,8	12,0	33,5	3 15	30 —	34,4	284,9

Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels bei ausschliesslicher Luftlagerung.

Bezeichnung der Marke	Festigkeitsart	Menge des Anmachwassers in $\%$	Festigkeitswerte, kg/cm ² , nach								
			28 Tag.	1 Jahr	2 Jahr.	3 Jahr.	4 Jahr.	5 Jahr.	6 Jahr.	8 Jahr.	10 Jahr.
			A	Zug	10,5	20,1	45,6	39,0	39,1	43,7	38,8
	Druck	„	118,9	231,6	293,8	406,2	393,8	379,0	455,6	421,0	413,8
B	Zug	10,0	33,5	57,9	57,3	60,5	68,0	60,3	60,4	64,8	63,5
	Druck	„	207,6	363,8	—*)	—*)	372,8	—*)	581,6	—*)	614,7

*) In Ermanglung ausreichenden Materials nicht ausgeführt.

Im Dezember 1893 beantragte die Bauunternehmung der Herren Gebrüder *H. u. G. Chaudet* in Clarens die normen-gemässe Untersuchung eines Portlandcementes und teilen uns in ihrem Antragschreiben folgendes mit:

»Wir lenken Ihre Aufmerksamkeit ganz besonders darauf, dass dieser Cement, den wir seit 2¹/₂ Jahren verwenden, uns grosse Ungelegenheiten bereitet hat; er dehnt sich aus und zerstört die angrenzenden Teile der Konstruktionen. Bei einem, an ein Haus anstossenden Trottoir offenbarte sich die Expansion nach der Seite des Trottoirrandes und schob die Randsteine aus ihrer Richtung und Lage. Während der Ausdehnung spaltet der Cement in der Längsrichtung. Ein Jahr nach Erstellung schob der Cement, welcher zwischen mit Granitplatten bekrönten, freistehenden Mauern verwendet wurde, die Platten und obere Mauerteile nach aussen Wir kennen einen Fall, wo dieser Cement nach 3 Jahren die Brüstungen eines Balkons vollständig aus der Lage gebracht hat« u. s. w.

Die Analyse ergab folgende Zusammensetzung des eingelieferten Cementmusters:

SiO₂; Al₂O₃; Fe₂O₃; CaO; MgO; CaCO₃; CaSO₄; H₂O.
20,49%; 5,15%; 2,74%; 43,78%; 20,90%; 3,77%; 1,78%; 1,95%.

Spec. Gewicht: 3,10; Volumengew. lose: 1,23 kg; eingerüttelt: 1,92 kg/l.

Glühverlust: 3,61%; Erhärtungsbeginn: 6 St.; Wassermenge: 25%.

Bindezeit: 20 St.; Temperatur: 10,0° C.

Rückstand am 900-Sieb: 6,8%; am 4900-Sieb: 29,4%.

Das Material hat die Kochprobe bestanden; in der Dampfdarrprobe: schwach geworfen, dumpfer Klang, leicht zerbrechlich. Normenproben, Luft- und Wasserlagerung: bestanden.

Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels; Wasserlagerung:

nach:	7 Tagen;	28 Tagen.
Zug:	7,2 kg/cm ² ;	9,5 kg/cm ² .
Druck:	50,6 „	76,5 „

Die Provenienz dieses Materials haben die Herren Gebr. Chaudet nicht angegeben.

Die Wirkung der totgebrannten Magnesia im Portlandcemente ist jener des totgebrannten, freien Kalkes ähnlich. Ein Unterschied zwischen beiden besteht bloss darin, dass der Kalk gegen die Einwirkungen des Wassers einen geringern Wider-

stand als die totgebrannte Magnesia zu leisten vermag. Während der Kalk bei reichlicher Wasserzufuhr in den ersten Phasen des Erhärtungsprocesses sich hydratisiert, sein Löschprodukt die Porenhohlräume des Mörtels füllt, den Mörtel selbst dichtet, und schädliche Wirkungen lediglich bloß dann erzeugen wird, wenn die Menge der Löschprodukte übermäßig gross ausfällt, liegen bei der Magnesia die Verhältnisse insofern verschieden, als unter gleichen Umständen der Löschprocess derselben in eine vorgerücktere Phase des Versteinerungsprocesses fällt, in welchem schon relativ geringe Mengen totgebrannter Magnesia schädliche Wirkungen zu erzeugen im Stande sind. Dass bei ausschliesslicher Luftlagerung der *nachlöschfähige* Kalk des Portlandcementes der Wirkung der Magnesia ähnliche Zerstörungen des Gefüges der versteinerten Cementmasse erzeugen kann, wurde bei Anlass der Behandlung des Lufttreibens der Portlandcemente nachgewiesen, vergl. das IV. Heft unserer Mitteilungen, S. 231.

Gegenwärtig wird für die obere, noch zulässige Grenze für die Magnesia im Portlandcement 5% angesehen. Entgegen dieser Annahme sind wir der Ansicht, dass sich eine streng einzuhaltende Grenze für den zulässigen Magnesiagehalt des Portlandcementes schon deshalb nicht wohl angeben lassen wird, weil das Verhalten der Magnesia von deren Zustandsform, von der Brandstärke des Cementes sowie von der Verteilung derselben in der Masse abhängig ist, daher verschiedenartig wirken kann. Das Quellungsvermögen der Magnesia im Portlandcemente kennen zu lernen, haben wir 2 uns kürzlich zugegangene, Magnesia-schüssige Cemente gleichzeitig mit 2, angenähert Magnesia-reinen Portlandcementen und 2 Schlackencementen normengemäss bis auf mehrere Jahre der Versteinerung unter Wasser verarbeiten und gleichzeitig kongruente, prismatische Rein- und Normenmörtelproben anfertigen lassen, die mit *Bauschingers* Tasterapparat die Änderung der ursprünglichen Längensmasse (ca. 10 cm) zu erheben gestatteten. Sämtliche Probekörper dieser Versuchsreihe wurden in einheitlichen Modellen erzeugt, 24 Stunden in feuchtem Schranke belassen, ausgeschalt, gemessen und in Wasserbäder von ca. 15° C. eingelegt. Nach 1, 6, 27, 55 und 83 Tagen Wasserlagerung wurden die Längensmessungen wiederholt und die erhobenen Differenzen in nachstehenden Tabellen zusammengestellt.

α. Chemische Zusammensetzung des Versuchsmaterials.

Cement-Marke	SiO ₂ 0/0	Al ₂ O ₃ 0/0	Fe ₂ O ₃ 0/0	CaO 0/0	MgO 0/0	CaCO ₃ 0/0	CaSO ₄ 0/0	H ₂ O 0/0	Diff. 0/0
1. Portlandcemente.									
A	25,60	10,07	4,23	46,19	5,31	3,56	3,40	0,20	1,44
B	20,76	6,22	4,76	57,33	7,06	1,41	1,34	0,68	0,44
C	20,40	7,60	3,16	62,45	1,77	1,06	2,67	0,54	0,35
D	21,49	6,22	3,94	62,86	1,38	0,77	2,69	0,65	0,00
2. Schlackencemente.									
A	18,27	14,80	2,02*)	50,69	0,60	3,34	0,55	7,18	3,55**)
B	24,71	12,64	1,97*)	40,47	1,99	7,53	2,47	5,17	3,05†)

β. Physikalische Eigenschaften des Versuchsmaterials.

Sämtliche Cementmarken

haben die beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben tadellos bestanden.

Cement-Marke	Spec. Gewicht γ	Glühverlust 0/0	Volumengewichte kg/l		Abbindeverhältnisse			Mahlungsfeinheit in 0/0 Rückstand am		Normenfestigkeit kg/cm ² nach 28 Tagen	
			lose δ ₁	eingerrüttelt δ ₃	Temperatur ° C.	Be-ginn St. M.	Ende St. M.	900 S.	4900 S.	Zug	Druck
1. Portlandcemente.											
A	3,07	1,22	1,28	1,93	15,7	5 15	28 —	3,6	31,0	15,2	143,6
B	3,18	1,46	1,28	1,98	15,3	6 30	20 —	1,8	14,5	24,5	248,4
C	3,13	0,80	1,25	1,95	15,8	7 —	16 —	Spur	24,3	27,7	271,8
D	3,14	0,88	1,16	1,90	15,0	7 —	24 —	1,0	11,0	31,4	393,5
2. Schlackencemente.											
A	2,69	9,26	0,89	1,67	15,0	3 —	24 —	Spur	8,0	23,2	184,4
B	2,63	7,82	0,77	1,35	15,8	4 30	16 —	2,2	12,8	27,4	256,1

*) FeO.

***) MnO = 0,09 0/0; CaS = 1,06 0/0; Diff. = 1,42 0/0.

†) " = 0,27 " " = 1,35 " " = 1,42 "

γ. Resultate der Messung der Längenänderungen.

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerte aus 3 Messungen.

Cement- Marke	Misch- ungs- ver- hältnis in Gew.-T.	Querschnitts- abmessungen in cm		Mittlere Prismen- länge nach 24 St. Luftlg.	Änderungen der urspr. Prismenlänge in mm nach einer Wasserlagerung von				
		Breite	Dicke		1 Tag	6 Tagen	27 Tagen	55 Tagen	83 Tagen
1. Portlandcemente.									
A	1 : 0	ca. 2,3	ca. 2,3	103,177	+ 0,002	+ 0,005	+ 0,017	+ 0,032	+ 0,037
B	"	"	"	102,998	+ 0,007	+ 0,025	+ 0,053	+ 0,072	+ 0,073
C	"	"	"	101,895	+ 0,043	+ 0,082	+ 0,108	+ 0,123	+ 0,133
D	"	"	"	101,235	+ 0,027	+ 0,038	+ 0,082	+ 0,093	+ 0,105
A	1 : 3	ca. 2,3	ca. 2,3	102,472	+ 0,003	+ 0,003	- 0,002	+ 0,003	- 0,002
B	"	"	"	102,215	- 0,032	- 0,042	- 0,045	- 0,032	- 0,033
C	"	"	"	101,565	+ 0,015	+ 0,027	+ 0,030	+ 0,027	+ 0,025
D	"	"	"	101,382	+ 0,020	+ 0,018	+ 0,027	+ 0,023	+ 0,027
2. Schlackencemente.									
A	1 : 0	ca. 2,3	ca. 2,3	101,362	- 0,062	- 0,080	- 0,075	- 0,072	- 0,072
B	"	"	"	101,855	+ 0,005	- 0,003	+ 0,010	+ 0,015	+ 0,013
A	1 : 3	ca. 2,3	ca. 2,3	101,388	+ 0,013	- 0,005	- 0,013	- 0,012	- 0,013
B*)	"	"	"	101,210	+ 0,003	+ 0,005	- 0,005	- 0,002	- 0,002

Aus vorstehenden Zahlenreihen geht hervor, dass die beiden vorliegenden Magnesia-schüssigen Portlandcemente A und B gegenüber den Magnesia-reinen Marken hinsichtlich der Längen- und damit der Volumenänderungen durch Wasseraufnahme keine wesentliche Verschiedenheit zeigen und absolut eher im Vor- als Nachteile sich befinden. In der Hochdruckprobe bei 10 und 6 Atmosphären Überdruck, welche Herr Dr. L. Erdmenger auszuführen die Güte hatte, haben sich diese Cemente, ähnlich vielen andern, Magnesia-reinen Handelsmarken verhalten. Sie haben den Überdruck von 10 Atmosphären nicht ertragen, auch bei 6 Atmosphären Tribschäden gezeigt und zwar war Marke B empfindlicher als Marke A.

*) Bei B, Schlackencement, Mittelwerte aus 2 Beobachtungen.

10. Resultate der Untersuchung der Anmachlauge im „Metallic-Pflaster“ auf die Bindekraft einiger Cemente.

Anlässlich eines Besuches des Schwechater Hüttenwerks der österr. alpinen Montangesellschaft hatten wir im Jahre 1888 Gelegenheit, das Metallic-Pflaster in der Ausführung zu sehen. Eine der Hauptzufahrtstrassen vor dem Bureaugebäude sowie der Boden im Kesselhause des Hochofenwerkes waren in solchem Pflaster erstellt. Ein grösseres Versuchsfeld lag vor der Haupt-façade des neuen Wiener Rathauses. Das letztere hatte ein weniger befriedigendes Äussere; es zeigte verschiedene Ausbesserungen, mangelhafte Bahnanschlüsse und abgelaufene Stellen der Oberfläche. Dagegen waren die Schwechater Ausführungen in sehr gutem Zustande und der Boden im Kesselhause von hervorragender Härte.

Ähnlich jedem Cementboden besteht das Metallic-Pflaster aus einer Bétonunterbettung und einem gleichzeitig aufgetragenen Überzuge, bei welchem der Füllstoff gebrochene, glasige, wetterfeste Stückschlacken bildet. Speciell der Überzug soll aus einem Gemenge von 1 Vol. Portlandcement auf 3 Vol. Schlackenschotter bestehen; der Schlackenschotter besteht für sich zur Hälfte aus feinem, staubreinem Schlackensand (nicht granuliert), zur andern Hälfte aus Schlackenstücken von 1 bis 3 cm³ Grösse. Als Anmachflüssigkeit dient eine Lösung von 60 gr Soda, 30 gr kohlen-saures Ammon pro Liter Wasser. Die Menge der Anmachlauge wird derart gewählt, dass die ganze, sorgfältig durchgearbeitete Masse, eine breiartige Beschaffenheit erhält und das Wasser während des leichten Komprimierens und Verreibens der Oberfläche gebunden wird und nach Fertigstellung des Überzuges kein Wasser auf der Oberfläche stehen bleibt.

Den Einfluss der vorstehend angegebenen Anmachlauge auf die Bindekraft einiger Cemente kennen zu lernen, wurden folgende Versuche ausgeführt: 4 tadellose Portlandcemente und 1 Schlackencement sind zunächst normengemäss untersucht, sodann mit gewöhnlichem Anmachwasser und unter Anwendung der Lauge zu Probekörpern der Sandfestigkeit (1 : 3) verarbeitet und nach 24-stündiger feuchter Luftlagerung teils in gewöhnliches Wasser und in die Lauge versenkt, teils an der freien Luft unseres Laboratoriums belassen worden. Folgende Zusammenstellungen enthalten die gewonnenen Resultate:

a. Resultate der allgemeinen Untersuchungen.

Lauf. No.	Bezeichnung des Materials	Spec. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewichte kg/l		Mahlungsfeinheit in %		Abbindeverhältnisse					
				lose δ ₁	eingerrüttelt δ ₃	Rückstand am		Temperatur °C.	Wassermenge %	Beginn		Ende	
						900 S.	4900 S.			St.	M.	St.	M.
Portlandcemente.													
1	P.-C. von Laufen	3,09	1,95	1,16	1,77	4,3	28,2	17,0	29,0	6	—	12	—
2	" " Mannheim	3,12	1,04	1,24	1,95	3,6	28,6	15,5	26,0	2	—	7	—
3	" " R. Vigier	3,13	1,40	1,07	1,69	Spur	3,3	16,7	25,0	—	35	1	15
4	" " R. Wagner	3,11	1,47	1,27	2,00	Spur	9,2	15,0	24,0	—	35	6	—
Schlackencemente.													
5	von Roll, Choindez	2,65	9,10	0,98	1,60	0,2	19,7	17,5	32,5	1	15	17	—

b. Resultate der Festigkeitsproben.

Lauf. No.	Bezeichnung des Materials	Bezeichnung der Anmachflüssigkeit	Lagerungsart der Probekörper	Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels 1 : 3, kg/cm ²					
				Zug nach			Druck nach		
				7 Tg.	28 Tg.	84 Tg.	7 Tg.	28 Tg.	84 Tg.
Portlandcemente.									
1	P.-C. v. Laufen (Bern)	gew. Wasser	in Wasser	15,1	22,1	—	128,8	192,1	—
		Patentlauge	" Patentlauge	15,6	18,9	—	102,0	144,4	—
2	P.-C. v. Mannheim	gew. Wasser	in Wasser	17,6	21,2	26,5	144,0	189,0	252,1
		Patentlauge	" Patentlauge	14,6	22,9	26,8	94,9	131,5	145,9
3	P.-C. v. Rob. Vigier, Luterbach	gew. Wasser	Luftlagerung	20,7	27,8	25,8	152,6	216,2	232,6
		Patentlauge	"	11,7	20,3	22,3	88,1	140,3	173,9
		gew. Wasser	in Wasser	19,5	27,7	40,1	216,4	301,5	439,2
		Patentlauge	" Patentlauge	26,9	34,8	42,8	213,5	266,8	335,1
4	P.-C. v. R. Wagner, Stans	gew. Wasser	Luftlagerung	26,0	36,7	38,9	241,6	333,3	380,6
		Patentlauge	"	24,2	43,3	44,6	201,8	272,8	329,3
		gew. Wasser	in Wasser	20,9	26,3	30,7	176,3	243,6	326,4
		Patentlauge	" Patentlauge	14,2	20,6	21,9	121,6	157,1	206,0
		gew. Wasser	Luftlagerung	21,2	28,6	25,3	184,6	247,0	234,5
		Patentlauge	"	15,0	25,4	29,0	118,1	162,9	225,5
Schlackencemente.									
5	von Roll, Choindez	gew. Wasser	in Wasser	14,1	24,7	—	99,8	209,9	—
		Patentlauge	" Patentlauge	14,7	17,7	—	82,2	107,6	—

Aus vorstehenden Versuchen geht hervor, dass die »Metallic-Patentlauge« zur Steigerung der Bindekraft der Portland- und Schlackencemente nicht wohl beitragen kann und soferne mit dem sog. Metallic-Pflaster besonders gute Erfahrungen gemacht wurden, der Grund in der Anwendung des muschlig, scharf brechenden, staubfreien Schlackenschotters zu suchen sei.

11. Experimentelle Untersuchung der Wirkung einiger Zumischmittel auf die Bindekraft hydraul. Bindemittel.

a. Allgemeines.

Zuschläge fremder Körper zu fertigen Bindemitteln können aus verschiedenen Ursachen veranlasst sein. Als solche sind anzuführen:

Die Regulierung der Farbe und der Abbindeverhältnisse; Steigerung der Zuverlässigkeit und Abminderung der Tendenz zur Schwindrissigkeit; Erhöhung der Bindekraft und des Widerstandes gegen schädliche Einflüsse des Meereswassers, der niedrigen Temperaturen, Reduktion der Gesteungskosten u. d. m.

Die Anfänge unserer experimentellen Untersuchungen der Wirkung der Zumischmittel auf die Bindekraft hydraul. Bindemittel reichen in das Jahr 1883 zurück; sie waren durch den schlechten Ausfall der Untersuchung eines, aus thonreichen Kalkmergeln erbrannten hydraul. Kalkes veranlasst, welche die Kalk- und Cementfabrik, vormals *Goos & Klein* in Reckingen a./Rh. Ende Mai in der schweiz. Materialprüfungs-Anstalt beantragt hatte.

Mit Schreiben vom 18. November 1883 beantragte sodann Herr Dr. *Finkener*, Prof. der kg. preuss. Bergakademie und Vorsteher der chemisch-technischen Versuchsstation in Berlin, die Prüfung der Wirkung eines, als No. 2 bezeichneten Zumischpulvers auf die Bindekraft eines beliebig zu wählenden anerkannt guten Portlandcementes. Ein ähnlicher Antrag erfolgte am 25. Januar bzw. am 12. Februar 1884 durch Herrn Dr.

W. Michaëlis, Cement-Techniker in Berlin, welcher in die schweiz. Materialprüfungs-Anstalt:

- ca. 100 kg staubfeinen Portlandcement von Vorwohle,
- » 12 » Zumischpulver, sign. Schl. II.
- » 12 » » sign. AB₄.
- » 7 » » sign. AB₅.

ingesandt hatte, mit dem Ansuchen sowohl den Portlandcement Vorwohle, als auch einen zweiten, beliebigen Portlandcement ungemischt und mit vorstehend angeführten Zuschlägen versetzt, auf Bindekraft zu prüfen. Im Interesse der Abklärung der Wirkung der Zumischmittel auf die Bindekraft hydraul. Bindemittel wurden sodann aus eigener Initiative die verschiedenartigsten Stoffe und Cemente in den Rahmen der Untersuchung gezogen, deren Ergebnisse in nachstehenden Mitteilungen zusammengestellt erscheinen.

b. Resultate der Untersuchung der Wirkung einiger Zumischmittel auf die Bindekraft hydraul. Bindemittel.

a. Gemenge aus Gyps und pulverförmigem Kalkhydrat.

Versuchsmaterial: Kalk und Cement, von *Goos & Klein* in Reckingen; Original-Ware.

Spec. Gewicht 2,93; Volumengewicht, lose: 0,84 kg; eingerüttelt: 1,18 kg; Bindezeit: — St. 22 M; Mahlungsfinheit: 6% Rückstand am 900-Sieb.

Normenfestigkeit, Wasserlagerung (1 : 3), kg/cm²:

nach:	7 Tagen;	28 Tagen;	84 Tagen;	210 Tagen.
Zug:	3,6	5,7	11,6	—
Druck:	16,5	33,0	35,0	44,8

Der Firma ist geraten worden, der Vorratsware neben ca. 2% Gyps, ca. 15 bis 25% pulverförmigen Kalkhydrat zuzusetzen. 4 Mischungen dieser Arten ergaben folgende Bindekraft:

Zugfestigkeit des Normenmörtels 1 : 3, Wasserlagerung, kg/cm²:

nach	7 Tagen:	Probe No. 1.	No. 2.	No. 3.	No. 4.
		10,7	12,9*)	10,2	10,6
"	28 "	16,7	13,1	16,5	17,6

Kontrolle mit ungemischter Ware:

Normenmörtel, Zugfestigkeit nach 7 Tagen: 5,3 kg/cm²;
(Wasserlagerung) " 28 " 5,3 "

*) Irrthümlich nach 12 Tagen geprüft.

Eine frischgebrannte und ähnlich behandelte Ware ergab:

ungemischt:

gemischt:

Zugfestigkeit des Normenmörtels 1 : 3, Wasserlagerung, kg/cm²:

nach 7 Tagen;	nach 28 Tagen;	nach 7 Tagen;	nach 28 Tagen.
5,6	11,8	12,2	19,2

Eine Kontrolle des frisch gebrannten und gemischten Materials lieferte folgende Zahlen:

Probe	No. 1.	No. 2.	No. 3.	No. 4.
nach 28 Tagen:	19,7 kg/cm ² ;	17,1 kg/cm ² ;	14,1 kg/cm ² ;	14,1 kg/cm ² .

Die oben genannte Fabrik begann nun ihr Mischprodukt, das auf einer *Hantin'schen* Kugelmühle homogenisiert wurde, in den Handel zu werfen. Eine Kalksendung dieser Art, geliefert 1883 an die Steinfabrik *Ruge & Co.* in Altstetten, ergab an Normenfestigkeit:

	Zug	Druck
nach 7 Tagen:	9,2 kg/cm ² ;	57,5 kg/cm ² .
„ 28 „	15,4 „	93,1 „

Eine am 23. Februar 1884 als »Röhrencement« effectuierte Sendung lieferte folgende Festigkeitswerte des Normenmörtels:

	Wasserlagerung nach:			
7 Tagen;	28 Tagen;	84 Tagen;	210 Tagen;	365 Tagen.
	an Zugfestigkeit, 1 : 3, kg/cm ² :			
14,0	22,8	32,1	39,5	—
	an Druckfestigkeit 1 : 3, kg/cm ² :			
97,0	142,1	219,0	299,0	307,5

β. Einfluss des Kochsalzes.

Eigenschaften des Versuchsmaterials.

Lauf. No.	Bezeichnung und Herkunft des Materials	No.*) der chem. Analyse	Spec. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewichte kg/l		Mahlungsfeinheit in %		Abbinde-Verhältnisse			Normenfestigkeit kg/cm ² nach 28 Tagen	
					lose δ ₁	eingetrüttelt δ ₃	Rückstand am 900 S.	4900 S.	Temperatur ° C.	Beginn St. M.	Ende St. M.	Zug	Druck
1	Delune, Grenoble	22	3,11	2,85	0,93	1,49	3,7	19,4	17,0	- 3	- 7	13,5	150,6
2	Uriol, Grenoble	25	30,3	4,30	0,90	1,44	4,2	17,1	18,5	- 3	- 13	12,4	124,3
b. Schlackencemente.													
3	v. Roll, Choindez	10	2,65	7,82	0,95	1,58	0,2	18,7	15,2	1 15	14 -	22,9	225,3
4	Erhardt, Neunkirchen	12	2,68	9,41	0,80	1,36	Spur	7,0	20,0	2 -	7 30	27,3	255,3
c. Portlandcemente.													
5	Div. P.-C. gemischt	—	3,06	2,77	1,26	1,87	0,2	20,5	15,0	8 -	24 -	25,7	248,8
6	P.-C.-Fab. Laufen	—	3,11	1,92	1,19	2,01	0,4	16,7	14,7	6 30	22 -	28,3	315,9
7	Stutt. P.-C.F. Blaub.	—	3,02	1,55	1,27	1,92	0,7	29,0	14,5	5 30	15 -	23,7	222,6

*) VI. Heft der offiz. Mitteilungen, Seite 140 u. f.

No. des Binde- mittels	Menge des Koch- salz- Zu- schlags in Gew. %	Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Wasserlagerung nach:						Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Luftlagerung nach:					
		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

a. Romancemente.

1	0,0	11,1	123,0	13,5	150,6	18,9	177,9	11,4	121,9	18,8	159,8	14,9	191,4
"	2,0	9,8	88,4	13,1	120,5	16,2	169,9	12,3	93,5	16,5	129,1	24,8	187,4
"	4,0	10,1	75,9	13,9	125,5	15,4	165,0	11,2	82,6	11,4	120,3	24,9	198,1
"	6,0	6,0	65,5	12,1	129,4	16,1	177,6	10,3	72,3	12,5	103,4	19,3	169,0
2	0,0	8,7	83,1	12,4	124,3	21,9	212,9	14,9	104,8	25,4	169,6	24,8	239,1
"	2,0	11,8	97,4	16,7	152,3	21,3	218,6	14,0	97,5	22,7	148,8	30,1	212,8
"	4,0	10,8	81,4	16,9	118,0	23,2	187,9	15,9	95,4	26,1	142,5	28,5	211,3
"	6,0	9,3	66,1	16,4	98,9	23,0	159,9	12,1	70,6	18,5	110,3	26,3	168,4

b. Schlackencemente.

3	0,0	13,0	117,0	22,9	225,3	27,7	278,6	14,4	145,3	22,0	198,5	25,7	244,4
"	2,0	13,6	96,4	17,2	127,4	21,3	164,3	14,7	110,1	22,1	145,6	28,1	191,8
"	4,0	12,7	89,3	15,3	114,0	18,0	143,8	14,4	98,3	17,6	138,4	29,1	183,0
"	6,0	11,8	84,6	15,0	108,3	18,0	138,8	13,6	88,0	19,7	124,1	23,5	166,5
4	0,0	24,3	174,6	27,3	255,3	33,1	290,0	20,4	189,0	30,3	244,1	33,9	293,1
"	2,0	21,8	159,9	26,5	205,9	29,1	217,5	20,0	164,9	24,5	221,0	42,7	267,8
"	4,0	19,7	143,3	24,9	192,6	24,2	205,0	20,1	147,0	23,9	197,6	40,4	258,8
"	6,0	18,3	137,1	21,8	180,1	23,3	201,5	20,9	140,8	24,0	180,2	34,5	240,4

c. Portlandcemente.

5	0,0	18,3	166,1	25,7	248,8	27,2	315,9	21,4	178,1	17,8	228,5	26,1	257,8
"	2,0	18,4	173,8	22,8	204,8	25,1	243,8	18,8	156,1	23,1	225,3	27,0	266,9
"	4,0	16,9	155,6	21,5	188,6	25,1	224,9	18,1	148,3	25,7	199,0	27,5	252,1
"	6,0	13,8	113,5	19,0	171,6	22,9	219,8	13,4	117,5	20,6	176,9	23,7	209,9
6	0,0	17,9	191,3	28,3	315,9	30,6	390,6	26,1	233,0	31,5	305,1	26,4	282,1
"	2,0	17,8	248,3	25,4	339,3	28,9	396,9	28,2	295,8	32,9	347,5	32,4	367,5
"	4,0	18,3	241,1	23,1	318,1	27,3	367,9	28,5	247,5	38,9	336,3	34,6	347,5
"	6,0	18,6	215,0	23,0	301,8	28,0	337,5	25,2	235,6	28,1	311,3	28,5	311,8
7	0,0	19,4	172,0	23,7	222,6	25,5	278,0	17,7	174,6	28,1	234,4	25,3	266,3
"	2,0	14,9	135,9	19,8	180,8	24,0	219,1	19,4	152,4	22,0	199,4	23,8	243,6
"	4,0	14,6	122,0	16,3	175,8	22,8	211,5	17,4	122,5	25,0	187,3	22,6	227,3
"	6,0	12,4	77,3	17,3	115,5	20,6	158,8	12,9	88,5	18,8	112,0	21,9	164,5

**γ. Einfluss der Soda und des Kali-Alauns.
Eigenschaften des Versuchsmaterials.**

Lauf. No.	Bezeichnung und Herkunft des Materials	No.*) der chem. Analyse	Spec. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewichte kg/l		Mahlungsfeinheit in %		Abbinde-Verhältnisse			Normenfestigkeit kg/cm ² nach 28 Tagen	
					lose δ ₁	eingetrüttelt δ ₃	Rückstand am		Temperatur ° C.	Beginn St. M.	Ende St. M.	Zug	Druck
							900 S.	4900 S.					
a. Romancemente.													
1	Delune, Grenoble	27	3,07	3,30	1,02	1,55	10,2	24,7	19,9	- 5	- 11	12,6	112,6
2	Uriol, Grenoble	26	3,03	5,37	0,87	1,36	3,1	12,5	20,0	- 10	- 25	16,8	137,3
b. Schlackencemente.													
3	v. Roll, Choindez	14	2,67	7,86	0,93	1,53	Spur	8,0	20,0	1 -	5 -	24,4	256,0
4	Erhardt, Neunkirchen	12	2,68	9,41	0,80	1,36	Spur	7,0	20,0	2 -	7 30	27,3	255,3
c. Portlandcemente.													
5	P.-C.-F. St. Sulpice	78	3,11	1,15	1,30	1,92	Spur	25,6	15,0	- 12 1/2	2 30	19,5	165,8
6	Zurlinden, Aarau	80	3,11	1,43	1,19	2,00	1,3	20,0	15,0	5 -	18 -	25,7	244,4
7	Du-Pasquier, Grandch.	81	3,05	2,52	1,17	1,95	4,9	22,3	20,0	5 -	16 -	24,3	169,0

Resultate der Festigkeitsproben.

No. des Bindemittels	Menge des Soda-Zuschlags in Gew. %	Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Wasserlagerung nach:						Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Luftlagerung nach:					
		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
a. Romancemente.													
1	0,0	10,2	93,3	12,6	112,6	17,3	157,3	11,3	110,1	17,1	165,5	17,1	186,5
"	1,0	5,5	30,9	6,3	38,3	10,2	55,5	5,5	40,5	11,9	72,9	16,4	131,4
"	2,0	4,5	23,0	5,9	38,3	10,3	54,4	5,3	26,0	11,6	70,9	15,6	115,1
"	3,0	4,9	40,0	7,6	71,3	10,3	116,9	7,0	38,4	14,5	104,3	16,3	163,0
"	4,0	6,6	50,6	7,7	90,3	11,1	138,4	7,6	53,8	14,1	118,5	19,7	168,3
"	5,0	5,7	54,0	9,8	89,3	11,5	136,6	7,6	54,3	-	123,5	20,8	174,8
2	0,0	10,9	100,0	16,8	137,3	20,8	171,1	15,1	106,8	24,2	161,3	27,1	216,8
"	1,0	4,9	51,8	10,2	82,3	16,3	129,6	9,7	63,4	16,6	108,0	16,2	149,3
"	2,0	6,1	52,5	12,4	92,5	16,7	134,5	8,1	56,9	15,3	99,0	20,6	142,1
"	3,0	7,1	45,8	13,6	110,1	16,1	142,4	6,8	52,5	16,3	117,8	21,0	164,5
"	4,0	7,3	48,0	15,6	105,5	19,3	143,5	5,9	50,8	17,7	118,4	21,3	155,1
"	5,0	7,4	42,5	13,2	104,4	16,9	133,8	5,7	49,5	18,8	114,0	24,1	160,8

*) VI. Heft der offiz. Mitteilungen, Seite 140 u. f.

No. des Binde mittels	Menge des Soda- Zu- schlags in Gew. %	Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Wasserlagerung nach:						Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Luftlagerung nach:					
		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

b. Schlackencemente.

3	0,0	19,4	171,3	24,4	256,0	29,9	304,1	21,5	184,0	27,8	255,9	28,1	281,5
"	1,0	19,7	144,4	23,5	182,2	28,1	210,4	19,1	163,2	25,9	190,5	32,3	251,0
"	2,0	19,1	114,2	22,5	145,6	25,3	170,9	15,9	123,1	18,0	154,8	30,7	219,3
"	3,0	17,5	100,4	19,5	124,9	22,4	146,1	17,0	104,5	18,9	136,1	29,3	193,5
"	4,0	17,8	102,0	19,6	129,4	21,2	142,0	18,8	99,2	20,4	133,4	29,1	178,9
"	5,0	16,6	121,0	18,9	158,4	19,8	190,5	19,7	127,7	22,9	165,9	32,6	228,0
4	0,0	24,3	174,6	27,3	255,3	33,1	290,0	20,4	189,0	30,3	244,1	33,9	293,1
"	1,0	23,4	188,5	28,7	230,4	32,0	243,2	24,4	185,9	30,9	228,7	39,8	292,0
"	2,0	24,7	161,3	28,4	196,6	28,0	232,0	19,9	170,1	30,5	214,9	36,7	285,7
"	3,0	20,5	107,1	24,0	135,9	21,4	168,8	18,2	112,2	20,0	152,2	33,1	199,4
"	4,0	20,9	94,3	21,7	126,6	22,1	151,5	17,2	94,6	17,4	129,8	34,8	186,4
"	5,0	17,5	100,1	21,0	126,9	25,9	152,5	15,9	98,6	18,6	137,0	30,6	189,4

c. Portlandcemente.

5	0,0	13,5	122,6	19,5	165,8	26,1	221,3	16,1	156,9	16,9	185,3	22,9	205,5
"	1,0	13,9	108,4	19,5	134,4	23,7	179,3	16,4	106,5	22,2	132,5	21,6	148,3
"	2,0	12,8	99,4	16,4	111,6	21,4	154,0	13,7	86,9	18,1	129,4	23,8	156,6
"	3,0	13,3	82,5	15,7	102,1	20,4	138,6	12,8	83,6	19,3	121,0	23,5	158,9
"	4,0	12,3	76,8	14,8	101,4	19,3	140,3	12,2	78,4	15,5	112,8	21,9	150,5
"	5,0	11,4	67,4	13,8	88,5	19,9	117,6	10,7	65,0	14,5	95,3	22,4	140,5
6	0,0	23,2	178,5	25,7	244,4	33,8	275,0	22,4	175,6	25,0	225,3	25,9	257,1
"	1,0	18,8	150,9	20,8	187,8	28,8	236,0	18,4	157,1	23,9	202,3	24,9	215,3
"	2,0	17,8	139,9	19,9	180,9	28,2	208,8	20,5	138,4	25,0	184,8	22,9	213,1
"	3,0	14,9	117,5	19,6	145,8	26,1	193,1	17,0	118,8	19,1	165,4	29,5	199,3
"	4,0	13,6	87,3	17,0	126,9	21,4	161,8	16,4	108,0	18,9	142,9	28,6	192,5
"	5,0	14,9	83,6	17,3	107,3	21,7	143,5	13,9	85,8	18,1	123,1	27,1	160,3
7	0,0	18,5	137,6	24,3	169,0	30,1	203,8	20,8	164,1	26,3	215,0	28,9	226,6
"	1,0	25,9	123,5	22,9	164,6	28,3	200,6	20,5	138,4	25,6	196,4	26,0	230,8
"	2,0	14,3	106,9	19,4	143,9	24,6	210,8	13,6	106,9	18,0	146,4	20,8	159,1
"	3,0	14,8	97,9	20,4	136,9	25,9	177,4	14,9	101,9	19,6	131,0	25,1	174,3
"	4,0	14,4	95,0	21,2	121,6	23,9	171,9	15,4	92,6	18,2	128,3	21,0	173,4
"	5,0	14,4	76,1	20,5	111,9	21,9	156,9	14,1	83,1	16,9	113,1	24,2	151,1

No. des Binde- mittels	Menge des Alaun- Zu- schlags in Gew. %	Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Wasserlagerung nach:						Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Luftlagerung nach:					
		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

a. Romancemente.

I	0,0	10,2	93,3	12,6	112,6	17,3	157,3	11,3	110,1	17,1	165,5	17,1	186,5
"	2,0	9,1	62,4	10,5	78,3	14,0	100,1	9,3	71,5	11,1	101,1	12,7	147,6
"	4,0	8,8	67,4	9,4	76,9	7,7	78,1	9,0	66,9	11,1	108,0	14,3	126,8
"	6,0	8,9	74,1	10,2	83,6	9,9	80,1	10,5	87,8	12,8	108,8	15,2	137,5
"	8,0	10,5	77,6	10,9	88,0	12,6	95,6	12,3	97,9	14,4	130,4	16,4	151,8
2	0,0	10,9	100,0	16,8	137,3	20,8	171,1	15,1	106,8	24,2	161,3	27,1	216,8
"	2,0	8,8	76,3	8,4	111,6	14,1	137,9	12,2	86,0	19,0	146,5	23,5	194,4
"	4,0	7,5	55,5	8,5	77,8	11,6	89,5	8,7	61,0	13,2	102,8	14,7	146,1
"	6,0	7,5	65,0	7,6	58,6	7,6	72,0	10,5	76,9	11,9	93,1	14,8	128,9
"	8,0	8,1	63,9	9,0	65,6	8,2	72,6	10,9	77,4	12,4	85,3	13,7	123,9

b. Schlackencemente.

3	0,0	19,4	171,3	24,4	256,0	29,9	304,1	21,5	184,0	27,8	255,9	28,1	281,5
"	2,0	21,5	182,0	29,9	254,4	30,4	324,6	23,0	205,5	24,9	253,8	29,5	281,6
"	4,0	21,4	188,5	30,7	254,2	33,0	300,5	22,5	193,9	29,7	247,1	28,1	286,5
"	6,0	23,3	187,6	27,6	242,4	30,4	288,0	22,5	183,9	27,6	234,1	28,7	276,8
"	8,0	22,0	175,4	25,1	234,0	29,1	265,6	21,9	187,1	25,7	226,5	24,9	270,1
4	0,0	24,3	174,6	27,3	255,3	33,1	290,0	20,4	189,0	30,3	244,1	33,9	293,1
"	2,0	23,1	192,6	30,1	267,8	31,2	304,6	21,4	200,3	30,3	253,6	36,5	297,8
"	4,0	25,2	192,1	28,9	271,1	32,6	300,1	24,5	198,8	33,6	264,6	36,5	311,6
"	6,0	23,0	198,1	27,9	246,7	29,6	279,0	25,1	204,2	28,7	248,0	33,6	312,1
"	8,0	24,0	218,3	29,3	239,9	25,1	280,4	23,3	204,0	32,5	242,0	32,2	286,3

c. Portlandcemente.

5	0,0	13,5	122,6	19,5	165,8	26,1	221,3	16,1	156,9	16,9	185,3	22,9	205,5
"	2,0	18,2	168,9	23,4	226,0	33,3	268,5	18,7	169,3	26,8	231,5	31,5	277,8
"	4,0	17,1	167,6	25,3	266,1	31,8	326,9	19,8	153,8	27,9	241,3	36,7	302,6
"	6,0	7,3	86,5	21,5	220,0	29,4	303,8	21,1	127,5	27,4	204,1	35,9	254,4
"	8,0	4,2	39,9	3,8	65,1	12,8	220,3	5,4	48,4	7,5	106,1	8,5	138,8

No. des Bindemittels	Menge des Alaun-Zuschlags in Gew. %	Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Wasserlagerung nach:						Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Luftlagerung nach:					
		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
c. Portlandcemente.													
6	0,0	23,2	178,5	25,7	244,4	33,8	275,0	22,4	175,6	25,0	225,3	25,9	257,1
"	2,0	22,4	253,4	29,9	280,4	33,6	310,0	19,9	196,8	26,8	221,8	29,3	276,3
"	4,0	18,3	205,3	28,5	304,0	34,5	347,3	19,6	192,3	28,1	229,6	36,0	288,8
"	6,0	13,9	160,9	24,1	297,0	35,4	346,3	17,5	176,3	31,4	238,1	36,9	293,6
"	8,0	6,4	65,1	13,0	212,0	30,7	357,4	9,3	82,4	21,1	216,1	20,2	264,3
7	0,0	18,5	137,6	24,3	169,0	30,1	203,8	20,8	164,1	26,3	215,0	28,9	226,6
"	2,0	18,7	160,6	27,1	203,9	31,4	252,5	18,9	164,5	28,2	207,4	33,0	251,1
"	4,0	20,1	171,3	25,2	225,5	29,7	271,8	21,0	170,6	35,5	215,1	34,7	287,3
"	6,0	10,2	108,5	24,6	220,4	28,8	279,6	13,1	122,4	11,8	189,0	18,3	230,0
"	8,0	5,1	53,5	4,1	56,6	4,8	147,0	5,0	55,3	6,2	75,1	6,4	75,5

δ. Einflüsse des gebrannten Gyps.

Die Einflüsse des gebrannten Gypses auf die Bindekraft hydraul. Bindemittel wurden nur in beschränktem Umfange und zwar lediglich nur als Zuschläge zu Schlacken- und Portlandcementen studiert.

Eigenschaften des Versuchsmaterials.

No. Lauf.	Bezeichnung und Herkunft des Materials	No.)* der chem. Analyse	Spec. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewicht kg/l		Mahlungsfeinheit in % Rückstand am		Abbinde-Verhältnisse			Normenfestigkeit kg/cm ² nach 28 Tagen	
					lose δ ₁	eingerrüttelt δ ₃	900 S.	4900 S.	Temperatur ° C.	Beginn St. M.	Ende St. M.	Zug	Druck
					a. Schlackencemente (Gypsfrei).								
1	v. Roll, Choindez	11	2,65	7,35	0,95	1,56	0,1	13,8	18,5	1	10	28,4	269,6
2	Erhardt, Neunkirchen	13	2,66	8,01	0,78	1,29	Spur	5,7	15,0	3 30	13 30	25,4	226,9
3	Cement v. Besançon	—	—	—	—	—	Spur	10,9	15,0	4 30	40	25,8	221,1
b. Portlandcemente (Gypsfrei).													
4	Zurlinden, Aarau	—	3,12	—	1,30	1,99	2,8	32,0	6,14,0	— 4 ¹ / ₂	— 26	17,5	181,8
5	Zurlinden, Aarau	—	3,14	1,01	1,28	2,11	0,2	23,0	17,0	— 3 ¹ / ₂	10 30	21,7	236,1

*) VI. Heft der offiz. Mitteilungen, Seite 140 u. f.

Resultate der Festigkeitsproben.

No. des Binde- mittels	Menge des Gyps- Zu- schlags in Gew. %	Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Wasserlagerung nach:						Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Luftlagerung nach:					
		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
a. Schlackencemente.													
I	0,0	15,9	145,6	28,4	269,6	30,0	346,0	15,8	140,9	20,3	226,3	25,1	228,3
"	1,0	17,3	153,3	27,7	286,6	29,2	341,9	15,6	140,0	19,0	213,0	19,9	219,5
"	2,0	17,3	161,9	25,7	293,0	30,5	340,6	18,8	159,1	20,4	225,8	22,1	224,0
"	3,0	18,1	174,0	26,3	261,8	33,1	306,3	21,0	165,0	20,9	246,1	23,7	247,1
"	4,0	19,1	164,3	22,6	241,3	30,5	254,4	17,1	178,1	24,8	243,1	27,1	256,1
"	5,0	18,3	158,6	21,6	205,0	29,4	230,6	17,8	162,0	29,0	220,5	28,3	245,4
2	0,0	20,9	176,1	25,4	226,9	29,8	258,1	17,2	165,7	26,0	232,6	30,9	288,2
"	1,0	25,0	181,4	29,4	247,6	30,5	276,0	19,6	182,2	25,8	245,6	35,2	301,6
"	2,0	25,3	186,4	28,9	244,9	31,4	279,9	23,0	192,6	26,6	254,7	38,4	285,6
"	3,0	23,0	197,9	27,6	254,8	33,3	279,9	22,6	189,5	26,3	247,0	36,9	299,7
"	4,0	26,5	201,6	29,2	270,8	29,9	295,8	21,3	212,8	29,5	272,0	37,8	319,6
"	5,0	23,4	223,9	29,8	271,9	30,9	308,5	24,4	214,6	29,7	265,4	40,4	313,5
3	0,0	16,7	146,8	25,8	221,1	29,2	283,4	17,1	149,1	18,1	204,0	21,0	213,4
"	1,0	18,2	155,8	23,1	228,1	31,5	271,8	17,0	159,4	19,3	208,0	18,6	230,1
"	2,0	18,7	151,3	24,7	227,9	30,0	275,8	18,0	159,9	23,4	214,1	25,8	236,0
"	3,0	18,9	151,9	28,1	223,1	32,1	271,3	19,2	160,8	26,1	209,5	27,8	229,4
"	4,0	18,4	144,9	27,3	220,0	31,3	241,3	21,7	149,6	25,5	210,3	24,2	229,4
"	5,0	17,5	144,8	29,4	213,9	32,1	253,3	20,0	159,0	25,9	222,3	26,8	266,0

No. des Binde- mittels	Menge des Gyps- Zu- schlags in Gew. %	Abbinde- verhältnisse bei ca. 14,0 bis 17,0° C.		Normenmörtelfestigkeit, Wasserlagerung, kg/cm ² , nach:											
		Beginn St.	Ende St. M.	3 Tagen		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		210 Tagen		365 Tagen	
				Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
4	0,0	- 4 ¹ / ₂	- 26	—	—	11,3	155,1	17,5	181,8	20,0	202,7	24,3	261,8	—	—
"	1,0	3 30	5 30	—	—	14,9	148,1	21,0	186,8	27,1	215,5	35,7	256,3	—	—
"	2,0	4 —	10 30	—	—	11,8	142,1	17,9	186,6	25,8	228,3	31,6	261,3	—	—
5	0,0	- 3 ¹ / ₂	10 30	12,3	87,4	20,8	162,9	21,7	236,1	29,4	280,8	28,0	319,5	40,6	395,0
"	0,5	— —	— —	15,9	110,1	21,5	175,0	24,2	239,4	31,9	289,8	31,3	363,6	37,3	397,9
"	1,0	5 30	18 —	16,0	114,8	22,5	177,3	28,7	260,9	31,7	316,8	31,5	403,4	39,5	408,5
"	1,5	7 —	18 —	16,2	125,8	23,3	193,6	28,1	269,9	33,3	320,4	33,0	385,6	40,4	404,0
"	2,0	7 —	20 —	12,8	94,9	20,4	201,8	28,2	285,9	32,6	320,6	32,1	405,1	41,7	438,8
"	2,5	8 —	24 —	13,0	77,5	20,7	187,1	27,5	273,4	33,9	333,5	31,1	421,9	41,6	457,9
"	3,0	8 —	24 —	8,2	78,1	16,6	135,5	26,0	245,5	30,3	316,1	30,2	397,0	41,0	418,6

b. Portlandcemente.

ε. Einfluss des Chlorbariums (BaCl₂) auf die Bindekraft einiger Romancemente.

Das Chlorbarium verlangsamt die Bindezeit des Romancementes; vergl. Heft VI der offiz. Mitteilungen der eidgen. Materialprüfungs-Anstalt, Seite 304 und 306. Es war interessant die Wirkungen desselben auf die Bindekraft der Romancemente kennen zu lernen; wir haben deshalb zwei solcher Cemente dem Handel entnommen, analysieren lassen, normengemäss untersucht und zu Probekörpern des Normenmörtels 1 : 3 in drei Altersklassen mit und ohne Zusatz von Chlorbarium verarbeiten lassen.

Folgende Zusammenstellungen enthalten die hierbei gewonnenen Resultate:

Chemische Zusammensetzung:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂	CaSO ₄	H ₂ O+Bit.
No. 1. Delune & Co., Grenoble:							
20,47 ⁰ / ₀ ,	8,65 ⁰ / ₀ ,	3,90 ⁰ / ₀ ,	50,61 ⁰ / ₀ ,	4,09 ⁰ / ₀ ,	5,79 ⁰ / ₀ ,	3,18 ⁰ / ₀ ,	2,00 ⁰ / ₀ .
No. 2. Uriol Berthelot, Grenoble:							
23,09 „	8,46 „	3,06 „	51,32 „	2,54 „	3,11 „	4,73 „	1,32 „

Physikalische Eigenschaften dieser Materialien:

	No. 1.	No. 2.
Spec. Gewicht :	3,18	3,14
Glühverlust :	2,12 ⁰ / ₀	2,73 ⁰ / ₀
Volumengewicht, lose . . . :	0,98 kg/l	0,94 kg/l
eingerüttelt : :	1,50 „	1,51 „
Mahlungsfeinheit;		
Rückstand am 900-Sieb :	9,8 ⁰ / ₀	5,1 ⁰ / ₀
„ „ 4900-Sieb : :	27,1 „	19,0 „
Abbindeverhältnisse;		
Temperatur :	15,0 ⁰ C.	13,0 ⁰ C.
Erhärtungsbeginn :	4 Min.	3 ¹ / ₂ Min.
Bindezeit :	8 ¹ / ₂ „	7 „

Resultate der Festigkeitsproben.

No. des Binde-mittels	Menge des Zu-schlags in %	Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Wasserlagerung nach:						Normenmörtelfestigkeit, kg/cm ² Luftlagerung nach:					
		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
1	0	13,0	111,5	15,3	147,5	19,9	158,3	14,3	137,4	18,4	176,3	21,6	199,5
„	2	10,3	92,8	12,6	114,6	16,4	136,5	13,1	105,8	16,1	157,4	17,0	199,0
„	3	8,6	86,6	11,6	115,3	17,2	149,3	12,8	94,8	21,2	116,8	28,1	146,3
2	0	8,9	90,0	12,0	108,9	15,3	165,6	13,1	96,4	16,5	134,6	21,4	175,8
„	2	5,5	51,8	11,7	77,3	16,4	142,9	10,8	69,4	16,6	112,5	21,6	162,0
„	3	5,8	42,2	10,1	71,8	17,0	130,5	8,3	59,5	17,2	100,5	17,6	142,8

§. Einfluss einiger Zumischstoffe auf die Bindekraft des Portlandcementes.

Bei Beurteilung der Wirkungen eines Zumischmittels auf den Portlandcement sind zwei Momente, von denen der eine lediglich mechanisch-physikalischer Natur, während der andere bedingt ist durch eine chemische Umlagerung der Moleküle, auseinander zu halten. Sowohl der mechanische als chemische Vorgang äussert sich zunächst in der Erhöhung der normengemässen Sandfestigkeit. Die mehrfach beobachtete Erhöhung der fraglichen Sandfestigkeit eines Portlandcementes durch Zusatz inerter, meist specifisch leichterer Körper, wie Kalksteinmehl, läuft lediglich auf eine Reduktion des schädlichen Einflusses der Volumenvergrösserung hinaus, welche nicht selten namentlich frisch gemahlene Cemente zeigen. 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 nachteiligen Einflüsse des äusserlich d. h. durch die Kuchenprobe nicht konstatierbaren Treibens reduziert, lässt sich durch Parallelversuche mit reinem und gemischtem Cement in frischem und gelagertem Zustande nachweisen. Man wird finden, dass, während bei frischer Ware der Zusatz von Kalksteinmehl eine Erhöhung der Festigkeitsverhältnisse erzeugen kann, dieser in der gelagerten Ware eine Abminderung nach sich zieht. Vergleichende Proben reiner und gemischter Cemente mit Staubhydrat oder Kalkbrei bestimmter Konsistenz lassen keinen Zweifel darüber, dass durch Zusatz *inertler* Körper zum Portlandcemente dessen Sandfestigkeit in der Regel keine Erhöhung erfährt und wo diese auftritt, keine chemische Wirkung vorliegen kann.

Völlig anders verhält sich die Sachlage, sofern dem Portlandcemente innerhalb bestimmter Grenzen staubfein gemahlene Körper beigemengt werden, die verbindungsfähige Kieselsäure enthalten. Hier tritt eine chemische Aktion ein, wodurch nicht allein die Festigkeitsverhältnisse des normengemässen Cementmörtels, sondern auch diejenigen gleichwertiger Cementkalkmörtel oft überraschende Steigerungen erfahren, gleichviel welches die Menge des Anmachwassers und die Dichte der Anlagerung der Mörtelkomponenten gewesen.

Seit Veröffentlichung der Arbeiten Le Chatelier's, Hauen-schild's, Erdmenger's u. A. kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass, wenn überhaupt durch Beimischung verbindungs-fähiger Kieselsäure zum Portlandcemente eine Steigerung seiner Bindekraft herbeigeführt werden kann, diese nur auf die Bildung eines anfänglich kolloidalen Kalkhydrosilikats zurückzuführen sei. Während der Übergangsperiode aus dem kolloidalen in den festen Aggregatzustand, also in den ersten Phasen der Erhärtung, müsste, sofern auch die Annahme des kolloidalen Zustandes des Kalksilikats stichhaltig ist, lediglich der mit der wirksamen Kiesel-säure dem Portlandcemente beigemengte Ballast zur Geltung gelangt, somit auf verschiedene Cemente verschieden, in der Regel jedoch abmindernd auf die Festigkeitsverhältnisse des Mörtels einwirken wird. Unsere Beobachtungen bestätigen diesen Vorgang vollends; die 7-Tagproben zeigen gegenüber den ungemischten Cementen meist erhebliche, mit dem Ballast wachsende Abnahmen der Festigkeitsverhältnisse der Mörtel gemischter Cemente, während bereits nach 28-tägiger Wasser-erhärtung das umgekehrte eintritt. Auch weisen die unter An-wendung von relativ geringer und reichlicher Wassermenge, ferner kräftiger und geringer Rammarbeit durchgeführten Parallelversuche unabweisbar darauf hin, dass zur thunlichsten Ausnützung des Wirkungsgrades eines bestimmten Zumisch-mittels eine möglichst innige Berührung der Teilchen anzustreben und nur jene Wassermenge zu verwenden sei, die zur Bildung des gesättigt-kolloidalen Kalksilikats erforderlich ist. Übermässig gewässerte Cementmörtel erleiden ähnliche Abminderungen der Festigkeitsverhältnisse wie der Kalkbreimörtel gegenüber dem steifen Mörtel aus Staubhydrat.

Zur Kalkhydrosilikatbildung im Portlandcemente liefert dieser selbst den nötigen Kalk. Dass Portlandcemente in der ersten Erhärtungsperiode Kalk absondern, ist heute ziemlich allgemein anerkannt. Immerhin dürften folgende Beobachtungen aus den Jahren 1882—83 der Mitteilung wert erscheinen. Wir haben nämlich an grossen Betonwürfeln selbst bei scharfgebrannten, künstlichen Portlandcementen (spec. Gewicht 3,1 bis 3,2) blumen-kohlartige ca. 6—8 mm hohe Ausblühungen gefunden, die sich als Kalkhydrate und Karbonate erwiesen. Interessanter, weil dadurch die Wirkung granulierter Hochofenschlacke in grossem

Stile konstatiert wird, ist die Wahrnehmung, die am Ausstellungsobjekte des Hn. R. Vigier, an der Betonbrücke der schweiz. Landesausstellung 1883, gemacht werden konnte. Vigier verwendete als Bogenmaterial ein Gemenge aus Portlandcement und granulierter Hochofenschlacke (Schlackensand), während die Widerlager aus einem aus Flusssand und Geschiebskies erzeugten Beton ausgeführt waren. Die Widerlager sind mit der Zeit weisslichgrau geworden; stellenweise zeigten sich Ablagerungen von kohlen saurem Kalk, während der Bogen auf die ganze Länge dunkelgrau geblieben und Kalksinterbildungen nicht auffindbar waren.

Stauanlagen, Ufermauern, Turbinenkammer-Wände u. d. m. in unverputztem Portlandcement-Beton, die eine zeitlang wasser durchlässig waren, zeigen an den Aussenseiten oft ganz beträchtliche Mengen Kalksinter, der dadurch entsteht, dass das durchsickernde Wasser freien Kalk löst oder mechanisch mitreisst, um diesen an der Aussenseite des Bauwerks zu deponieren. Nachstehend folgen 2 Analysen solcher Kalksinterbildungen.

A stammt von einer Wehranlage an der Birs bei Basel; Sendung des Herrn Kantonsingenieur *Bringolf*, 1887.

B stammt von einem Wasserreservoir; Sendung des damaligen Ingenieurs der Wasserwerke von St. Gallen, des Herrn *Miescher*, 1888.

	A	B
Kieselsäure	1,20 %	0,48 %
Eisenoxyd u. Thonerde	0,29 "	0,07 "
Kalk	0,71 "	0,64 "
Kohlensaurer Kalk	95,61 "	97,50 "
Kohlensaure Magnesia	0,58 "	0,99 "
Glühverlust	1,52 "	0,30 "
	99,91 %	99,98 %

Freier Kalk im erhärtenden Portlandcemente und verbindungs fähige Kieselsäure im Zumischmittel sind die Grundbedingungen und die wesentlichen Momente in der Frage des Mischverfahrens. Wie einerseits die Auswahl und Behandlung des Zumischmittels nicht gleichgültig ist, ist andererseits die Fähigkeit und das Mass der Steigerung der Mörtelfestigkeit an bestimmte Bedingungen geknüpft, und fällt bei verschiedenen Portlandcementen verschieden aus. Das prozentuale Mass der durch die Kalkhydrosilikatbildung bedingten Steigerung der Festigkeitsverhältnisse eines normalen Portlandcementes lässt sich indessen in keinem Falle mit Sicherheit zahlengemäss

feststellen, da die chemischen und mechanischen Wirkungen parallel einherlaufen und nicht getrennt gemessen werden können.

Als Zuschläge fanden folgende Stoffe Verwendung:

- No. I : Silikat; Nebenprodukt der Alaunfabrikation; getrocknet.
 No. II : Geschlämmte und geglühte Thonsubstanz. (Glühverlust: 1,9⁰/o).
 No. III : „ schwach geglühte Thonsubstanz. (Glühverlust: 14,4⁰/o).
 No. IV : Granulierte Hochofenschlacke von Choindez.
 No. V : Gemahlene Stückschlacke von Choindez (ungranuliert).
 No. VI : Granulierte Hochofenschlacke von Harzburg.
 No. VII : „ „ „ Blankenburg.
 No. VIII : Selbstthätig zerfallene Hochofenschlacke, westfälischer Provenienz.
 No. IX : Schlackenkomposition: Sendung des Herrn Prof. Dr. *Finkener*.
 No. X : „ 1 Gew.-Th. No. IV: 1 Gew.-Th. No. II.
 No. XI : „ 1 „ „ VIII: 1 „ „ II.
 No. XII : Michaëlis'sches Zumischpulver, sign. AB₅.
 No. XIII : Trocken gelöschter Ätzkalk. (Pulverförmiges Kalkhydrat).
 No. XIV : Technische Thonerde, geglüht.
 No. XV : Gemahlener Jurakalkstein.
 No. XVI : Gemahlenes Quarzsand.

Folgende Zusammenstellung giebt einen Überblick über die chemische Zusammensetzung der wichtigsten Zumischmittel:

Bestandteile d. Zumisch- mittels	Zumischmittel No.								
	I	II	IV	VI	VII	VIII	IX	X	XIV
Gesteins- trümmer	—	3,75	—	—	—	2,29	—	1,88	—
SiO ₂	78,31	48,01	26,27	29,84	35,79	29,17	41,47	37,14	—
Al ₂ O ₃	11,94	44,07	22,34	13,36	7,58	9,42	24,57	33,20	c. 97,00
Fe ₂ O ₃	1,23	Spur	—	—	—	—	1,26	Spur	—
FeO	—	—	0,75	0,42	0,72	0,42	—	0,37	—
MnO	0,21	—	Spur	0,33	0,66	6,55	4,08	Spur	—
CaO	1,50	2,16	48,20	47,13	50,58	39,55	21,88	25,18	—
MgO	0,79	—	0,87	3,19	1,70	2,26	0,28	0,44	—
CaS	—	—	0,31	3,13	2,45	3,47	1,46	0,16	—
SO ₃	1,27	—	0,16	0,28	Spur	4,11	2,23	0,08	—
H ₂ O+Bit.	4,92	1,90	0,87	1,68	Spur	1,33	1,35	1,38	c. 1,50
Alkalien	—	0,11*)	0,23*)	0,64*)	0,52*)	1,43	1,42**)	0,17*)	—
Summe	100,17	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	98,50

*) Als Differenz. **) Hierin CO₂ = 0,76⁰/o.

Im Anlieferungszustande hatten die verwendeten Zuschläge folgende physikalische Eigenschaften:

Bezeichnung des Stoffes	Spec. Gewicht γ	Glühverlust %	Volumengewichte, kg/l		Mahlungsfeinheit in %		Bemerkungen
			lose δ_1	eingerrüttelt δ_3	Rückstand am 900 S.	4900 S.	
No. I.	2,22	4,66	0,34	0,63	0,0	0,0	Die in staubfeinem Zustande verwendeten Materialien wurden mechanisch so zerkleinert, dass sie auf dem 4900-Maschensieb keinen Rückstand ergaben. No. XII konnte wegen seiner fettigen Beschaffenheit der Siebprobe nicht unterworfen werden.
„ II.	2,65	0,88	0,49	0,87	0,0	30,6	
„ III.	2,61	14,40	0,58	0,87	17,1	41,2	
„ IV.	2,98	0,26	1,28	1,86	0,0	12,0	
„ V.	3,01	1,20	1,18	1,86	0,0	9,6	
„ VI.	2,87	0,82	1,26	1,79	3,6	59,6	
„ VII.	2,95	1,81	1,30	1,82	4,3	62,8	
„ VIII.	2,90	5,69	1,05	1,68	0,0	38,2	
„ XII.	—	—	0,15	0,30	—	—	
„ XIII.	2,21	26,00	0,41	0,83	0,0	2,4	
„ XV.	2,67	0,20	1,08	1,84	3,2	26,6	
„ XVI.	2,64	0,19	1,07	1,85	0,0	0,0	

Der Untersuchung des Mischverfahrens wurden folgende, theils aus den Fabriken, theils aus dem Handel bezogene Portlandcemente unterworfen:

1. Portlandcement von Rob. Vigier, Luterbach; Handelsware.
2. „ „ Vorwohle, Staubfein.
3. „ „ Dyckerhoff & Söhne, Amöneburg; Langsam binder.
4. „ „ „ „ „ Mittel binder.
5. „ „ „ „ „ Handelsware.
6. „ „ Schifferdecker & Söhne, Heidelberg; Marke F; Langsam binder.
7. „ „ „ „ „ Marke F; Staubfein.
8. „ „ „ „ „ Handelsware. No. I.
9. „ „ „ „ „ Marke F.
10. „ „ der Stuttgarter Portlandcement-Fabrik, Blaubeuren
11. „ „ von Zurlinden & Co., Aarau.

Nachstehende Zusammenstellungen geben eine Übersicht über die chemisch-physikalischen Eigenschaften dieser Bindemittel.

Lauf. No.	Bezeichnung des Bindemittels	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	CaCO ₃	CaSO ₄	MgO	H ₂ O + Bit.	Summa
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1	Vigier , Handelsware	21,68	6,19	2,70	61,11	2,09	3,01	1,51	2,55	100,84
2	Vorwohle , staubfein	21,20	6,70	3,35	60,54	2,31	3,18	1,83	1,48	100,59
3	Dyckerhoff , Langsambd.	19,83	7,50	3,96	62,75	1,52	2,14	1,89	0,98	100,57
4	Dyckerhoff , Mittelbinder	20,79	8,20	3,20	61,60	1,70	2,31	2,27	0,82	100,89
6	Schifferdecker , Marke F.	19,91	11,58		62,54	—	—	1,36	2,80*)	98,19
7	Schifferdecker , staubfein	19,62	7,97	4,25	60,25	2,75	2,39	1,31	2,43	100,97
8	Schifferdecker , Handelsw. I.	20,03	7,92	3,35	59,11	2,63	3,54	1,63	2,22	100,43
11	Zurlinden , Handelsware	22,85	8,25	1,65	60,23	2,27	2,51	1,20	0,73	99,69

Lauf. No.	Bezeichnung des Materials	Gewichtsverhältnisse			Mahlungsfeinheit in %		Abbindeverhältnisse				Normenfestigkeit kg/cm ² nach 28 Tagen			
		Spec. Gew. γ	kg/l		Rückstand am 900 S.	4900 S.	Temperatur ° C.	Wassermenge %	Beginn		Ende		Zug	Druck
			lose δ ₁	eingerrüttelt δ ₃					St.	M.	St.	M.		
1	Vigier , Handelsware	3,03	1,40	2,09	2,4	32,3	14,8	24,0	4 30	8 30	17,8	196,0		
2	Vorwohle , staubfein	3,03	1,10	1,66	0,0	1,8	14,3	30,0	— 24	— 46	38,8	563,6		
3	Dyckerhoff , Langsambd.	3,13	1,36	1,93	1,1	12,6	13,7	25,0	— 50	7 —	30,4	319,5		
4	Dyckerhoff , Mittelbinder	3,13	1,39	1,96	2,0	18,5	15,3	27,0	— 10	— 33	23,7	241,4		
5	Dyckerhoff , Handelsware	3,11	—	—	—	—	—	—	— —	— —	21,4	125,7		
6	Schifferdecker , Marke F	3,08	1,36	1,96	5,5	19,9	14,7	21,0	2 —	7 —	29,5	330,1		
7	Schifferdecker , staubfein	3,01	1,13	1,69	0,0	0,4	16,2	30,0	1 —	16 30	41,3	460,0		
8	Schifferdecker , Handelsware	3,05	1,30	1,89	4,7	20,4	—	—	1 50	20 —	22,6	304,5		
9	Schifferdecker , Marke F**)	3,04	1,13	1,69	5,2	25,7	19,0	24,5	5 10	14 —	31,5	216,5		
10	Blaubeuren , Handelsware	3,09	1,22	1,85	3,3	27,7	14,3	26,0	2 35	8 30	27,9	182,9		
11	Zurlinden , Handelsware	3,10	1,28	1,90	8,7	35,2	—	28,5	— 81/2	— 35	21,2	135,6		

Neben den angeführten Portlandcementen wurden noch andere, allgemein nicht weiter untersuchte Portlandcemente in den Rahmen der Arbeit eingezogen. Wo diese vorkommen, erscheinen sie besonders bezeichnet.

Zur Erzeugung der *verlängerten* Portlandcement-Mörtelproben diente ein Kalkbrei, welcher durch Löschen von *Ätzkalk* mit kaltem Wasser und darauffolgender Einsumpfung in Wannen mit absaugenden Wandungen gewonnen wurde.

*) H₂O + CO₂ = 2,80 0/0. **) 2. Sendung.

Die *Konsistenz* des Kalkbreies schwankte zwischen: 25,2 bis 29 mm bei Anwendung des 6,0 cm Pistill's und 4,0 kg Schalen-Gewicht unseres Konsistenzmessers, Fig. 14, S. 99 des VI. Heftes.

Der *Glühverlust* des Kalkbreies betrug: 33,7 bis 35,4 %; das *spezifische Gewicht*: 1,34 bis 1,36.

Die *feste Substanz* pro Liter Kalkbrei wurde ermittelt zu: 451,6 bis 460,0 gr.

Bei Verarbeitung und Prüfung vorstehend angeführter Portlandcemente sind die gleichen Hilfsmittel, die nämlichen Maschinen und hauptsächlich der gleiche Normalsand verwendet worden.

Die Erzeugung der Probekörper der Zugfestigkeit besorgte für die ganze Serie ausnahmslos der eine, diejenige der Druckfestigkeit der zweite unserer Laboratoriumsgehilfen.

Folgende tabellarische Zusammenstellungen enthalten die gewonnenen Resultate:

Resultate der Prüfung der Sandfestigkeit.

Mischungsverhältnis in Gew.-T.			Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² ; Wasserlagerung											
			7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
Cement	Zuschlag	Kalkbrei	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
No. 1. Portlandcement von Rob. Vigier; Handelsware.														
1,00	—	—	13,5	152,1	17,8	196,0	26,3	243,5	29,0	299,0	30,6	313,6	32,3	356,0
0,85	0,15 IV	—	13,3	151,5	22,5	198,8	30,2	242,8	—	—	—	—	—	—
0,85	0,15 IX	—	17,6	169,2	27,9	221,5	40,6	281,6	45,6	318,0	43,9	330,1	46,4	343,5
1,00	—	1,00	5,3	82,4	8,4	111,5	11,5	135,7	18,2	187,0	20,4	209,0	20,4	239,0
0,85	0,15 IX	1,00	5,1	79,0	11,9	146,8	16,2	176,5	23,4	199,5	23,9	212,0	23,9	244,0
0,75	0,25 IX	1,00	4,7	68,0	10,9	161,5	19,4	194,2	25,4	207,7	25,1	228,5	25,9	248,0
No. 2. Portlandcement Vorwohle; Staubfein.														
1,00	—	—	35,8	456,2	38,8	563,6	41,7	570,0	52,7	685,5	52,9	706,0	57,8	788,8
0,85	0,15 II	—	32,1	415,0	43,1	652,7	48,9	716,3	58,4	776,0	62,7	746,0	64,3	819,4
0,85	0,15 IX	—	37,2	462,2	54,8	688,8	52,6	668,8	59,8	803,5	70,8	856,0	70,8	840,8
0,85	0,15 XII	—	36,3	320,2	49,2	482,5	56,7	585,7	53,3	606,0	55,0	634,9	54,3	642,8
1,00	—	1,00	16,6	212,5	20,3	216,3	25,6	269,7	32,4	375,0	—	—	—	—
0,85	0,15 II	1,00	14,8	155,7	25,6	273,7	32,3	307,5	40,1	475,5	—	—	—	—
0,85	0,15 IX	1,00	11,8	142,7	23,4	241,9	25,7	366,7	36,7	435,0	—	—	—	—
0,85	0,15 XII	1,00	11,3	106,7	22,8	184,5	28,1	293,0	38,1	351,2	—	—	—	—

Mischungsverhältnis in Gew.-T.			Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² ; Wasserlagerung											
			7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
Cement	Zuschlag	Kalkbrei	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

No. 3. Portlandcement von Dyckerhoff; Langsambinder.

1,00	—	—	22,6	240,8	30,4	319,5	38,1	421,5	36,7	497,7	—	—	—	—
0,85	0,15 IX	—	25,5	270,1	39,8	431,2	53,4	499,5	48,7	539,3	—	—	—	—
0,85	0,15 XII	—	25,2	216,0	40,4	395,5	52,7	503,5	47,4	528,7	—	—	—	—
1,00	—	1,00	10,7	101,5	13,2	135,0	17,2	184,5	19,9	247,5	—	—	—	—
0,85	0,15 IX	1,00	9,4	133,2	19,4	205,2	25,3	269,5	29,9	338,0	—	—	—	—
0,85	0,15 XII	1,00	7,5	103,9	17,0	194,0	27,4	237,2	29,1	257,5	—	—	—	—

No. 4. Desgleichen; Mittelbinder.

1,00	—	—	—	—	23,7	241,4	34,4	293,0	35,8	404,7	—	—	—	—
0,85	0,15 II	—	—	—	34,1	393,9	45,4	509,2	49,0	578,5	—	—	—	—
0,85	0,15 IX	—	—	—	32,4	357,5	49,5	458,0	48,6	523,8	—	—	—	—

No. 5. Desgleichen; Handelsware.

A. Original-Zuschläge.

1,00	—	—	—	—	21,4	125,7	—	—	35,3	205,9	38,3	258,9	—	—
0,85	0,15 I	—	—	—	35,7	250,0	—	—	47,3	305,4	41,5	317,9	—	—
0,85	0,15 II	—	—	—	37,4	225,8	—	—	45,2	276,1	41,1	305,3	—	—
0,85	0,15 III	—	—	—	19,8	129,4	—	—	34,6	187,7	33,3	218,6	—	—
0,85	0,15 IV	—	—	—	22,5	121,2	—	—	34,2	199,4	37,5	235,2	—	—
0,85	0,15 V	—	—	—	19,2	111,6	—	—	30,8	170,9	34,8	206,1	—	—
0,85	0,15 VI	—	—	—	18,5	113,8	—	—	30,9	180,9	34,0	212,8	—	—
0,85	0,15 VII	—	—	—	20,5	122,9	—	—	32,6	179,1	32,6	216,5	—	—
0,85	0,15 VIII	—	—	—	21,4	114,8	—	—	35,2	190,2	39,3	228,6	—	—
0,85	0,15 XII	—	—	—	40,1	206,4	—	—	41,6	270,6	43,3	267,4	—	—
0,85	0,15 XIII	—	—	—	18,8	121,4	—	—	29,1	171,6	28,9	194,9	—	—
0,85	0,15 XV	—	—	—	18,2	125,2	—	—	31,6	175,8	34,0	200,0	—	—

B. Künstlich staubfein zerkleinerte Zuschläge.

1,00	—	—	—	—	21,4	125,7	—	—	35,3	205,9	38,3	258,9	—	—
0,85	0,15 IV	—	—	—	21,2	133,0	—	—	33,0	216,3	36,3	251,1	—	—
0,85	0,15 V	—	—	—	19,0	117,2	—	—	32,0	178,8	34,3	223,5	—	—
0,85	0,15 VI	—	—	—	21,3	118,7	—	—	32,9	182,6	33,0	226,8	—	—
0,85	0,15 VII	—	—	—	20,4	119,4	—	—	36,0	182,1	36,4	213,0	—	—
0,85	0,15 VIII	—	—	—	21,3	143,3	—	—	31,5	200,5	39,3	236,4	—	—
0,85	0,15 XIII	—	—	—	17,8	126,8	—	—	29,8	174,0	30,0	204,1	—	—

Mischungsverhältnis in Gew.-T.			Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² ; Wasserlagerung											
			7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
Cement	Zuschlag	Kalkbrei	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
0,85	0,15 XIV	—	—	—	23,9	136,2	—	—	35,9	226,0	30,9	222,5	—	—
0,85	0,15 XV	—	—	—	18,2	112,9	—	—	32,4	157,9	34,0	187,7	—	—
0,85	0,15 XVI	—	—	—	19,8	107,6	—	—	30,9	165,9	31,1	199,5	—	—

C. Verlängerter Cement-Mörtel.

Mischungsverhältnis:

x Gew.-T. Cement : y Gew.-T. Zuschlag : 0,5 Gew.-T. Kalkhydrat*) : 5,0 Gew.-T. N.-Sand.

1,00	—	0,50	—	—	13,1	100,3	—	—	20,6	150,6	24,4	177,5	—	—
0,85	0,15 I	0,50	—	—	24,3	133,4	—	—	36,3	184,9	32,3	182,6	—	—
0,85	0,15 II	0,50	—	—	25,4	132,7	—	—	33,3	177,5	32,0	181,6	—	—
0,85	0,15 IV	0,50	—	—	13,0	113,1	—	—	24,7	166,5	23,9	176,5	—	—

D. Luftlagerung nach 14-tägiger Wassererhärtung.

1,00	—	—	—	—	27,6	153,3	—	—	42,6	243,9	47,7	250,4	—	—
0,85	0,15 I	—	—	—	39,4	216,0	—	—	41,2	297,1	46,1	321,1	—	—
0,85	0,15 II	—	—	—	36,7	212,2	—	—	38,0	310,6	41,4	319,1	—	—
0,85	0,15 IV	—	—	—	27,9	159,4	—	—	38,9	253,3	42,3	261,4	—	—

No. 6. Portlandcement Schifferdecker; Marke F.

1,00	—	—	22,1	241,0	29,5	330,1	37,5	412,0	39,0	481,5	—	—	—	—
0,85	0,15 II	—	21,9	239,2	38,2	466,8	50,9	525,5	45,7	555,0	—	—	—	—

No. 7. Desgleichen; Staubfein.

1,00	—	—	—	—	41,3	460,0	51,8	552,0	47,4	675,0	—	—	—	—
0,85	0,15 II	—	—	—	53,5	619,0	59,1	755,5	59,7	775,0	—	—	—	—
0,85	0,15 XI	—	—	—	38,4	558,5	48,8	588,0	54,1	657,0	—	—	—	—
1,00	—	1,00	—	—	21,3	216,5	27,8	266,5	27,8	330,0	—	—	—	—
0,85	0,15 II	1,00	—	—	26,7	269,3	34,9	365,0	32,8	462,0	—	—	—	—
0,85	0,15 XI	1,00	—	—	15,2	174,5	21,8	242,0	23,3	319,2	—	—	—	—

No. 8. Desgleichen; Handelsware.

1,00	—	—	—	—	22,6	304,5	31,6	384,0	30,8	445,2	—	—	—	—
0,85	0,15 II	—	—	—	41,2	476,0	53,0	568,5	51,2	565,2	—	—	—	—
0,85	0,15 XI	—	—	—	19,0	205,2	31,9	315,0	32,1	375,2	—	—	—	—
1,00	—	1,00	—	—	14,4	137,5	19,3	182,0	20,1	236,2	—	—	—	—
0,85	0,15 II	1,00	—	—	20,3	182,5	30,8	273,5	29,2	339,0	—	—	—	—
0,85	0,15 XI	1,00	—	—	18,6	176,0	26,8	249,2	26,3	292,0	—	—	—	—

*) In Pulverform.

Mischungsverhältnis in Gew.-T.			Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² ; Wasserlagerung											
			7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
Cement	Zuschlag	Kalkbrei	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

No. 9. Desgleichen; Marke F *).

A. Original-Zuschläge.

1,00	—	—	—	—	31,5	216,5	—	—	45,7	307,6	48,0	340,8	—	—
0,85	0,15 II	—	—	—	32,9	208,4	—	—	50,1	322,1	44,5	327,6	—	—
0,85	0,15 III	—	—	—	30,5	222,4	—	—	38,2	262,7	37,3	312,8	—	—
0,85	0,15 IV	—	—	—	32,7	224,3	—	—	46,7	357,8	47,2	387,6	—	—
0,85	0,15 V	—	—	—	26,6	177,0	—	—	42,0	263,1	40,5	289,8	—	—
0,85	0,15 VI	—	—	—	29,0	199,4	—	—	44,6	320,9	40,0	386,8	—	—
0,85	0,15 VII	—	—	—	29,2	193,3	—	—	44,9	294,9	43,4	328,0	—	—
0,85	0,15 VIII	—	—	—	27,3	182,6	—	—	49,5	307,8	45,4	324,5	—	—
0,85	0,15 XIII	—	—	—	28,4	212,8	—	—	43,6	301,9	40,3	326,5	—	—
0,85	0,15 XIV	—	—	—	30,1	178,7	—	—	34,7	246,4	39,3	259,4	—	—
0,85	0,15 XV	—	—	—	22,7	174,7	—	—	34,7	238,0	42,4	250,0	—	—

B. Künstlich staubfein zerkleinerte Zuschläge.

1,00	—	—	—	—	31,5	216,5	—	—	45,7	307,6	48,0	340,8	—	—
0,85	0,15 I	—	—	—	51,1	415,8	—	—	64,7	551,0	56,9	554,1	—	—
0,85	0,15 IV	—	—	—	35,3	213,5	—	—	48,7	322,3	47,1	364,3	—	—
0,85	0,15 V	—	—	—	24,9	175,0	—	—	37,3	249,2	37,6	279,6	—	—
0,85	0,15 VI	—	—	—	32,2	201,4	—	—	46,0	304,1	51,4	323,7	—	—
0,85	0,15 VII	—	—	—	29,7	205,9	—	—	46,4	306,7	46,4	333,9	—	—
0,85	0,15 VIII	—	—	—	29,7	188,6	—	—	50,2	302,1	49,7	323,7	—	—
0,85	0,15 XII	—	—	—	36,2	258,4	—	—	40,8	314,3	42,4	335,9	—	—
0,85	0,15 XIII	—	—	—	25,3	196,4	—	—	35,7	266,5	37,8	312,8	—	—
0,85	0,15 XV	—	—	—	25,1	182,6	—	—	34,4	273,2	38,9	280,6	—	—
0,85	0,15 XVI	—	—	—	26,5	158,9	—	—	36,9	238,4	39,3	255,1	—	—

C. Verlängerter Cement-Mörtel.

Mischungsverhältnis :

x Gew.-T. Cement : y Gew.-T. Zuschlag : 0,5 Gew.-T. Kalkhydrat *) : 5,0 Gew.-T. N.-Sand.

1,00	—	0,50	—	—	17,6	119,4	—	—	26,1	161,5	27,4	218,9	—	—
0,85	0,15 I	0,50	—	—	33,4	168,9	—	—	37,1	210,5	36,8	193,1	—	—
0,85	0,15 II	0,50	—	—	16,1	123,7	—	—	31,5	202,7	33,1	233,2	—	—
0,85	0,15 IV	0,50	—	—	17,6	128,6	—	—	26,3	167,9	29,5	196,4	—	—

*) 2. Sendung. **) In Pulverform.

Mischungsverhältnis in Gew.-T.			Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² ; Wasserlagerung											
			7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
Cement	Zuschlag	Kalkbrei	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

D. Luftlagerung nach 14-tägiger Wassererhärtung.

1,00	—	—	—	—	30,9	202,2	—	—	41,7	317,3	41,9	338,3	—	—
0,85	0,15 I	—	—	—	40,7	343,1	—	—	47,1	416,3	48,4	482,7	—	—
0,85	0,15 II	—	—	—	34,7	223,5	—	—	37,1	328,3	44,1	359,7	—	—
0,85	0,15 IV	—	—	—	33,1	209,0	—	—	37,8	330,6	46,5	354,5	—	—

No. 10. Portlandcement der Stuttgarter Portlandcementfabrik.

A. Original-Zuschläge.

1,00	—	—	23,4	123,2	27,9	182,9	—	—	39,5	306,0	41,0	313,5	—	—
0,85	0,15 I	—	20,6	120,6	38,2	233,1	—	—	46,4	348,5	46,3	355,6	—	—
0,85	0,15 II	—	18,4	149,7	35,5	253,2	—	—	51,5	350,0	50,4	388,5	—	—
0,85	0,15 IV	—	—	—	29,8	191,6	—	—	41,5	313,3	41,5	319,3	—	—

B. Künstlich staubfein zerkleinerte Zuschläge.

1,00	—	—	23,4	123,2	27,9	182,9	—	—	39,5	306,0	41,0	313,5	—	—
0,85	0,15 II	—	—	—	29,4	190,5	—	—	46,8	346,8	47,9	383,7	—	—
0,85	0,15 III	—	—	—	29,2	199,0	—	—	38,3	291,0	42,1	306,3	—	—

C. Verlängerter Cementmörtel.

Mischungsverhältnis :

x Gew.-T. Cement : y Gew.-T. Zuschlag : 0,6 Gew.-T. Kalkhydrat*) : 5,0 Gew.-T. N.-Sand.

1,00	—	0,50	—	—	15,7	109,9	—	—	28,3	176,0	29,6	192,3	—	—
0,85	0,15 I	0,50	—	—	23,2	135,9	—	—	41,4	225,1	41,9	240,8	—	—
0,85	0,15 II	0,50	—	—	20,7	113,6	—	—	36,5	190,8	38,9	232,7	—	—
0,85	0,15 IV	0,50	—	—	16,4	101,5	—	—	26,0	149,3	28,0	175,2	—	—

D. Luftlagerung nach 14-tägiger Wassererhärtung.

1,00	—	—	—	—	34,5	227,0	—	—	41,4	303,1	53,4	313,5	—	—
0,85	0,15 I	—	—	—	34,3	260,9	—	—	40,1	346,4	43,9	352,8	—	—
0,85	0,15 II	—	—	—	44,1	269,6	—	—	40,0	401,5	40,0	395,9	—	—
0,85	0,15 IV	—	—	—	32,8	233,0	—	—	38,3	329,6	50,9	344,8	—	—

*) In Pulverform.

Mischungsverhältnis in Gew.-T.			Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² ; Wasserlagerung											
			7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
Cement	Zuschlag	Kalkbrei	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

No. II. Portlandcement v. Zurlinden & Co., Aarau; Handelsware.

A. Original-Zuschläge.

1,00	—	—	—	—	21,2	135,6	38,2	244,1	—	—	37,6	263,3	—	—
0,85	0,15 I	—	—	—	40,5	221,4	47,9	327,0	—	—	45,0	334,9	—	—
0,85	0,15 IV	—	—	—	24,9	144,0	38,7	224,9	—	—	38,1	263,1	—	—
0,85	0,15 V	—	—	—	20,6	120,5	32,9	202,7	—	—	33,0	223,5	—	—
0,85	0,15 VI	—	—	—	21,4	120,4	36,2	207,6	—	—	33,6	231,1	—	—
0,85	0,15 VII	—	—	—	21,8	111,7	35,6	181,9	—	—	32,9	196,0	—	—
0,85	0,15 VIII	—	—	—	18,4	106,8	37,7	205,6	—	—	32,4	237,4	—	—
0,85	0,15 XIII	—	—	—	16,7	110,3	26,7	177,5	—	—	31,1	188,3	—	—
0,85	0,15 XIV	—	—	—	19,7	132,7	31,1	229,8	—	—	35,1	231,4	—	—
0,85	0,15 XV	—	—	—	17,1	118,4	27,8	161,6	—	—	35,0	200,5	—	—

B. Künstlich staubfein zerkleinerte Zuschläge.

1,00	—	—	—	—	21,2	135,6	38,2	244,1	—	—	37,6	263,3	—	—
0,85	0,15 II	—	—	—	20,1	127,8	38,0	263,1	—	—	36,9	280,4	—	—
0,85	0,15 III	—	—	—	20,1	98,8	30,6	186,7	—	—	30,1	208,7	—	—
0,85	0,15 IV	—	—	—	25,7	150,0	34,5	232,6	—	—	39,5	270,4	—	—
0,85	0,15 V	—	—	—	20,0	130,6	31,4	205,2	—	—	33,1	244,9	—	—
0,85	0,15 VI	—	—	—	25,2	146,2	37,0	243,1	—	—	34,9	270,4	—	—
0,85	0,15 VII	—	—	—	24,2	117,8	36,4	200,0	—	—	35,1	237,2	—	—
0,85	0,15 VIII	—	—	—	22,2	119,9	37,8	210,7	—	—	39,9	228,1	—	—
0,85	0,15 XII	—	—	—	27,8	147,1	32,5	207,1	—	—	36,8	245,3	—	—
0,85	0,15 XIII	—	—	—	14,3	114,5	26,7	169,6	—	—	30,8	196,4	—	—
0,85	0,15 XV	—	—	—	19,7	101,7	29,3	169,1	—	—	35,4	185,2	—	—
0,85	0,15 XVI	—	—	—	20,7	110,7	32,0	164,6	—	—	33,9	188,8	—	—

C. Verlängerter Cement-Mörtel.

Mischungsverhältnis :

x Gew.-T. Cement : y Gew.-T. Zuschlag : 0,5 Gew.-T. Kalkhydrat*) : 5,0 Gew.-T. N.-Sand.

1,00	—	0,50	—	—	9,4	68,7	—	—	18,3	99,5	23,5	112,4	—	—
0,85	0,15 I	0,50	—	—	21,1	114,0	—	—	26,2	144,0	29,5	149,9	—	—
0,85	0,15 II	0,50	—	—	8,0	64,3	—	—	24,0	109,0	29,0	140,0	—	—
0,85	0,15 IV	0,50	—	—	10,8	82,8	—	—	19,1	114,8	20,4	133,1	—	—

*) In Pulverform.

Mischungsverhältnis in Gew.-T.			Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² ; Wasserlagerung											
			7 Tage		28 Tage		84 Tage		210 Tage		1 Jahr		2 Jahre	
Cement	Zuschlag	Kalkbrei	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

D. Luftlagerung nach 14-tägiger Wassererhärtung.

1,00	—	—	—	—	28,1	149,0	—	—	42,5	247,6	46,6	260,2	—	—
0,85	0,15 I	—	—	—	32,6	232,3	—	—	39,0	333,3	40,1	345,9	—	—
0,85	0,15 II	—	—	—	24,0	136,8	—	—	35,8	279,8	41,8	296,5	—	—
0,85	0,15 IV	—	—	—	26,3	159,3	—	—	38,0	278,0	46,3	295,4	—	—

7. Resultate der Prüfung des Einflusses einiger Zumischstoffe auf die Bindekraft des Portlandcementes bei reichlicher Wassermenge und geringer Rammarbeit.

Mischungsverhältnis in Gew.-T.		Normen- festigkeit nach 28 Tg.		Mischungs- verhältnis in Gew.-T.		Normen- festigkeit nach 28 Tg.		Mischungs- verhältnis in Gew.-T.		Normen- festigkeit nach 28 Tg.	
Cement	Zuschlag	Zug	Druck	Cement	Zuschlag	Zug	Druck	Cement	Zuschlag	Zug	Druck

No. 2. Portlandcement von Vorwohle; Staubfein.

1,00	—	33,2	396,3	0,85	0,15 II	42,5	434,7	0,85	0,15 IX	34,2	396,6
1,00	{ 1,0Kalkb.	19,7	153,8	0,85	{ 0,15 II 1,0Kalkb.	22,3	171,3	0,85	{ 0,15 IX 1,0Kalkb.	13,0	115,2

No. 3. Portlandcement von Dyckerhoff; Langsbinder.

1,00	—	26,8	189,8	0,85	0,15 IX	21,8	178,3	0,85	0,15 XII	33,9	278,0
1,00	{ 1,0Kalkb.	7,7	70,5	0,85	{ 0,15 IX 1,0Kalkb.	7,4	78,1	0,85	{ 0,15 XII 1,0Kalkb.	13,2	103,1

No. 4. Desgleichen; Mittelbinder.

1,00	—	21,5	157,0	0,85	0,15 II	32,3	280,3	0,85	0,15 IX	30,4	244,7
------	---	------	-------	------	---------	------	-------	------	---------	------	-------

No. 6. Portlandcement von Schifferdecker; Marke F.

1,00	—	23,9	188,7	0,85	0,15 II	33,5	231,2	—	—	—	—
------	---	------	-------	------	---------	------	-------	---	---	---	---

No. 7. Desgleichen; Staubfein.

1,00	—	36,4	288,7	0,85	0,15 II	37,7	391,6	0,85	0,15 IX	31,2	253,5
1,00	{ 1,0Kalkb.	14,6	138,3	0,85	{ 0,15 II 1,0Kalkb.	18,6	172,0	0,85	{ 0,15 IX 1,0Kalkb.	12,9	115,0

No. 8. Desgleichen; Handelsware.

1,00	—	27,3	190,0	0,85	0,15 II	30,5	270,5	0,85	0,15 IX	23,2	177,6
1,00	{ 1,0Kalkb.	10,1	107,7	0,85	{ 0,15 II 1,0Kalkb.	12,5	94,6	0,85	{ 0,15 IX 1,0Kalkb.	7,7	81,4

**§. Einfluss der mechanischen Dichtung
und der Menge des Anmachwassers auf die Bindekraft
gemischter Cemente.**

Der Einfluss der mechanischen Dichtung und der Menge des Anmachwassers auf die Kraftentfaltung gemischter Cemente wurde gleichzeitig und in einer besondern Versuchsreihe studiert. Zu diesem Ende wurde ein normaler, ca. 2 Monate gelagerter, garantiert reiner Portlandcement (gewöhnl. Handelsware) des Herrn *Rob. Vigier* in Luterbach, teilweise auch ein reiner Portlandcement, Marke F der Herren *Schifferdecker & Söhne* in Heidelberg, in normengemässer Sandmischung mit verschiedener Wassermenge und variabler Rammarbeit zu Probekörpern der Zug- und Druckfestigkeit verarbeitet. Den Ausgangspunkt für die Wahl der Wassermenge bildete eine breiartig dickflüssige Mörtelkonsistenz, bei welcher es eben noch möglich war, die Formen der Probekörper durch »*Einrütteln*« auf nicht absaugenden Unterlagen zu füllen (Rammarbeit = Null). Mit dieser, sowie mit jeder der folgenden, je um 1⁰/₁₀ abgeminderten Wassermenge wurden Probekörper der Zug- und Druckfestigkeit für zwei Altersklassen angefertigt. Der angefeuchtete Mörtel wurde 5 Minuten lang durchgearbeitet, sodann mit abnehmender Wassermenge *stets intensiver*, in jedem Falle so lange eingestampft, bis die Masse elastisch wurde und eine Wasserabsonderung eintrat. Bei der Erzeugung der Probekörper der Zugfestigkeit wurden ältere und neuere Modelle mit 5 cm² Bruchquerschnitt allein verschiedenen Inhalts verwendet, so dass es nicht möglich war, die specif. Gewichte der Zugkörper mit Sicherheit zu ermitteln. Die in nachstehender Tabelle angegebenen specif. Gewichte (Gewichte der Kubikeinheit) beziehen sich auf die Druckproben und können nur angenähert für jene der Zugproben gelten.

Als Zuschläge wurden sowohl verbindungsfähige, als innerte Silikate benutzt. Ihre Numerierung entspricht derjenigen der tabellarischen Zusammenstellung auf Seite 79.

Lauf. No.	Mischungsverhältnis in Gew.-T.			Menge des An- mach- wassers in 0/0	Spec. Gewicht der Probe körper	Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² , Wasserlagerung				Bemerkungen
	Cement	Zuschlag	Kalkbrei			n. 28 Tagen		n. 210 Tagen		
						Zug	Druck	Zug	Druck	
Portlandcement von Rob. Vigier; Handelsware.										
1	1,00	—	—	9,0	2,27	20,9	146,0	36,3	238,0	Ungemischter Cement
	"	—	—	10,0	2,26	21,9	142,0	36,2	222,0	
	"	—	—	11,0	2,21	17,6	104,0	31,8	153,5	
	"	—	—	12,0	2,19	14,6	91,2	25,1	145,5	
	"	—	—	13,0	2,12	10,4	70,5	21,7	115,6	
2	0,85	0,15 IV	—	9,0	2,27	20,4	162,0	34,2	244,0	Granulierte Schlacke von Choindez.
	"	"	—	10,0	2,24	19,2	135,0	33,7	209,5	
	"	"	—	11,0	2,22	18,8	111,5	31,5	187,0	
	"	"	—	12,0	2,16	13,7	92,0	27,8	136,5	
	"	"	—	13,0	2,12	12,1	78,9	21,9	147,0	
3	0,85	0,15 VIII	—	9,5	2,29	19,6	121,0	31,3	217,2	Selbstthätig zerfallenes Schlackenmehl.
	"	"	—	10,5	2,25	13,4	89,0	29,9	161,7	
	"	"	—	11,5	2,21	10,8	74,1	28,7	134,0	
	"	"	—	12,5	2,17	7,0	70,5	20,3	106,0	
	"	"	—	13,5	2,14	4,5	59,0	16,4	93,0	
4	0,85	0,15 X	—	9,5	2,30	24,9	190,0	39,8	259,0	Schlacken- komposition 1:1; Schlacke IV mit geglühter Thon- substanz.
	"	"	—	10,5	2,24	20,3	126,0	34,5	187,0	
	"	"	—	11,5	2,21	17,7	106,7	32,7	156,0	
	"	"	—	12,5	2,19	13,0	88,2	26,5	133,5	
	"	"	—	13,5	2,14	13,2	71,6	23,3	112,2	
5	0,85	0,15 XI	—	9,5	2,30	25,1	189,5	38,1	297,0	Schlacken- komposition 1:1; Schlacke VIII mit geblühter Thonsubstanz.
	"	"	—	10,5	2,27	23,9	149,5	33,3	239,5	
	"	"	—	11,5	2,23	16,8	111,0	30,3	192,2	
	"	"	—	12,5	2,20	14,5	103,5	31,5	159,7	
	"	"	—	13,5	2,14	12,0	80,5	25,9	154,5	
6	0,85	0,15 II	—	10,0	2,25	22,6	152,8	37,0	237,5	Geglühte Thonsubstanz.
	"	"	—	11,0	2,24	19,8	140,2	36,1	198,1	
	"	"	—	12,0	2,21	15,5	124,0	35,2	166,3	
	"	"	—	13,0	2,17	13,5	97,8	31,0	138,1	
	"	"	—	14,0	2,13	11,9	76,0	28,9	117,3	
	"	"	—	15,0	2,11	10,9	68,2	22,9	111,0	

Lauf. No.	Mischungsverhältnis in Gew.-T.			Menge des An- mach- wassers in 0/0	Spec. Gewicht der Probe- körper	Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² , Wasserlagerung				Bemerkungen
	Cement	Zuschlag	Kalkbrei			n. 28 Tagen		n. 210 Tagen		
						Zug	Druck	Zug	Druck	
Portlandcement Schifferdecker; Marke F.										
7	1,00	—	—	9,0	2,33	35,5	258,7	46,8	379,5	Ungemischter Cement.
	"	—	—	10,0	2,27	32,5	214,0	42,6	285,0	
	"	—	—	11,0	2,19	27,0	130,0	35,5	207,0	
	"	—	—	12,0	2,17	24,0	118,0	31,9	211,0	
	"	—	—	13,0	2,10	16,9	76,5	26,0	144,0	
8	0,85	0,15 X	—	9,5	2,33	40,9	299,0	53,2	445,0	Identisch mit No. 4.
	"	"	—	10,5	2,29	36,4	251,2	44,2	367,0	
	"	"	—	11,5	2,25	29,6	191,0	40,2	265,0	
	"	"	—	12,5	2,21	27,1	144,0	36,7	229,5	
	"	"	—	13,5	2,09	25,2	155,1	33,5	209,0	
9	0,85	0,15 II	—	9,5	2,38	36,3	230,5	47,6	339,0	Geglühte Thonsubstanz
	"	"	—	10,5	2,35	31,8	176,0	46,0	275,0	
	"	"	—	11,5	2,32	21,4	139,5	36,3	236,2	

Zur Ausführung weiterer Versuche mit Schifferdecker-Cement, Marke F, reicht das verfügbare Material nicht aus.

Aus vorstehenden Zahlen geht jedoch schon hervor, dass sowohl der mit granulierter Schlacke für sich, als auch der mit den Schlackenkompositionen No. X und XI gemischte Cement bei angenähert gleicher Dichte der Versuchskörper, gleichviel ob mehr oder weniger Wasser verwendet, mehr oder weniger Rammarbeit verrichtet wurde, selbst bei dem relativ schwachen Cement Vigier im Grossen und Ganzen den kräftigeren Mörtel liefert.

Der erhebliche Rückgang der Festigkeitsverhältnisse des mit an der Luft zerfallener, nicht granulierter Schlacke No. VIII versetzten Portlandcementes (vergl. Versuchs-Serien 1 mit 3) veranlasste eine getrennte Untersuchung der chemischen Affinität der Schlacken No. IV und No. VIII zu Staubhydrat. Während No. IV in verschiedenen Mischungsverhältnissen mit Staubhydrat kräftige Mörtel (Zugfestigkeit nach 28 Tagen 8,0—17,0 kg pro cm²) lieferte, zerfielen sämtliche mit No. VIII erzeugten

Probekörper schon *nach zweitägiger* Wasserlagerung! Diese Thatsache erklärt zur Genüge die Ursache der Abminderung der Festigkeitsverhältnisse des gelagerten Portlandcementes durch Zusatz von selbstthätig, auf der Halde zerfallener, nicht granulierter Schlacke. Sie wirkt offenbar als Sand, als innerer Körper, der den freiwerdenden Kalk im Portlandcement-Mörtel zu binden nicht vermag.

Festzustellen, in wie fern das deutsche Verfahren der Erzeugung der Probekörper, sowie der deutsche Normalsand die Bindekraft des Portlandcementes durch Beimischung einer Schlackenkomposition zum Ausdrucke bringe, haben wir uns an eine befreundete Portlandcement-Fabrik Deutschlands, die sorgfältig arbeitet und über gute Einrichtungen zur Vornahme von Festigkeitsproben verfügt, mit dem Ansuchen gewandt, zwei mit A und B bezeichnete Portlandcemente in der dort üblichen Art und Weise auf Zug und Druck prüfen zu wollen. Absichtlich wurde die Herkunft des Materials verschwiegen und keine Informationen erteilt.

Portlandcement A war Material von *Schifferdecker & Söhne*, Marke F, identisch mit dem von uns verarbeiteten Material. Portlandcement B war eine Mischung von 85 Gew.-T. des gleichen Portlandcementes mit 15 Gew.-Th. No. IX. Folgende Zusammenstellung enthält die in der Fabrik gewonnenen Resultate.

28-Tag-Proben; normale Wassererhärtung.

	Zug		Druck	
	Spec. Gewicht.	Festigkeit.	Spec. Gewicht.	Festigkeit.
Cement A.				
Deutsch. Sand:	2,16	25,9 kg/cm ² ;	2,33	268,1 kg/cm ² .
Schweiz. Sand:	2,11	35,7 „	2,34	308,9 „
Cement B.				
Deutsch. Sand:	2,23	33,0 kg/cm ² ;	2,31	304,6 kg/cm ² .
Schweiz. Sand:	2,20	42,7 „	2,31	332,5 „

Vorstehende Ergebnisse bestätigen unseren Befund; das deutsche Verfahren der Erzeugung der Probekörper, sowie der

deutsche Normsand lassen ebenfalls keinen Zweifel darüber bestehen, dass der rationell gemischte Portlandcement den kräftigeren Mörtel liefert und dass der Unterschied in der Sandbeschaffenheit auf das Mass der Erhöhung der Kohäsion keinen ausschlaggebenden Einfluss besitzt.

4. Resultate der Prüfung der Kiesfestigkeit (Béton) gemischter Portlandemente.

Die Versuche sind ausgeführt an würfelförmigen Körpern mit 16 cm Kantenlänge. Der zur Bétonage verwendete quarzreiche, scharfkörnige Sand passierte ein Sieb mit 25 Maschen per cm^2 und blieb auf einem solchen mit 64 Maschen liegen; fraglicher Sand hatte

ein mittleres spezifisches Gewicht	2,66
ein Volumengewicht, eingerüttelt	1,55 kg/l
1 kg dicht gelagerter Sand enthielt	27,5 cm^3 Hohl ^{*)} .
das Schwindmass des Sandes betrug	5—6 %.

Der *Steinschlag* wurde auf ein Gitter mit ca. 2,4 cm Maschenweite geworfen; kleine Kiesstücke wurden mittelst eines Drahtsiebes mit ca. 1,8 cm Maschenweite entfernt.

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

Das zur Bétonage verwendete *Staubhydrat* ist durch Löschen eines mit schwach hydraulischem Schwarzkalk (der jedoch im Wasser zerfällt) gemischten Luftkalkes gewonnen und gelangte nach ca. $\frac{3}{4}$ -jähriger Lagerung in der Anstalt zur Verarbeitung. Wahrscheinlich sind diesem, sowie dem Umstande, dass die zu den Bétonproben verwendeten Reste der angeschafften Zuzuschmitteln 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 vier Würfel unterworfen und das Mittel aus den drei besten als massgebender Durchschnitt eingestellt worden. Die Erhärtung der Würfel erfolgte 2 Tage an der Luft, 26 Tage unter Wasser.

^{*)} Hohlräume.

Mischungsverh. in Gew.-T.			Druck- festigkeit kg/cm ² nach		Mischungsverh. in Gew.-T.			Druck- festigkeit kg/cm ² nach		Mischungsverh. in Gew.-T.			Druck- festigkeit kg/cm ² nach	
Ce- ment	Zu- schl.	Kalk- brei	28 Tagen	210 Tagen	Ce- ment	Zu- schlag	Kalk- brei	28 Tagen	210 Tagen	Ce- ment	Zu- schlag	Kalk- brei	28 Tagen	210 Tagen

Betonzusammensetzung:

x Gew.-T. Cement : y Gew.-T. Zuschlag : 2,0 Gew.-T. Sand : 5,0 Gew.-T. Kies,
beziehungweise: 0,5 Gew.-T. Kalkbrei : 2,5 Gew.-T. Sand : 6,0 Gew.-T. Kies.

No. 1. Portlandcement von R. Vigier; Handelsware.

1,00	—	—	321,2	354,5	0,85	0,15	II	—	348,6	321,0	0,85	0,15	IX	—	281,1	321,0
0,50	—	0,50	135,0	155,0	0,40	0,10	II	0,50	154,0	172,0	0,40	0,10	IX	0,50	167,6	138,0

No. 3. Portlandcement von Dyckerhoff; Langsambinder.

0,50	—	0,50	164,0	182,0	0,40	0,10	II	0,50	177,2	200,5	0,40	0,10	IX	0,50	185,5	—
------	---	------	-------	-------	------	------	----	------	-------	-------	------	------	----	------	-------	---

No. 4. Desgleichen; Mittelbinder.

1,00	—	—	330,3	374,5	—	—	—	—	—	0,85	0,15	IX	—	403,1	425,0	
0,50	—	0,50	150,1	186,0	0,40	0,10	II	0,50	182,8	204,0	0,40	0,15	IX	—	164,5	202,5

No. 8. Portlandcement v. Schifferdecker; Handelsware.

1,00	—	—	370,8	353,0	—	—	—	—	—	0,85	0,15	IX	—	365,1	423,5
0,50	—	0,50	172,8	193,0	0,40	0,10	0,50	171,3	193,0	0,40	0,10	IX	0,50	179,4	—

z. Resultate der Prüfung der Frostbeständigkeit
gemischter Portlandeemente.

Die Portlandcemente: Blaubeuren No. 10 der Zusammenstellung auf Seite 80 sowie ein aus dem Handel genommener, allgemein nicht weiter untersuchter Portlandcement von Dyckerhoff & Söhne, wurden sowohl in normengemässen Sandmischungen als auch in Mischungen : 1 Cement : 0,5 Kalkbrei : 5,0 N.-Sand zu Probekörpern der Zug- und Druckfestigkeit verarbeitet, sodann nach 4- bis 9-tägiger, bezw. 7- bis 15-tägiger und 28-tägiger Wasserlagerung einem 10- bzw. 20-mal ununterbrochenen Wechsel von Gefrieren und Aufthauen in einem Wasserbade unterworfen. Die Frostwirkung war unter Anwendung von Kochsalz künstlich erzeugt; die Dauer der Frostwirkung betrug durchschnittlich 4 bis 5 Stunden. Unmittelbar nach der letzten Frostwirkung gelangten die Probekörper zur Feststellung ihrer Festigkeit in die Maschinen. Gewichtsverluste wurden nicht erhoben.

Lauf. No.	Mischungsverhältnis in Gew.-T.			Alter der Probe- körper bei der ersten Frost- wirkung Tage		Anzahl der Wirk- ungen	Festigkeits- verhältnisse kg/cm ²	
	Cement	Zuschlag	Kalkbrei	bei der letzten Frost- wirkung Tage	Zug		Druck	
No. 10. Portlandcement von Blaubeuren; Handelsware.								
1	1,00	—	—	6	11	10	23,8	115,3
				7	18	20	24,8	137,2
				28	39	20	29,0	193,8
2	0,85	0,15 I	—	9	14	10	26,9	159,0
				15	26	20	31,5	198,0
				28	39	20	34,3	251,6
3	0,85	0,15 II	—	4	9	10	17,4	89,3
				7	18	20	21,5	90,8
				27	38	20	38,9	202,4
4	1,00	—	0,50	9	14	10	13,4	143,1
				15	26	20	12,9	95,9
				28	39	20	14,2	126,0
5	1,00	0,15 I	0,50	9	14	10	8,2	96,2
				13	24	20	6,0	106,2
				27	38	20	17,7	152,2
6	0,85	0,15 II	0,50	10	15	10	10,9	105,3
				14	25	20	21,9	160,2
				28	39	20	24,9	216,9
Portlandcement Dyckerhoff; Handelsware.								
7	1,00	—	—	7	12	10	14,2	—
				28	39	20	24,2	—
8	0,85	0,15 I	—	7	12	10	13,6	—
				28	39	20	26,8	—
9	0,85	0,15 II	—	7	12	10	15,0	—
				28	39	20	28,2	—
10	0,85	0,15 IV	—	7	12	10	13,8	—
				28	39	20	20,3	—
11	1,00	—	0,50	8	13	10	—*)	—
				28	39	20	8,0	—
12	0,85	0,15 I	0,50	7	12	10	—*)	—
				28	39	20	—**)	—
13	0,85	0,15 II	0,50	7	12	10	—*)	—
				28	39	20	—**)	—
14	0,85	0,15 IV	0,50	8	13	10	—*)	—
				28	39	20	—**)	—

*) Sämtliche Probekörper sind allmähig zerfallen.

***) Einzelne Proben zerfallen.

Die Resultate unserer Untersuchungen lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. *durch inerte Körper, beziehungsweise Silikate mit geringer Kalkkapazität wird die Bindekraft gelagerter Portlandcemente nicht gesteigert.* Bei gleicher Zusatzmenge und wachsender Feinheit nimmt lediglich bloss die Abminderung der ursprünglichen Festigkeitsverhältnisse der Portlandcementmörtel etwas ab.

NB. Unter den zahlreichen bisher geprüften Portlandcementen ist durch Zusatz inerter Körper die Erhöhung der Sandfestigkeit einer einzigen Marke beobachtet worden, die jedoch die Darr- und Glühprobe nicht bestanden hatte. Die Steigerung der Sandfestigkeit dieser Marke ist daher auf eine Reduktion des schädlichen Einflusses der Volumenveränderung dieses Cementes zurückzuführen. Ähnliche Beobachtungen hat unseres Wissens zuerst Dr. H. Frühling bekannt gemacht.

2. *Durch Zusatz bestimmter Mengen wirksamer Zumischmittel wie bestimmter Hochofenschlacken und anderer künstlicher und natürlicher Silikate, kann die Bindekraft normaler Portlandcemente gesteigert werden.*

3. *Geschlemmte, wasseraufsaugende Körper in ausgeglühtem Zustande Portlandcementen beigemischt, steigern die Festigkeit ihrer Normalmörtel nicht unbedingt.* Daraus resultiert, dass die Steigerung der Sandfestigkeit der Portlandcemente durch Zusätze wirksamer, wasseraufnehmender Körper, nicht auf eine innigere Anlagerung der kleinsten Teilchen im Sinne des Ätzkalkzuschlags im Lorient'schen Mörtel, sondern lediglich auf einen chemischen Vorgang zurückzuführen sei.

4. *Die Thatsache, dass ein und dieselbe Hochofenschlacke bei angenähert gleichem Grade der Zerkleinerung zu Kalkhydrat und daher zum Portlandcementmörtel sich in granuliertem und ungranuliertem Zustande völlig verschieden verhält,* weist darauf, dass hier lediglich ein chemischer Vorgang vorliegt, an welchem der Hauptsache nach die Kieselsäure aktiven Anteil nimmt.

5. *Die Thatsache, dass Silikate mit erheblicher Menge verbindungs-fähiger Kieselsäure bei angenähert gleicher chemischer Zusammensetzung und sonst völlig gleicher Behandlung auf die Plastizität des Mörtels und seine Festigkeitsverhältnisse verschiedenartig einwirken,* scheint dafür zu sprechen, dass in schwebender

Frage der *physikalische* Zustand der Thonerde resp. der Kieselsäure eine wesentliche Rolle spielt.

6. *Die Resultate der Festigkeitsproben mit reinen und mit gemischten Portlandcementen bei Luft- und Wassererhärtung mit und ohne Kalkzusatz* beweisen, dass die R. Dyckerhoff'sche Behauptung (S. 76 des Protokolls vom Jahre 1885), wonach »diese Festigkeitssteigerung nicht unter allen Umständen eintritt, . . . dass Mischungen, welche bei Wassererhärtung eine beträchtliche Festigkeitssteigerung ergaben, ein *wesentlich* geringeres Resultat, als der unvermischte Cement lieferten, wenn die betreffenden Proben nur zwei Wochen unter Wasser und dann zwei Wochen an der Luft erhärteten« — in ihrer Allgemeinheit *nicht* aufrecht zu erhalten ist.

7. *Die ausgeführten Frostproben mit ungemischten und gemischten Portlandcementen sind zu wenig umfassend, um eine Schlussfolgerung zu gestatten.* Verschiedene Cemente und deren Mischprodukte scheinen sich gegenüber Frostwirkungen verschieden zu verhalten. Da indessen gemischte Portlandcemente in den ersten Phasen ihrer Erhärtung gegenüber den ungemischten eine abgeminderte Kraftentfaltung besitzen, ist anzunehmen, dass auch ihre Frostbeständigkeit in frischem Zustande derjenigen ungemischter Cemente nachsteht.

Zur Steigerung der Bindekraft normaler Portlandcemente liegt derzeit keine direkte Veranlassung vor. Bezüglich der rationellen Verwendung und Ausnützung der technisch wichtigen Eigenschaften, insbesondere der Festigkeitsverhältnisse der modernen Bindemittel, hat das Baugewerbe mit der Entwicklung und den Fortschritten der Industrien hydraul. Bindemittel keineswegs gleichen Schritt gehalten. So lange aber das Baugewerbe die jetzt schon gebotenen Festigkeitsverhältnisse der hydraulischen Bindemittel direkt oder in Form verlängerter Mörtel ausgiebiger auszunützen nicht vermag, bleibt auch der Wert einer Verbesserung so lange bedeutungslos, als diese nicht auch gleichzeitig eine Preisermässigung dieser Bindemittel nach sich zieht. Daher darf man wohl behaupten, dass die Zukunft der Mörtel-Technik nicht der Verbesserung der jetzt schon meist unausgenützten Mörtelbildner, sondern der fabrikgemässen Herstellung *zuverlässiger, ausreichend fester, adhäsionsreicher* und entsprechend *wohlfeiler* Bindemittel angehöre.

12. Über Mauer- und Cementarbeiten bei niedrigen Temperaturen.

a. Allgemeines.

In die Reihe der Aufgaben, deren experimentelle Untersuchung den Materialprüfungs-Anstalten zufällt, gehört auch die Prüfung des Verhaltens der Baustoffe bei niedrigen Temperaturen und ganz speziell das Aufsuchen geeigneter Schutzmittel, um Mauerwerk und Cementarbeiten vor Frostschäden zu bewahren.

Die Anfänge unserer diesbezüglichen Arbeiten reichen in die Zeit (1884—1885) zurück, zu welcher Zeit im eidg. Festigkeitsinstitute die Frage der Wirkung der Zumischmittel auf die Bindekraft des Portlandcementes studiert wurde; vergl. die Zusammenstellungen auf S. 94 u. f. Später veranlassten äussere Umstände die Frage der Frostbeständigkeitsverhältnisse der hydraul. Bindemittel weiter zu verfolgen und einem vorläufigen Abschlusse zuzuführen.

Im Dezember 1889, als die Maurerarbeit am Neubau des Hôtel Belle-Vue in Zürich durch Eintritt des Frostwetters ins Stocken geriet und die Gefahr für den Bestand des frisch erstellten Mauerwerks sich geltend machte, wandte sich für die Bauunternehmung *Locher & Cie.* in Zürich, Herr Oberst *Fritz Locher* mit der Anfrage an uns, welche Erfahrungen hinsichtlich der Frostbeständigkeit hydraul. Bindemittel vorlägen. Der Bauunternehmung wurde die Anwendung von Portlandcementmörtel sowie absaugender Steine empfohlen. Dank der Sorgfalt der Ausführung wurden damit gute Resultate erzielt. Der Mörtel wurde in kleinen Portionen, mit warmem Wasser angemacht; die Backsteine ungewässert vermauert und das Mauerwerk über Nacht sachgemäss abgedeckt. Während der Arbeit bewegte sich die Lufttemperatur zwischen 2 und 4° C. unter Null.

Im Jahre 1890 stand in Zürich das neue Stadttheater im Bau, für dessen Vollendung bestimmte Termine einzuhalten waren. Die Bauunternehmung, *Locher & Cie.* in Zürich, sah die Notwendigkeit der Winterarbeit voraus und schlug der Bauleitung,

den Architekten *Helmer & Fellner**) vor »bei gelinder Kälte dem zur Mörtelbereitung bisher verwendeten hydraul. Kalke Portlandcement beizumischen und bei stärker auftretendem Frostwetter reinen Portlandcementmörtel zu verwenden, sowie die Bruchsteine durch Backsteine zu ersetzen.«

Diese Vorschläge wurden von Herrn *Helmer* mit Hinweis auf angeblich in Österreich gemachte Erfahrungen, welche dahin lauten, dass Weisskalkmörtel bei Frostwetter genügende Sicherheit für solide Ausführung von Mauerwerk biete, abgelehnt, worauf sich die Bauunternehmung am 25. Oktober schriftlich mit dem Gesuch an den Verfasser wandte und die Frage:

»Welche Art von Mörtel zur Erstellung von Mauerwerk
»bei eintretendem Frostwetter mit dem geringsten Risiko
»zu verwenden sei?«

zu begutachten bat.

Auf Grund unserer Erfahrungen konnte, im Gegensatz zu den Wiener Anschauungen und entgegen der durch Hrn. Architekt *Helmer* nachträglich veranlassten Kundgebung der Genossenschaft der Wiener Stadtbaumeister, angeführt werden, dass die grösste Gewähr für Frostbeständigkeit derjenige Mörtel biete, welcher:

1. in kürzester Zeit abbinde und dabei möglichst hohe Festigkeit erreiche;

2. während des Abbindeprozesses einen möglichst grossen Teil des Anmachwassers chemisch binde;

3. mit der geringsten Wassermenge sich plastisch verarbeiten lasse. Es wurde die Verwendung von rasch bzw. mittelbindenden Portlandcementen, absaugenden Steinen, thunlichst geringe Menge Anmachwasser und die Abdeckung des frischen Mauerwerks empfohlen und darauf hingewiesen, dass gemäss einer Mitteilung der Generaldirektion des Rothschild'schen Eisenwerks zu Witkowitz**), im Winter 1888 auf 89 bei einer Lufttemperatur bis 15° C. unter Null, zwei 50,0 m, eine 45,0 m und zwei 35,0 m hohe Essen mit gesalzenem Schlackencementmörtel

*) Es sei hier bemerkt, dass die Angaben des Herrn Architekt *Helmer*, vergl. die Zeitschrift des österr. Ingr. und Archt.-Vereins, 1893, Seite 28 sowohl bezüglich des Hergangs der Angelegenheit, als auch der schliesslich verwendeten Mörtelsorten nach, ungenau sind.

**) No. 36008 vom 21. November 1890.

1 : 3, unter Anwendung von Schlackensand, zur vollkommenen Zufriedenheit der Werksverwaltung ausgeführt wurden. Am Mauerwerk sind weder Frostschäden noch andere Nachteile beobachtet worden. Der verwendete Schlackencement erhielt fabrikmässig 2% Kochsalz zugemischt. Die Bauunternehmung der Zürcher Theaterbaute hat sich schliesslich für den, mit 2% Kochsalz versetzten *Schlackencement* entschieden und damit die Umfassungswände des Bühnenraums, verschiedene Zwischenmauern, sämtliche Böden und Decken zwischen eisernen Trägern einschliesslich des grossen Bogens über dem Prosceniumsraume ausgeführt. Am 18. April 1893 fand eine Untersuchung der Theaterbaute durch den Berichterstatter statt, wobei keinerlei auf die Winterarbeit oder die Anwendung der Kochsalzzuschläge bezüglichen, nachteiligen Wahrnehmungen gemacht werden konnten. Frostschäden, feuchte Wände u. d. m. lagen nicht vor; dagegen wurden an mehreren Stellen, die offenbar vor der Eindeckung des Gebäudes bezw. die nachträglich zufällig eingewässert waren, staubförmige, mit Kalk untermischte Kochsalzanflüge (weisser Beschlag am Putz) beobachtet.

Die Anwendung von Kochsalz zur Erhöhung der Frostbeständigkeit scheint ziemlich alten Ursprungs zu sein. Wer und wo Kochsalz zu Mauerarbeiten zuerst in Anwendung brachte, war nicht zu ermitteln. Ohne Zweifel geschah dies in der Absicht, den Gefrierpunkt des Wassers zu erniedrigen und damit den frischen Mörtel vor Frostschäden zu bewahren.

Neben dem Kochsalz wurden in verschiedenen Ländern zu verschiedenen Zeiten zum Zwecke der Steigerung der Frostbeständigkeit des frischen Mörtels verschiedenartige Zuschläge gemacht; so die kalzinierte Soda in Deutschland und Frankreich (vergl. die deutsche Bauzeitung, 1893, Seite 153); Seife und Ätzkalk in Norwegen (The Engineers, 1883, 3. Febr.*); Alkohol in Russland u. d. m. Erhebungen, die auf unsere Veranlassung durch den Generaldirektor des norwegischen Strassenwesens, durch Hrn. *H. Krag* in Christiania und Drontheim gepflogen wurden, ergaben übereinstimmend, dass unter -10° C. die Mauerarbeit mit Weisskalk im Freien unzuverlässig sei und

*) Nach Erhebungen, die Herr *H. Krag* zu besorgen die Güte hatte, ist in Norwegen von der Verwendung der Seife oder anderer Zuschläge zum Weisskalkmörtel (Steinkalkmörtel) nichts bekannt.

daher möglichst vermieden werde; dass der bei Mauerarbeiten benützte Stückkalk unmittelbar vor dessen Verwendung, oft in den Mörtelkästen am Gerüste, unter Anwendung warmen Wassers gelöscht, mit aufgetautem oder doch zerstoßenem Sande gemischt und der gewonnene Mörtel »Löschwarm« (20 bis 40° R.) verwendet wird. Mischungsverhältnis: 1 Teil Kalk : 2 bis 3 Teilen Sand. *Zuschläge erhält der Mörtel nicht.* In *Drontheim* werden hart gebrannte Steine verwendet; der *Berichterstatter* bemerkt, dass mit solchen bei wechselnden Temperaturen erstelltem Mauerwerk — Tauwetter bei Tag, scharfe Kälte bei Nacht — häufig schlechte Erfahrungen gemacht wurden. Bauwerke, die bei andauernd niedrigen Temperaturen (—5 bis —8° R.) ausgeführt wurden, z. B. die *Ihlens-Kirche*, in einem andern Falle wurde bei bis —15° R. gemauert, zeigten bei Anwendung warmen Mörtels, gegenüber den im Sommer erstellten Mauerwerke keinen Unterschied. Es würde zu weit führen, an dieser Stelle auf all die grösstenteils widersprechenden Erfahrungen einzutreten, die mit Mauerarbeiten bei niedrigen Temperaturen in den verschiedenen Staaten gemacht wurden. Einer Mitteilung des *Hrn. O. Grunner*, *Dresden*, (vergl. die deutsche Bauzeitung, 1892, St. 154), sei indessen hier noch gedacht, weil die darin niedergelegten Erfahrungen sich in mehreren Punkten mit den unserigen decken. Im Winter 1890/91, bei einer Temperatur von —1 bis 2° R. bei Tag und —4 bis 8° R. bei Nacht, wurde Sandstein-, Klinker- und gewöhnliches Ziegelmauerwerk in Weisskalkmörtel erstellt. Im März und August 1891 wurde die Ausführung untersucht und hat sich hierbei herausgestellt, dass der Mörtel des Sandsteinmauerwerks ohne Kohäsion war; etwas besser erwies sich das Ziegelmauerwerk. Der Fugenmörtel war indessen teilweise von vollkommen sandartiger Beschaffenheit. Beim Klinkermauerwerk war auf ein normales Erhärten des Mörtels zu rechnen. Bei den unter Dach ausgeführten Kellergewölben — in den Kellerräumen wurde Feuer unterhalten — erwiesen sich die Mörtelfugen überraschend gut!

Die kurze Arbeitszeit an Wintertagen, die minderwertigen Leistungen der mit der Kälte kämpfenden Arbeiter, die Verumständlichung und Verteuerung der Ausführung gebieten Cement- und Mauerarbeiten im Freien bei Temperaturen unter Null thunlichst einzuschränken. Wo indessen zwingende Umstände

Winterarbeiten fordern, wird man Frostschutzmittel anwenden und bei der Ausführung Wege betreten, die eine möglichst weitgehende Gewähr für den tadellosen Bestand des Bauwerks bieten. Hier fällt in Betracht:

die Verwendung geeigneter, d. h. solcher Bindemittel, die an sich möglichst frostfest sind;

die Wahl frostfester Füllstoffe in Cementarbeiten, geeigneter, frostfester Steine bei Mauerarbeiten;

die Wahl geeigneter Mischungsverhältnisse von Bindemittel und Füllstoff im Mörtel; sowie die Wahl geeigneter Mengen des Anmachwassers;

die Verwendung von Zuschlägen und Manipulationen zur Beschleunigung des Erhärtungsprozesses;

die Verwendung von Zuschlägen zur Erniedrigung der Erstarrungstemperatur des Anmachwassers; endlich

die sachgemässe Behandlung des erstellten, frischen Mauerwerks oder der Cementarbeit.

b. Experimentelle Untersuchung

der Frostbeständigkeitsverhältnisse der Bindemittel.

Über die Frostbeständigkeitsverhältnisse der unterschiedlichen Bindemittel und ihrer Mörtelsorten weichen die Ansichten und Erfahrungen stark auseinander. Zur Abklärung des Sachverhalts wurden in der schweiz. Materialprüfungs-Anstalt zu verschiedenen Zeiten direkte Frostversuche an Mörteln, Béton- und Mauerwerksorten, teils unter Benützung der natürlichen Winterfröste, teils unter Zuhülfenahme künstlicher Kältemischungen ausgeführt. Die Probekörper waren bald bei Frostwetter im Freien erzeugt und an Ort und Stelle belassen, bald wurden dieselben im Laboratorium angefertigt und nach Ablauf bestimmter Erhärtungsfristen einem Wechsel von Gefrieren und Auftauen unterworfen. Wir beginnen mit der Mitteilung:

a. der Zusammenstellung der Resultate der Laboratoriumsversuche.

Eine erste Versuchsreihe mit reinem, gemischtem und mit pulverförmigem Kalkhydrat verlängertem Portlandcementmörtel, vergl. die Zusammenstellungen auf Seite 94 und 95.

Die Bindemittel der folgenden Versuchsreihe wurden unter zu Grundelegung von schweiz. Normalsand, bei normengemässer, maschineller Erzeugung der Probekörper in Mischungen 1 : 3 erzeugt, sodann nach einer 24-stündigen, 3- und 7-tägigen Luft-erhärtung einem Wechsel von Gefrieren und Auftauen in Wasser von Zimmertemperatur unterworfen. Nach der 25-maligen Frost- einwirkung gelangten die Probekörper in die Festigkeitsmaschinen, bzw. in ein Wasserbad, in welchem dieselben bis zur 28-tägigen Erhärtungsdauer verblieben. Durch Frostwirkung beschädigte Druckflächen und die Anlagerungsflächen der Zugproben wurden vorerst mit reinem, raschbindenden Portlandcement ausgebessert.

Hydraulischer Kalk.

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	CaCO ₃	CaSO ₄	H ₂ O+Bit.
Sorte 1:							
22,77 ⁰ / ₀	5,20 ⁰ / ₀	3,18 ⁰ / ₀	52,30 ⁰ / ₀	1,47 ⁰ / ₀	5,75 ⁰ / ₀	2,25 ⁰ / ₀	6,65 ⁰ / ₀

Sorte 2:							
20,19 „	5,60 „	3,94 „	49,80 „	1,91 „	9,73 „	2,05 „	6,67 „

	Sorte 1	Sorte 2
Specificsches Gewicht	: 2,76	2,81
Glühverlust	: 13,83 ⁰ / ₀	11,02 ⁰ / ₀
Litergewichte, lose	: 0,77 kg	0,83 kg
„ eingerüttelt	: 1,23 „	1,32 „
Mahlungsfeinheit; Rückstand am 900-Sieb:	14,2 ⁰ / ₀	10,0 ⁰ / ₀
Volumenbeständigkeits-Proben	: bestanden	bestanden
Erhärtungsbeginn	: 2 St. 30 Min.	2 St — Min.
Bindezeit	: ca. 48 St.	ca. 25 St.
bei einer Lufttemperatur von	: 14,0 ⁰ C.	14,5 ⁰ C.
Anmachwasser	: 44,0 ⁰ / ₀	43,0 ⁰ / ₀ .

Die normengemässe Sandfestigkeit, 1 : 3, Wasserlagerung, betrug bei

	Sorte 1		Sorte 2	
	Zug	Druck	Zug	Druck
nach 7 Tagen, kg/cm ²	: 2,9	20,9	3,4	32,3
„ 28 „ „	: 8,6	40,8	9,9	52,9

Verhalten des Mörtels in der Frostprobe.

Zeit der ersten Frosteinwirkung	Temperat. des Kühl- schrankes	Beobachtungen	
Sorte 1.			
nach 24-stünd Luftlag.	12 kis 18 ⁰ C.	n. der 1. Frostwirk.	} waren sämtl. Probekörper durch allmähliches Abschälen und Absanden total zerstört.
„ 3-tägiger „	unter Null	„ „ 4. „	
„ 7-tägiger „		„ „ 9. „	
Sorte 2.			
nach 24-stünd. Luftlag.	12 bis 18 ⁰ C.	n. der 6. Frostwirk.	} waren sämtl. Probekörper durch allmähliches Abschälen und Absanden total zerstört.
„ 3-tägiger „	unter Null	„ „ 6. „	
„ 7-tägiger „		„ „ 21. „	

Romancements.

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO₂ Al₂O₃ Fe₂O₃ CaO MgO CaCO₃ CaSO₄ H₂O+Bit.

von Uriol Bertholet, Grenoble;

22,14⁰/₀ 8,74⁰/₀ 3,69⁰/₀ 56,48⁰/₀ 2,02⁰/₀ 3,44⁰/₀ 2,90⁰/₀ 0,16⁰/₀

von Delune & Co., Grenoble:

23,35 „ 8,20 „ 3,74 „ 55,90 „ 1,63 „ 3,49 „ 2,98 „ 1,28 „

Uriol Delune

Specificches Gewicht	: 3,06	3,02
Glühverlust	: 2,13 ⁰ / ₀	2,82 ⁰ / ₀
Litergewichte, lose	: 0,96 kg	0,98 kg
„ eingerüttelt	: 1,52 „	1,49 „
Mahlungsfeinheit, Rückstand am 900-Sieb:	4,8 ⁰ / ₀	10,0 ⁰ / ₀
Volumenbeständigkeits-Proben	: bestanden	bestanden
Erhärtungsbeginn	: 3 ¹ / ₂ Min.	5 Min.
Bindezeit	: 10 „	16 „
bei einer Lufttemperatur von	: 15,4 ⁰ C.	15,0 ⁰ C.
Anmachwasser	: 34,0 ⁰ / ₀	32,0 ⁰ / ₀ .

Die normengemässe Sandfestigkeit, 1 : 3, Wasserlagerung, betrug beim

	Uriol-Cement		Delune-Cement	
	Zug	Druck	Zug	Druck
nach 7 Tagen, kg/cm ²	12,1	91,9	13,5	121,0
„ 28 „ „	11,6	114,0	13,8	154,5

Verhalten des Mörtels in der Frostprobe.

Nach 25-maligem Wechsel von Gefrieren bei -12 bis 18°C und darauf folgendem Auftauen in Wasser zeigten sämtliche Probekörper einen Substanzverlust, Kantenablösungen, schwache Absandung der Oberflächen.

Einzelne Abblätterungen sind ebenfalls vorgekommen. — Die mit den verfrorenen Körpern ausgeführten Festigkeitsproben ergaben folgende Resultate:

Lauf. No.	Bezeichnung des Bindemittels	Zeit der ersten Frosteinwirkung	28 Tagproben, kg/cm^2			
			ohne Frostwirkungen		n. 25 Frostwirkungen	
			Zug	Druck	Zug	Druck
1	Uriol, Grenoble	nach 24-stünd. Luftlag.	11,6	114,0	10,5*)	107,5*)
2	" "	" 3-tägiger "	—	—	10,3*)	125,4*)
3	" "	" 7-tägiger "	—	—	14,1*)	135,0*)
4	Delune, Grenoble	" 24-stünd. "	13,8	154,5	16,0	130,6*)
5	" "	" 3-tägiger "	—	—	14,6*)	148,0
6	" "	" 7-tägiger "	—	—	13,4*)	168,3

Schlackencemente.

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO₂ Al₂O₃ Fe₂O₃ MnO CaO MgO CaS CaCO₃ CaSO₄ H₂O+Bit.

von Choindez:

19,24% 17,15% 1,07% 0,46% 52,40% 0,81% 0,29% 2,88% 0,59% 5,12%

von Neunkirchen:

20,94 „ 14,85 „ 1,03 „ 0,81 „ 43,94 „ 3,58 „ 1,88 „ 5,97 „ 2,49 „ 4,69 „

Choindez Neunkirchen

Spezifisches Gewicht	: 2,67	2,68
Glühverlust	: 7,86%	9,41%
Litergewicht, lose	: 0,93 kg	0,80 kg
„ eingerüttelt	: 1,53 „	1,36 „
Mahlungsfeinheit: Rückstand am 4900-Sieb:	8,0%	7,0%
Volumenbeständigkeits-Proben	: bestanden	bestanden
Erhärtungsbeginn	: ca. 1 St.	ca. 2 St.
Bindezeit	: ca. 5 Si.	ca. 7 St. 30 M.
bei einer Lufttemperatur von	: 20,0°C.	20. °C.
Anmachwasser	: 30,5%	33,5%

*) Probekörper zeigen ziemlich bedeutende, oberflächliche Frostschäden.

Die normengemässe Sandfestigkeit, 1 : 3, Wasserlagerung, betrug bei

		Choindez		Neunkirchen	
		Zug	Druck	Zug	Druck
nach 7 Tagen, kg/cm ²	. :	19,4	171,2	24,3	174,6
„ 28 „ „	. :	24,4	256,0	27,3	255,3

Verhalten in der Frostprobe.

Sichtbare Beschädigungen der Oberflächen der Probekörper lagen nicht vor. Die mit den der Frosteinwirkung unterworfenen Probekörpern (Mörtel 1 : 3) ausgeführten Festigkeitsproben ergaben folgende Resultate :

Lauf. No.	Bezeichnung des Bindemittels	Zeit der ersten Frosteinwirkung	28 Tagproben, kg/cm ²			
			ohne Frostwirkungen		n. 25 Frostwirkungen	
			Zug	Druck	Zug	Druck
1	Choindez	nach 24-stünd. Luftlag.	24,4	256,0	25,4	249,3
2	„	„ 3-tägiger „	—	—	22,7	259,8
3	„	„ 7-tägiger „	—	—	22,8	210,0
4	Neunkirchen	„ 24-stünd. „	27,3	255,3	27,3	250,4
5	„	„ 3-tägiger „	—	—	25,9	248,1
6	„	„ 7-tägiger „	—	—	23,8	224,4

Portlandcemente.

Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Materials.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	CaCO ₃	CaSO ₄	H ₂ O+Bit.
von Dittingen :							
22,15 ^{0/0}	6,31 ^{0/0}	2,94 ^{0/0}	61,88 ^{0/0}	1,40 ^{0/0}	1,64 ^{0/0}	2,01 ^{0/0}	0,86 ^{0/0}
von Mannheim :							
22,01 „	7,45 „	2,76 „	62,05 „	1,27 „	0,65 „	2,12 „	0,76 „
von Wagner & Co., Stans :							
21,10 „	5,95 „	2,54 „	63,54 „	2,33 „	1,65 „	2,18 „	0,74 „
von Zurlinden & Co., Aarau :							
21,57 „	7,57 „	2,64 „	59,02 „	1,35 „	2,39 „	3,50 „	0,98 „
Dittingen Mannheim Stans Zurlinden							
Specif. Gewicht	:		3,18	3,12	3,11	3,04	
Glühverlust	:		1,44 ^{0/0}	1,04 ^{0/0}	1,47 ^{0/0}	1,72 ^{0/0}	
Litergewicht, lose	:		1,26 kg	1,24 kg	1,27 kg	1,26 kg	
„ eingerüttelt	:		1,99 „	1,95 „	2,00 „	1,94 „	

Mahlungsfeinheit	Dittingen	Mannheim	Stans	Zurlinden
Rückstand am 900-Sieb :	0,8 ⁰ / ₀	3,6 ⁰ / ₀	Spur	0,4 ⁰ / ₀
" " 4900 " :	18,0 "	28,6 "	9,2 ⁰ / ₀	19,0 "
Volumenbeständigkeitsproben . :	bestand.	bestand.	bestand.	bestand.
Erhärtungsbeginn :	7 St.	2 St.	35 Min.	6 St.
Bindezeit :	ca. 18 St.	7 St.	6 St.	ca. 24 St.
bei einer Lufttemperatur :	15,5 ⁰ C.	15,5 ⁰ C.	15,0 ⁰ C.	16,2 ⁰ C.
Anmachwasser :	27,0 ⁰ / ₀	26,0 ⁰ / ₀	24,0 ⁰ / ₀	29,0 ⁰ / ₀

Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels, (1 : 3), Wasserlagerung; kg/cm².

Zug nach 7 Tagen . . . :	25,0	17,6	20,9	21,7
" " 28 " . . . :	30,9	21,2	26,3	30,4
Druck " 7 " . . . :	221,0	144,0	176,3	261,4
" " 28 " . . . :	324,8	189,0	243,0	322,8

Verhalten in der Frostprobe.

Sichtbare Beschädigungen der Oberflächen der Probekörper kamen bei ungemischten Portlandcementen nicht vor. Die mit den der Frosteinwirkung unterworfenen Probekörpern (Mörtel, 1 : 3) ausgeführten Festigkeitsproben ergaben folgende Resultate:

Lauf. No.	Bezeichnung des Bindemittels	Zeit der ersten Frosteinwirkung	28 Tagproben, kg/cm ²			
			ohne Frostwirkungen		n. 25 Frostwirkungen	
			Zug	Druck	Zug	Druck
i. Versuchsreihe: Ohne Kalkzuschlag.						
1	Dittingen	nach 24-stünd. Luftlag.	30,9	324,8	27,8	330,4
2	"	" 3-tägiger "	—	—	28,6	299,9
3	"	" 7-tägiger "	—	—	27,0	297,4
4	Mannheim	" 24-stünd. "	21,2	189,0	22,4	189,2
5	"	" 3-tägiger "	—	—	24,4	211,4
6	"	" 7-tägiger "	—	—	21,3	216,0
7	Wagner, Stans	" 24-stünd. "	26,3	243,0	24,9	239,8
8	"	" 3-tägiger "	—	—	26,7	283,0
9	"	" 7-tägiger "	—	—	25,6	240,3
10	Zurlinden & Co.	" 24-stünd. "	30,4	322,8	26,0	296,1
11	"	" 3-tägiger "	—	—	28,7	302,0
12	"	" 7-tägiger "	—	—	28,0	283,1

Lauf. No.	Bezeichnung des Bindemittels	Zeit der ersten Frosteinwirkung	28 Tagproben, kg/cm ²			
			ohne Frost- wirkungen		n. 25 Frost- wirkungen	
			Zug	Druck	Zug	Druck

2. Versuchsreihe:

Mischungen 1,0 Gew.-T. Cement : 0,25 Gew.-T. Kalkhydrat (pulverfmg)

1	Dittingen	nach 24-stünd. Luftlag.	24,9	305,3	23,8	265,6
2	"	" 3-tägiger "	—	—	25,3	287,9
3	"	" 7-tägiger "	—	—	22,7	259,0
4	Mannheim	" 24-stünd. "	18,3	187,3	13,1	187,0
5	"	" 3-tägiger "	—	—	15,5	161,5
6	"	" 7-tägiger "	—	—	18,7	163,3
7	Wagner, Stans	" 24-stünd. "	22,9	244,4	21,1	215,9
8	"	" 3-tägiger "	—	—	19,9	229,4
9	"	" 7-tägiger "	—	—	15,6	225,3
10	Zurlinden & Co.	" 24-stünd. "	21,9	261,1	20,2	231,6
11	"	" 3-tägiger "	—	—	18,6	264,1
12	"	" 7-tägiger "	—	—	17,8	239,5

3. Versuchsreihe:

Mischungen 1,0 Gew.-T. Cement : 0,50 Gew.-T. Kalkhydrat (pulverfmg).

1	Dittingen	nach 24-stünd. Luftlag.	22,2	245,8	20,7	228,1
2	"	" 3-tägiger "	—	—	20,5	196,9
3	"	" 7-tägiger "	—	—	22,0	189,5
4	Mannheim	" 24-stünd. "	9,3	94,9	5,7	74,0
5	"	" 3-tägiger "	—	—	9,0	101,9
6	"	" 7-tägiger "	—	—	11,8	108,0
7	Wagner, Stans	" 24-stünd. "	20,1	204,8	16,5	157,4
8	"	" 3-tägiger "	—	—	19,5	185,1
9	"	" 7-tägiger "	—	—	15,7	181,0
10	Zurlinden & Co.	" 24-stünd. "	18,6	213,4	15,9	180,6
11	"	" 3-tägiger "	—	—	18,9	200,5
12	"	" 7-tägiger "	—	—	18,2	196,1

Zu vorstehenden Versuchsreihen sei bemerkt, dass sämtliche Mörtelproben mit Kalkzusatz, welche nach 24-stündiger Luftlagerung den Frostwirkungen ausgesetzt wurden, etwelche, meist aber nur geringfügige, bei den verschiedenen Portland-Cementsorten wechselnd grosse Beschädigungen erfuhren.

β. Zusammenstellung der Resultate der Frostversuche im Freien.

Dank dem Entgegenkommen der Baugesellschaft *Locher & Co.*, der *Stadtverwaltung Zürich* und den unten angeführten *Cementfabriken* ist es gelungen, einen grösseren Versuch von Frostproben unter Benützung der Winterfröste durchzuführen. Am Krautgarten-Areale der Stadt Zürich wurden unter Aufsicht des Berichterstatters, durch die Baugesellschaft *Locher & Co.*, grössere Objekte in Stampfbéton, Bruchstein- und Ziegelmauerwerk in Weisskalk, hydraul. Kalk, Schlacken- und Portlandcement, die letztern ungemischt und mit 2 Gew.-% Kochsalz versetzt, erstellt. Gleichzeitig wurden die verwendeten Bindemittel normengemäss untersucht und zu Probekörpern der Zug- und Druckfestigkeit, 1 : 3, in 3 Altersklassen verarbeitet, von welchen die eine Hälfte die normale Wasserlagerung erfuhr, die andere unmittelbar nach dem Ausschalen aus den Modellen, also in völlig frischem Zustande, der Frostwirkung ausgesetzt wurde. In der Regel wurden diese Proben bei ca. 9- bis 12-stündiger Dauer der jedesmaligen Frostwirkung in 24 Stunden 2-mal dem Wechsel von Gefrieren und Auftauen in Wasser unterworfen. Nach 7- und 28-tägiger Erhärtungsfrist wurden die Kohäsionsverhältnisse der Mörtel geprüft, während die Probekörper der 3-ten Altersklasse nach ca. 20-maligem Wechsel der Frosteinwirkung bis zur einjährigen Erhärtungsfrist unter Wasser aufbewahrt worden sind.

Während der Erstellung der Beobachtungsobjekte wurden ferner mit jeder Sorte der verwendeten Mörteln, eine Reihe würfelförmiger Probekörper der Druckfestigkeit erzeugt, ausgeschalt und, ähnlich den Hauptobjekten, an Ort und Stelle den Einflüssen der Witterungsverhältnisse ausgesetzt.

Nach Feststellung des Arbeitsvorganges und Zufuhr der Materialien, konnte am 7. Januar 1891 mit der Ausführung der Versuchsobjekte begonnen werden; sie dauerte 3 Tage, während welchen folgende Lufttemperaturen herrschten:

	8 Uhr:	12 Uhr:	2 Uhr:	6 Uhr:
am 7. Januar:	-10,0 ⁰ C.;	-7,5 ⁰ C.;	-7,5 ⁰ C.;	-9,0 ⁰ C.
„ 8. „	-9,5 „	-7,5 „	-7,0 „	-8,0 „
„ 9. „	-11,5 „	-9,0 „	-9,0 „	-10,5 „

Als Bindemittel wurden verwendet:

Portlandcement von Rob. Vigier, Luterbach.

Spec. Gewicht	: 3,04;	Volumenbest.-Proben:	bestanden.
Glühverlust	: 2,87 ⁰ / ₀ ;	Rückstand am 900-Sieb:	1,9 ⁰ / ₀ .
Litergewicht, lose	: 1,36 kg;	„ „ 4900-Sieb:	14,6 „
Bindezeit	: ca. 22 St.		

Festigkeitsverhältnisse nach:

7 Tag. 28 Tag. 1 Jahr.	7 Tag. 28 Tag. 1 Jahr.
ungesalzen;	mit 2 ⁰ / ₀ Kochsalz versetzt;

bei normaler Wasserlagerung:

Zug, 1 : 3 :	18,4	26,1	38,2 kg/cm ² ;	19,4	26,8	35,4 kg/cm ² .
Druck, 1 : 3 :	236,6	296,1	410,0 „	225,3	290,0	402,8 „

dem Frost ausgesetzt:

Zug, 1 : 3 :	15,7	32,0	50,8 kg/cm ² ;	16,1	32,2	49,3 kg/cm ² .
Druck, 1 : 3 :	114,1	218,3	372,8 „	131,9	234,4	365,8 *

Schlackencement von Choindex.

Spec. Gewicht	: 2,62;	Volumenbest.-Proben:	bestanden.
Glühverlust	: 9,90 ⁰ / ₀ ;	Rückstand am 900-Sieb:	0,0 ⁰ / ₀ .
Litergewicht, lose	: 1,06 kg;	„ „ 4900-Sieb:	10,0 „
Bindezeit	: ca. 8 St.		

Festigkeitsverhältnisse nach:

7 Tag. 28 Tag. 1 Jahr.	7 Tag. 28 Tag. 1 Jahr.
ungesalzen;	mit 2 ⁰ / ₀ Kochsalz versetzt:

bei normaler Wasserlagerung:

Zug, 1 : 3 :	19,7	25,1	32,0 kg/cm ² ;	20,3	28,3	36,6 kg/cm ² .
Druck, 1 : 3 :	167,0	201,4	301,4 „	166,5	221,6	351,1 „

dem Frost ausgesetzt:

Zug, 1 : 3 :	0,0	9,3	23,4 kg/cm ² ;	0,0	3,3	18,8 kg/cm ² .
Druck, 1 : 3 :	39,2	90,4	201,8 „	30,2	37,3	196,9 „

Hydraul. Kalk der Kalk- und Cementfabrik Beckenried vormals Sevestre & Co.

Litergewicht, lose: 0,90 kg; Bindezeit ca. 24 St.; Volumenbeständigkeitsproben: bestanden; Rückstand am 900-Sieb: 27⁰/₀.

Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels, 1 : 3,

7 Tagen; 28 Tagen; 1 Jahr.

ungesalzen; normale Wasserlagerung:

Zug	: 2,4	7,8	17,9 kg/cm ² .
Druck	: 14,0	35,0	85,8 „

dem Frost ausgesetzt:

Zug	: 0,0	9,5	13,8 kg/cm ² .
Druck	: 4,0	27,8	62,8 „

Weiss- oder Luftkalk.

Der verwendete Weisskalk war aus $\frac{1}{2}$ Seebacher- und $\frac{1}{2}$ Dielsdorfer Kalksteinen gebrannt, hierauf gelöscht und eingesumpft. Der Weisskalkmörtel (2 : 3 in Vol.-T.) ist den Festigkeitsproben nicht unterworfen worden. Die Frostproben hat derselbe nicht bestanden; *sämtliche Probekörper sind beim Auftauen zerfallen.*

Zur Mörtel- und Bétonbereitung diente ungewaschener *Seesand* mit 1,45 kg, rundliches *Seekies* mit 2,20 kg Litergewicht. Ersterer war gefroren und musste vor der Verwendung zerstampft werden; der *Seekies* (im Korn bis ca. Hühnereigrösse) war stellenweise zusammengeballt, mit Schneebrocken untermischt, die während der Bétonzeugung ausgeschieden wurden. Der verwendete Bruchstein war ein ganz schwach absaugender Sandstein; die blass-rosafarbigem Backsteine von Zürich waren frisch und ziemlich stark wasserabsaugend; sie wurden ungenutzt vermauert.

Das Anmachwasser war durchschnittlich auf 20° C. erwärmt; die Menge desselben schwankte mit dem Bindemittel und der Mörtelart. Bei der Bétonbereitung wurde die Wassermenge derart gewählt, dass der Béton stampfgerecht erschien, beim Einstampfen plastisch wurde und eine geringe Wasserabsonderung ergab. Der zur Vermauerung der Bruchsteine und Backsteine benützte Cement- und hydraul. Kalkmörtel war ziemlich steif, doch immerhin noch wurfgerecht. Für das Backsteinmauerwerk war die Mörtelkonsistenz etwas flüssiger gewählt, als für das Bruchsteinmauerwerk. Die Mörtel- und Bétonzusammensetzung ist aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich.

Weisskalkmörtel	: 1 Vol. Kalkteig	: 3 Vol. Seesand;	Wassermenge ist nicht bestimmt.
Hydraul. Kalkmört.	: 1 Vol. hydr. Kalk	: 3 Vol. „	; Wasserm. c. 19,0% ^{*)} ;
Schlackencementmört.	: 1 Vol. Cement	: 3 Vol. „	; „ c. 18,0% ^{*)} ;
Portlandcementmört.	: 1 Vol. „	: 3 Vol. „	; „ c. 15,0% ^{*)} ;
Der Béton enthielt	: 1 Vol. Bindemitt.	: 2 Vol. „	; 4 Vol. rundes Flussschotter (Seekies).

Die Menge des Anmachwassers betrug im Portlandcementbéton: ca. 10%^o; im Schlackencementbéton: ca. 11%^o; im hydraul. Kalkbéton: ca. 12%^o vom Gewichte der trockenen Mörtelsubstanz.

*) vom Gewichte der trockenen Mörtelsubstanz.

Erstellt wurden im Ganzen 17 Probekörper mit zusammen 37,1 m Frontlänge und 17,72 m³ Inhalt und zwar erhielten die Probekörper in

Béton:	2,20 m Länge;	1,50 m Höhe;	0,30 m Dicke;
Bruchsteinmauerwerk:	2,20 m „ ;	1,50 m „ ;	0,40 m „ ;
Backsteinmauerwerk:	2,15 m „ ;	1,50 m „ ;	0,25 m „ .

Sämtliche Objekte standen frei, isoliert; sie ruhten auf einer 20 cm starken, mit ca. 4 cm dicken Brettern bedeckten Sand-schüttung. Brettoberkante fiel auf Bodenhöhe.

Während der Ausführung des Mauerwerks wurde konstatiert, dass der frische Mörtel in der Regel schon nach $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde nach dem Auftragen erstarrte. Der aus den Fugen herausgequollene Mörtel war durchwegs gefroren. Wie tiefgreifend die Frostwirkung reichte, konnte nicht ermittelt werden. Die sämtlichen Bétonkörper blieben von einem Tag zum andern in der Verschalung. Nach der Ausschalung erschien der Béton ziemlich fest; stellenweise mit schwacher Eiskruste überzogen (gefrorenes, ausgestossenes Anmachwasser).

Etwa 24 Stunden nach Fertigstellung eines Mauerkörpers, bezw. nach Ausschalung der Bétonkörper wurde die der Wetterseite zugekehrte Langseite, sowie je eine der Schmalseiten mit dem, dem Probekörper entsprechendem Mörtel verputzt (Dicke des Bestichs: 1,5 cm). Auch erhielten die meisten Probekörper aus dem erübrigten Mörtel eine allseitig abgeschrägte, ziemlich dünn auslaufende Abdeckung. Diese Abdeckung wurde Fall für Fall unmittelbar nach Vollendung des Probekörpers erstellt.

Der erste Winter war reich an Abwechslung. Die scharfe Kälte dauerte bis zum 23. Januar. Inzwischen fiel Schnee, welcher in der Zeit vom 24. Januar bis 2. Februar zu Folge Eintritts von Tauwetter grössernteils weggeschmolzen ist und die Probekörper ziemlich stark durchnetzte. Am 2. Februar fand die erste Untersuchung der Probekörper statt, welche ergab, dass sämtliche Probekörper einschliesslich dem Verputze scheinbar unbeschädigt geblieben sind. Im späteren Verlaufe des Winters wechselte Frost, Schneefall mit Tauwetter und Regen, wodurch einzelne Probekörper deutliche Frostschäden erlitten. Anlässlich der 2. Inspektion (18. Mai 1892) wurde festgestellt, dass der Verputz und die obere Abdeckung der Mauerwerkskörper aus Bruchsteinen und Weisskalk abgefallen war, während

der hydraul. Kalk haften blieb, doch teilweise hohl klang und ziemlich stark beschädigt erschien. Der Bewurf in Cement war durchwegs gut erhalten; dagegen zeigten die Abdeckungen in ungesalzenem Mörtel an den auslaufenden Kanten Abblätterungen und Risse. Der Béton mit ungesalzenen Cementen war entschieden weniger fest als jener mit gesalzenen; der Béton aus hydraul. Kalk hat oberflächlich gelitten; die Aussenflächen und die Kanten der Proben waren von geringer Kohäsion und begannen rauh und stumpf zu werden. Das Bruchsteinmauerwerk war bis auf die in Weisskalk gemauerten Körper intakt. Bei letzterem erschien der Mörtel locker und zeigte tiefgreifende Frostschäden. Besser war das Backsteingemäuer in Weisskalk erhalten; allein die Mörtelbänder erwiesen sich bei näherer Untersuchung von lockerer Beschaffenheit; der Mörtel selbst fast ohne Festigkeit, sandig, leicht zerreiblich. Ähnlich, doch wesentlich fester war der Mörtel im Bruchsteinmauerwerk und hydraul. Kalk; soweit der Fugen-Mörtel von Aussen beurteilt werden konnte, hat derselbe durch Frost gelitten. Wesentlich besser erhalten und fester erwies sich der hydraul. Kalkmörtel im Backsteingemäuer; eigentliche Frostschäden konnten überhaupt nicht nachgewiesen werden.

Im Laufe der Zeit sind die Probekörper wiederholt besucht und ihr Zustand untersucht worden. Es würde zu weit führen die einzelnen Erhebungen und Wahrnehmungen hier anzuführen. Erwähnt sei indessen, dass im Juli 1891 eine Ecke des in Weisskalkmörtel erstellten Bruchsteinmauerwerks sich abgelöst hatte und dass der Béton in hydraul. Kalk durch Materialverlust begann seine ursprüngliche Form allmähig zu verlieren. Die endgültige Aufnahme des Zustandes der Probekörper am Krautgarten-Areale der Stadt Zürich erfolgte am 17. April 1893, der teilweise Abbruch derselben im Beisein der Teilnehmer der Generalversammlung des Vereins schweiz. Gyps-, Kalk- und Cement-Fabrikanten am 19. April gl. J. Folgende tabellarische Gegenüberstellung enthält eine Übersicht über die Erhebungen betreff des schliesslichen Zustands der Versuchsobjekte.

1. Beschaffenheit der Versuchsobjekte in Portlandcement.

Ungesalzen.

Gesalzen.

Béton.

Ca. 20 cm über dem Boden oberflächlich verfroren; im Übrigen vollkommen intakt, fest; tadellos.

Überhaupt tadellos; die Festigkeit und Widerstand gegen Angriffe des Spitz Eisens, ähnlich wie beim ungesalzenen.

Bruchsteinmauerwerk.

Vollkommen intakt, ohne Frostschäden.

Vollkommen intakt, ohne Frostschäden; die Mörtelbeschaffenheit u. Festigkeit wie beim ungesalzenen.

Backsteinmauerwerk.

Vollkommen intakt, ohne Frostschäden; die Adhäsion des Mörtels an die Steine so gross, dass beim Abbruch der obersten Schichten die Steine brechen.

Genau gleich wie beim ungesalzenen.

Abdeckung.

Am Béton und Bruchsteinmauerwerk:

Liegt stellenweise hohl; auslaufende Ränder stellenweise beschädigt; Oberfläche lokal abgeblättert; Haften im allgemeinen befriedigend.

Fast gar keine Frostschäden; keine Abschieferungen; besseres Haften; weniger häufig hohl liegend.

Am Backsteinmauerwerk:

Keine Beschädigung; keine Abschieferung; stellenweise hohl; doch wesentlich weniger häufig als zuvor.

Ein Unterschied gegenüber der Abdeckung mit ungesalzenem Portlandcement war nicht zu konstatieren.

Verputz.

Am Béton und Bruchsteinmauerwerk:

Hart über dem Boden am Béton abgeblättert; die haftend gebliebene Schicht tadellos; ganzer Putz bis auf einige Nester vollkommen intakt; gut haftend; fest.

Überhaupt keine Frostschäden; selbst am *Bruchstein* besseres Haften; hohle Stellen nur längs einer oberen Kante vorhanden. Am Béton ist der Verputz tadellos.

Am *Bruchstein* vorwiegend hohl; stellenweise abgeblättert; Kanten abgefroren.

Am Backsteinmauerwerk:

Keine Frostschäden; vereinzelte hohle Stellen; Haften gut.

Keine Frostschäden; fast vollkommen frei von hohlen Stellen; Haften gut. Im Ganzen scheint der Verputz besser als beim ungesalzenen Portlandcement zu sein.

2. Beschaffenheit der Versuchsobjekte in Schlackencement.

Ungesalzen.

Gesalzen.

Béton.

Krone, unabgedeckter Teil, auf 2,5 cm Tiefe weniger fest als der übrige Körper. Kleine Frostablösungen; sonst alles intakt; fest; Festigkeit fast so gross als diejenige des Portlandcementes.

Überhaupt keine Beschädigung. Festigkeit durchwegs eher besser als beim ungesalzenen Schlackencement-Béton.

Bruchsteinmauerwerk.

Vollkommen intakt; keine Frostschäden; Mörtel schwächer als beim Portlandcement; gut haftend.

Vollkommen intakt; keine Frostschäden; Mörtel eher etwas fester als beim ungesalz. Schlackencement.

Backsteinmauerwerk.

Vollkommen intakt; keine Frostschäden; Mörtel fester als zuvor. Beim Abbruch brechen selbst einzelne Steine der obersten Schichten.

Genau wie vorher; ein wesentlicher Unterschied ist nicht zu konstatieren.

Abdeckung.

Am Béton und Bruchsteinmauerwerk:

Oberflächlich durchwegs leicht abgeschiefert; Tiefe der Abschieferung verschieden, bis auf 3 cm; auslaufende Ränder gänzlich verfroren; mürbe, weich; Haften wechselnd gut.

Wesentlich besser erhalten; auf einer Schmalseite sind die auslaufenden Ränder zerstört. Lamellare Ablösungen weniger zahlreich; nur ganz oberflächlich. Abdeckung liegt stellenweise hohl.

Am Backsteinmauerwerk:

Keine Abblätterungen; besseres Haften; stellenweise hohl; auslaufende Ränder intakt; meist gut haftend. Festigkeit des Mörtels normal.

Alles wie vorher; ein wesentlicher Unterschied ist nicht konstatiert.

Verputz.

Am Béton:

Oberste Schicht auf ca. 3 mm Tiefe abgefroren, teilweise abgefallen. Der Rest rau, ziemlich fest; gut haftend.

Putz fast vollkommen intakt; eine Kante teilweise hohl und abgelöst. Auf den Breitseiten, hart über dem Boden hohl. Mörtel gut haftend und fest.

Am Bruchsteinmauerwerk:

Oberste Lage bis auf ca. 5 mm abgefroren; teilweise abgefallen; meist locker haftend; vorwiegend hohl. Mörtelfestigkeit gering.

Selbst über Boden gut; keine Abblätterungen; stellenweise hohl. Mörtelfestigkeit normal; steht dem Portland nach.

Am Backsteinmauerwerk :

Stellenweise hohl; Kanten schadhaft; haften bis auf die Kanten gut. Putz schwindrissig; angemessen fest.

Entschieden besser als beim ungesalzenen Schlackencement; keine Frostschäden; Haften gut; Ecken tadellos. Schwindrissigkeit eher geringer als beim ungesalzenen Schlackencement.

3. Beschaffenheit der Versuchsobjekte in hydraul. Kalk (ungesalzen).

Béton.

Schon nach dem ersten Winter beschädigt; die Frostschäden nehmen von Jahr zu Jahr zu. Kern des Körpers ziemlich hart und fest. Oberfläche abgefroren; der Probekörper verlor seine ursprüngliche Form.

Backsteinmauerwerk.

Der Fugenmörtel überraschend gut. Keine Frostbeschädigung konstatiert.

Bruchsteinmauerwerk.

Der Fugenmörtel bis auf ca. 8 cm Tiefe frostbeschädigt; ziemlich mürbe, zerreiblich. Im Kern des Körpers ziemlich fest; Haftung stellenweise sehr mangelhaft.

Abdeckung.

Gänzlich abgefroren und teils abgeblättert, teils in zusammenhängenden Fladen sowohl vom Bruchsteinmauerwerk als vom Backsteinmauerwerk, abgefallen. Intakte, anhaftende Stücke sind nicht vorhanden.

Verputz.

Am *Béton und Backsteinmauerwerk* der Hauptsache nach abgefroren und abgefallen; am Backsteinmauerwerk hart über dem Boden bis auf ca. 30 cm Höhe ganz abgefallen; Rest stellenweise abgeblättert; ebenso sind die Kanten stellenweise intakt; stellenweise abgefallen. Der abgeschieberte Mörtel ist ähnlich den von der Backsteinmauerabdeckung herrührenden Fladen, angemessen fest und hart.

4. Beschaffenheit der Versuchsobjekte in Weisskalk (ungesalzen).

Bruchsteinmauerwerk.

Der Versuchskörper ist teilweise zusammengebrochen; der Fugenmörtel ist durchwegs locker, leicht zerreiblich, trocken. Im obern Teil des Probekörpers sind stellenweise Auswaschungen des Fugenmörtels vorgekommen. Der Mörtel ist im untern Teil besser; jedoch ohne ausreichende Härte und Festigkeit.

Backsteinmauerwerk.

Der Fugenmörtel ist sandig, leicht zerreiblich, ohne Kohäsion; Haften schlecht.

Verputz.

Gänzlich abgefallen und zwar sowohl am Bruchstein- als am Backsteinmauerwerk.

Abdeckung.

Gänzlich verfroren; abgelöst und kohäsionslos.

Bemerkung. Sämtliche Probekörper, welche mit gesalzenen Bindemitteln ausgeführt wurden, zeigten an der der Wetterseite ausgesetzten Breitseite etwelche Salzausschwitzungen. Die grössten Beschläge zeigten die Backsteine. Von der Hygroskopicität des Kochsalzes herrührende feuchte Stellen konnten weder an den Backsteinen, noch am Bruchsteinmauerwerk oder am Béton entdeckt werden.

Sämtliche in Würfelform gebrachte Mörtelproben, vergl. S. 109, sind offenbar zufolge des Wasserreichtums der beim Vermauern der Steine benützten Mörtelsorten und der nicht absaugenden Wirkung der eisernen Formen, in welchen diese Mörtelproben erstarrten, durch Frostwirkung bei Lagerung im Freien zerstört worden.

γ. Übersicht über die gewonnenen Resultate.

Bevor wir die Ergebnisse der Frostproben mit den, am Areale der Stadt Zürich erstellten Probekörpern zusammenfassen, wird es nützlich sein, in Erinnerung zu bringen, dass der Salzgehalt der gesalzenen Bindemittel zu 2% von deren Gewichte gewählt war. Da nun die Volumengewichte der Bindemittel verschieden sind, anderseits die Menge Anmachwasser, also das Lösungswasser des Salzes von einem Mörtel zum andern schwankte, da ferner für 1% Kochsalz die Erniedrigung des Gefrierpunktes des Lösungswassers 0,6°C. beträgt, so ist klar, dass der Gefrierpunkt des Anmachwassers, somit die Erstauungstemperatur der unterschiedlichen Mörtel auch verschieden lag. An Hand der vorstehend angegebenen Zahlenwerte lässt sich der Gefrierpunkt der bei der Bétonierung und dem unterschiedlichen Mauerwerk verwendeten Mörtelsorten ohne weiteres ermitteln.

Die bezügliche Rechnung ergab für den:

	Portlandcement;		Schlackencement;		Hydraul. Kalk.	
Mörtelmischung in Vol. :	1 : 2	1 : 3;	1 : 2	1 : 3;	1 : 2	1 : 3.
Menge d. Anmachwassers:	10 0/0	15 0/0;	11 0/0	18 0/0;	12 0/0	19 0/0.
<i>Salzgehalt</i> , bezogen auf das Anmachwasser :	6,4 0/0	3,2 0/0;	4,9 0/0	2,2 0/0;	—	—
Erniedrigung des Gefrier- punktes :	-3,8°C.	-1,9°C.;	-2,9°C.	-1,3°C.;	—	—

Hieraus geht zunächst hervor, dass der gewählte Salzzuschlag zur Erniedrigung des Gefrierpunktes des Wassers unter die Temperatur, die während der Erstellung unserer Versuchsobjekte herrschte (-7 bis 11,5 bei Tag), nicht ausreichte; eine Thatsache, die übrigens die direkte Beobachtung vollauf bestätigt. Dessen ungeachtet war der Salzzuschlag von unverkennbarer

Wirkung, die ohne Zweifel gesteigert worden wäre, wenn die Salzmenge der Lufttemperatur vollkommener angepasst worden wäre.

Bezüglich der Frostbeständigkeit der Bindemittel bestätigen die Versuche, dass dem *Portlandcement* die erste Stelle gebührt. Dem Portlandcemente zunächst steht der *Schlackencement* von Choindez; dieser dürfte etwa als dem, im Verhältnisse 1 : 0,25 mit pulverförmigem Kalkhydrat verlängerten Portlandcemente gleichwertig anzusehen sein. Der *hydraul. Kalk* ist im allgemeinen nicht frostbeständig und zu Maurerarbeiten bei niedrigen Temperaturen nur bedingungsweise verwendbar. Der *Weisskalk* steht in Hinsicht auf Frostbeständigkeit auf der tiefsten Stufe; derselbe ist bei scharfem Frostwetter zu Maurerarbeiten im Freien nicht geeignet; bei mildem Frostwetter und auch dann nur unter Zuhaltung bestimmter Vorsichtsmassregeln zulässig (vergl. das norwegische Mörtelbereitungsverfahren auf S. 100 u. 101).

Aus unsern Versuchen geht endlich das bautechnisch wichtige Resultat hervor, *dass in der Frage der Erstellung von Mauerwerk bei niedrigen Temperaturen die absaugende Wirkung des Steinmaterials von ausschlaggebender Bedeutung sei!* Allerdings bezieht sich diese Beobachtung zunächst nur auf die hydraul. Bindemittel, indem der Weisskalk bei scharf absaugender Wirkung der Steine auch ohne Frosteinwirkungen zu sandigen, leicht zerreiblichen, oft kohäsionslosen Mörtelbändern führt.

Endlich sprechen unsere Versuche dafür, dass unter sonst gleichen Verhältnissen ein Bindemittel desto frostbeständiger sei, je kleiner die Menge des Anmachwassers gewählt wird; selbst normale Portlandcementsmörtel gehen zu Grunde, wenn sie in flüssiger Breikonsistenz angemacht, direkt dem Froste ausgesetzt werden.

δ. Der mörteltechnische Wert der Zuschläge zur Erniedrigung des Gefrierpunktes des Wassers und zur Beschleunigung des Erhärtungsprozesses hydraul. Bindemittel.

So lange das Anmachwasser eines hydraul. Bindemittels in flüssigem Zustande sich befindet, geht der Erhärtungsprozess bei niedrigen Temperaturen, obschon wie bei Schlacken- und Portlandcements (vergl. das VI. Heft der offiz. Mitteilungen S. 274 u. f.) stark verzögert, dennoch stetig vor sich. Die Kohäsionsverhältnisse der bei Temperaturen unter Null erhärtenden Mörtel sind nicht

erforscht. Die auf S. 112 u. f. angeführten Beobachtungen scheinen indessen dafür zu sprechen, dass beim Übergange des Porenwassers in feste Aggregatform, sofern nicht wasser-satte Mörtel vorliegen, die notwendigerweise eine Lockerung des Zusammenhanges erfahren müssten, der Erhärtungsprozess aufgehoben wird, um später bei Eintritt höherer Temperaturen reaktiviert zu werden. Folgendes Beispiel bestätigt diese Ansicht. Beim Baue des neuen physikalischen Institutes des schweiz. Polytechnikums wurde die in Schlackencementbéton ausgeführte Untermauerung des nördlichen Treppenaufgangs durch den Eintritt des Frostwetters überrascht. Im Auftrage und in Anwesenheit des bauleitenden Architekten, des Hrn. Prof. *G. Lasius*, überbrachte uns der Bauführer, Herr Architekt *Münch*, ein Stück des fraglichen Bétons, welcher sich durch eine auffallend geringe Kohärenz auszeichnete. Ein grösseres Teilstück des Bétonblockes wurde in ein Wasserbad versenkt, in welchem dasselbe allmählig völlig normale Festigkeiten annahm. Der Béton der Treppenuntermauerung hat im Frühjahr, beim Eintritt milder Witterung, ebenfalls eine befriedigende Versteinerung erfahren, zu Folge dessen der vorgesehene Abbruch dieser Ausführung unterblieb.

Dass durch im Wasser lösliche Salze sowohl dessen Gefrierpunkt erniedrigt, andererseits auch der Erhärtungsprozess der Bindemittel beschleunigt werden kann, ist bekannt. Allein unter den vielen in dieser Hinsicht untersuchten Salzen giebt es relativ nur wenige, die mörteltechnisch verwertbar sind. Einzelne dieser Salze haben als chemische Präparate lediglich akademische Bedeutung; andere besitzen Eigenschaften, die ihre Anwendung zu Bauzwecken von vorneherein ausschliessen, wie z. B. das Chlorcalcium, Chlormagnesium u. a. m.

Als Stoffe, die den Gefrierpunkt des Wassers wirksam erniedrigen wären anzuführen: *das Kochsalz, der Alkohol, das Glycerin*. Von untergeordneter Bedeutung ist *die Soda* und *das Kali-Alaun*. Die erstere giebt nach Prof. Dr. *Pernet's* Ermittlungen bei $-2,2^{\circ}\text{C}$. mit 8% Sodagehalt eine gesättigte Lösung. Bei 0°C . gesättigte Alaunlösungen erniedrigen den Gefrierpunkt des Wassers blos um $0,15^{\circ}\text{C}$.; es ist daher mittelst Soda und Alaun eine Erniedrigung der Gefriertemperatur unter bezw. $-2,2$ und $-0,15^{\circ}\text{C}$. nicht zu erreichen.

Tabelle der Erniedrigung des Gefrierpunktes des Wassers.

Erniedrigung um ° C.	nach: Fordert an:	Alkohol.	Glycerin.	Kochsalz.	Soda.	Alaun.
		Raoult.	Pernet.	Rüdorff.	Pernet.	Pernet.
1		2,7 0/0	5,0 0/0	1,7 0/0	3,2 0/0	—
2	"	5,5 "	10,5 "	3,3 "	6,7 "	—
3	"	8,0 "	16,0 "	5,0 "	—	—
4	"	10,6 "	21,5 "	6,7 "	—	—
5	"	13,0 "	27,0 "	8,4 "	—	—
6	"	15,3 "	32,0 "	10,0 "	—	—
7	"	17,8 "	37,5 "	11,7 "	—	—
8	"	19,8 "	42,5 "	13,4 "	—	—
9	"	21,9 "	48,0 "	15,0 "	—	—
10	"	23,6 "	52,5 "	16,7 "	—	—
12	"	27,6 "	62,0 "	20,0 "	—	—
14	"	31,3 "	71,5 "	23,4 "	—	—
16	"	35,1 "	80,5 "	26,7 "	—	—

Das *Kochsalz* des Handels ist mit kleinen Mengen Chlor-magnesium verunreinigt und verdankt diesem seine bekannte, schwankende Hygroscopicität. Die krystallin. Soda ($\text{NaCO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$) verwittert an der Luft unter Abgabe von ca. 0,9 ihres Wasser-gehalts; sie zerfällt in Pulver, welches wohl unbedeutend hygroscopisch aber nicht zerfliesslich ist. Luftbeständiger als die Soda ist das Kali-Alaun ($\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 24\text{H}_2\text{O}$), welches zu den nicht hygroscopischen Salzen gehört.

Über den Einfluss des *Glycerin* und des *Kochsalzes* auf die Bindekraft hydraul. Bindemittel vergl. beziehungsweise die Zusammenstellungen auf S. 56 und 68 des vorliegenden Heftes. In diesen Versuchsreihen wurden verschiedene Bindemittel mit variablen Glycerin- und Kochsalzmengen verarbeitet und die gewonnenen Probekörper teils in reinem Wasser, teils an der Luft bis zur Zeit der Probeausführung aufbewahrt. Später sind die nachstehenden Versuchsreihen ausgeführt worden, welche neben der Erhärtung an der Luft auch eine solche in der *Anmachflüssigkeit* vorsehen.

Eigenschaften des Versuchsmaterials.

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Spec. Ge- wicht γ	Glüh- ver- lust %	Volumen- gewichte kg/l		Mahlungs- feinheit in %		Abbinde- Verhältnisse			Normen- festigkeit kg/cm ² nach 28 Tagen			
				lose δ_1	inge- rüttelt δ_3	Rückstand am 900 S. 4900S.	Tem- pera- tur ° C.	Be- ginn St. M.	Ende St. M.	Zug	Druck			
a. Hydraul. Kalke.														
1	Gemisch versch. Kalke	2,76	13,8	0,77	1,23	14,2	—	14,0	2	30	48	—	8,6	40,8
2	" " "	2,81	11,0	0,83	1,32	10,0	—	14,5	2	—	25	—	9,9	52,9
b. Romancemente.														
3	Uriol, Grenoble	3,07	3,6	0,95	1,55	7,1	19,4	15,8	—	3	—	7	11,7	119,8
4	Delune, Grenoble	3,10	3,4	1,01	1,56	11,0	27,0	15,9	—	7	—	20	12,4	97,6

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Spec. Ge- wicht γ	Glüh- ver- lust %	Volumen- gewichte kg/l		Mahlungs- feinheit in %		Abbinde- Verhältnisse			Normen- festigkeit kg/cm ² nach 28 Tagen	
				lose δ ₁	inge- rüttelt δ ₃	Rückstand am 900 S. 4900S.	Tem- pera- tur ° C.	Be- ginn St. M.	Ende St. M.	Zug	Druck	
												Spur
5	v. Roll, Choindez	2,67	7,9	0,93	1,53	Spur	8,0	20,0	1 -	5 -	24,4	256,0
6	Erhardt, Neunkirchen	2,66	8,0	0,78	1,29	Spur	5,7	15,0	3 30	14 -	25,4	226,9
c. Schlackencemente.												
7	Feer & Flatt, Frauenfeld	3,04	5,8	1,14	1,79	0,4	23,0	16,0	1 30	9 -	21,8	232,9
8	P.-C.-F. Mannheim	3,12	1,0	1,24	1,95	3,6	28,6	15,5	2 -	7 -	21,2	189,0
9	Vigier, Luterbach	3,13	1,4	1,07	1,69	Spur	3,3	16,7	- 35	1 15	27,7	301,5
10	Wagner & Cie., Stans	3,07	4,0	1,07	1,73	Spur	3,5	15,5	2 -	6 -	29,2	290,5
11	Wagner & Cie., Stans	3,11	1,5	1,27	2,00	Spur	9,2	15,0	- 35	6 -	26,3	243,6

Resultate der Festigkeitsproben.

No. des Binde- mittels	Gehalt des Zuschl. in der An- mach- flüssigk. Gew. %	Festigkeit des Normenmörtels, kg/cm ²											
		Lagerung i. d. Anmachflüssigk.						Luftlagerung					
		7 Tage		28 Tage		84 Tage		7 Tage		28 Tage		84 Tage	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
1. Alkohol-Zuschlag.													
d. Portlandcemente.													
8	0,0	17,6	144,0	21,2	189,0	26,5	252,1	20,7	152,6	27,8	216,2	25,8	232,6
	6,0	14,6	104,9	22,1	161,4	29,3	205,0	17,5	132,4	25,4	204,1	30,2	231,6
	13,0	11,3	83,9	18,0	133,9	26,9	187,6	16,2	115,0	20,5	184,8	25,7	208,5
	20,0	10,0	65,3	15,9	104,6	24,9	135,3	15,9	87,9	19,4	143,5	25,9	178,9
9	0,0	19,5	216,4	27,7	301,5	40,1	439,2	26,0	241,6	36,7	333,3	38,9	380,6
	6,0	16,6	168,8	26,8	268,1	36,5	350,9	25,0	187,6	33,1	282,1	37,1	313,9
	13,0	12,2	116,0	27,2	261,4	32,8	332,9	22,9	172,0	29,6	280,0	33,2	299,5
	20,0	9,3	90,8	20,4	179,0	31,2	255,3	14,7	96,0	18,5	200,8	19,0	201,8
11	0,0	20,9	176,3	26,3	243,6	30,7	326,4	21,2	184,6	28,6	247,0	30,8	278,9
	6,0	15,9	134,3	22,1	192,9	30,6	262,6	21,0	155,9	28,7	243,9	25,3	234,5
	13,0	10,9	103,8	16,8	160,1	28,3	241,6	18,0	112,3	23,5	206,0	26,2	228,1
	20,0	6,4	52,4	15,4	97,0	27,1	167,4	13,3	93,6	20,4	171,3	23,0	189,8
2. Kochsalz-Zuschlag.													
a. Hydraul. Kalke.													
1	0,0	2,9	20,9	8,6	40,8	14,3	69,9	3,7	24,5	8,4	46,3	8,2	70,3
	10,0	3,0	24,8	9,3	43,9	14,6	59,9	4,3	28,0	9,2	50,0	16,3	76,4
2	0,0	3,4	32,3	9,9	52,9	17,6	91,8	9,0	39,0	9,1	70,8	8,8	79,6
	10,0	5,2	37,0	11,3	57,9	18,5	79,3	5,3	43,3	10,6	72,0	17,9	100,0
b. Romancemente.													
3	0,0	10,4	91,0	11,7	119,8	20,7	210,5	16,7	109,6	25,7	179,8	29,4	235,3
	10,0	11,5	91,8	17,6	127,8	25,4	190,0	13,7	103,6	26,6	152,6	28,4	223,8
4	0,0	9,5	72,6	12,4	97,6	18,9	125,4	9,8	92,6	9,5	118,4	11,6	130,6
	10,0	7,4	62,1	11,2	80,4	21,7	152,0	9,8	64,0	11,0	95,4	13,1	139,8

No. des Binde- mittels	Gehalt des Zuschl. in der An- mach- flüssigk. Gew. 0/0	Festigkeit des Normenmörtels, kg/cm ²											
		Lagerung i. d. Anmachflüssigk.						Luftlagerung					
		7 Tage		28 Tage		84 Tagen		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
c. Schlackencemente.													
5	0,0	19,4	171,2	24,4	256,0	29,9	304,1	21,5	184,0	27,8	255,9	28,1	281,5
	10,0	14,2	122,4	18,1	152,4	19,7	185,4	17,1	139,0	20,3	183,1	26,2	239,1
6	0,0	20,9	176,1	25,4	226,9	29,8	258,1	17,2	165,7	26,0	232,6	30,9	288,2
	10,0	18,6	152,1	24,0	182,4	30,7	217,1	16,4	162,6	23,3	218,6	25,5	261,5
d. Portlandcemente.													
7	0,0	11,7	159,4	21,8	232,9	24,3	273,9	17,3	147,6	22,5	206,3	24,3	240,4
	10,0	12,0	113,1	17,9	144,5	24,3	199,0	18,0	119,8	23,3	181,8	27,5	233,3
8	0,0	17,6	144,0	21,2	189,0	26,5	252,1	20,7	152,6	27,8	216,2	25,8	232,6
	10,0	15,8	111,0	17,4	161,6	24,2	185,2	15,7	123,4	21,0	168,6	25,1	221,5
10	0,0	20,3	228,0	29,2	290,5	34,9	390,6	22,7	255,3	28,0	314,1	33,8	428,9
	10,0	19,6	190,6	23,7	252,8	32,5	322,3	24,5	227,0	30,1	279,3	36,8	368,1

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von S. 69 geht aus vorstehenden Zusammenstellungen hervor, dass Kochsalzzuschläge die hydraul. Mörtel im allgemeinen nachteilig beeinflussen. Der Grad der Abminderung der Bindekraft gesalzener Mörtel im Vergleiche zu den Ungesalzenen schwankt von Bindemittel- zu Bindemittel-Sorte und ist auch bei der nämlichen Gattung hydraul. Bindemittel verschieden. Indessen ist im allgemeinen die abmindernde Wirkung der Kochsalzzuschläge, in Mengen, wie sie unter unsern klimatischen Verhältnissen als Zuschläge zum Mörtel gebraucht werden, nicht so erheblich, dass gegen die Anwendung solcher Zuschläge berechtigte Bedenken erhoben werden könnten. Der Alkohol verzögert die Abbindung, reduziert die Anfangsenergie der Portlandcemente und mindert deren Bindekraft in höherem Masse ab, als das Kochsalz.

Alkohol in Verbindung mit Soda oder Alaun dürfte einen besondern mörteltechnischen Wert besitzen; indessen sind derartige Kombinationen hierorts noch nicht näher geprüft worden.

Als *Zuschläge zur Beschleunigung des Erhärtungsprozesses* fallen in Betracht, vergl. die Mitteilungen auf S. 303 u. f. des VI. Heftes der offiz. Mitteilungen,

beim Romancement: Kaliumsulf.; Kalialaun; Magnesiumfluat; Soda.

beim Schlackencement: Kaliumsulfat; Gyps; Kalialaun; Chlorbaryum; Magnesiumfluat; Soda; Heintzels Thonerde-Präparat (D. R. P. No. 38692).

beim Portlandcement: Kaliumsulfat; Kalialaun; Soda; Heintzels Thonerde-Präparat (D. R. P. No. 38692), Kochsalz bei niedrigen Temperaturen.

Die vorstehenden Zuschläge wirken durch Umlagerung der Moleküle und *Produktion von Wärme*, die an sich als ein wesentlicher Faktor zur Beschleunigung des Erhärtungsprozesses anzusehen ist, vergl. die Versuchsergebnisse auf S. 303 u. f. des VI. Heftes der offiz. Mitteilungen. Das Anwärmen des Sandes, des Lösch- und Anmachwassers; die norwegische Technik der Mörtelbereitung durch Löschen des Ätzkalkes im Mörtelkasten, die Zumischung von reinem Ätzkalk zum Cement, das Aufstellen von Kokskörben u. d. m. haben direkt eine Steigerung der Temperatur des Mörtels und damit ein rascheres Binden des Bindemittels zum Zwecke.

Als Wärme produzierende Zuschläge sind nach *Ruhoff's* Untersuchungen anzuführen

beim Romancement: Gyps; Kalialaun.

beim Schlackencement: Kaliumsulfat; Natriumsulfat; Magnesiumsulfat; Kochsalz; Magnesiumfluat.

beim Portlandcement: Kaliumsulfat; Kalialaun; Magnesiumsulfat; Soda u. d. m.

Der mörteltechnische Wert der meisten dieser Stoffe ist nicht genügend untersucht. Unsere Versuchsergebnisse fassen auf nicht ausreichend breiten Grundlagen, um aus diesen in schwebender Sache ein abschliessendes Urteil abzuleiten. Immerhin geht aus dem vorliegenden Versuchsmaterialie hervor, dass dem Techniker bei Ausführung von Cement- und Maurerarbeiten bei niedrigen Temperaturen eine Reihe nützlicher Hilfsmittel zur Verfügung stehen, die derselbe nebst dem Bindemittel, der Art der Mörtelbereitung der herrschenden Temperatur und den lokalen Verhältnissen entsprechend wählen und anpassen kann. Als Zuschläge spielen hierbei der Alkohol, das Alaun, das Kochsalz, die Soda, sowie der Ätzkalk schon aus dem Grunde eine bedeutsame Rolle, weil diese Stoffe innerhalb der vorkommenden Gebrauchsmengen zwar wechselnde, allein ausgesprochen sehr nachteilige Einflüsse auf die Bindekraft der hier speziell in Betracht fallenden Bindemittel (Schlacken- und Portlandcement) nicht ausüben; vergl. in dieser Hinsicht die Zusammenstellungen auf S. 69 u. f. des vorliegenden Heftes.

ε. Schlusswort.

Die Ergebnisse vorstehender Untersuchungen führen zu folgenden Schlussfolgerungen:

Bei Erstellung von Mauerwerk bei niedrigen Temperaturen sind *absaugende frostfeste* Steine in kleinen Portionen und unter Anwendung vorgewärmten Sandes und Anmachwassers bereitete hydraulische Mörtel zu verwenden. Bei Temperaturen bis zu -10°C . genügt ein kräftiger hydraul. Kalk; Mischungsverhältnis von Kalk zu Sand 1 : 1 bis 1 : $2\frac{1}{2}$ in Volumen-Teilen; Menge des Anmachwassers möglichst gering; Mörtelkonsistenz eben noch streich- und wurfgerecht. Bei Temperaturen unter -10°C , ferner bei starkem Temperaturwechsel insbesondere bei intensiven Nachfrösten ist als Bindemittel ein fein gemahlener, möglichst raschbindender Portland- oder Schlackencement zu verwenden. Unter sonst gleichen Verhältnissen ist dem Portlandcement der Vorzug zu geben.

Bei Vermauerung von *nicht absaugenden* Steinen (Bruchsteine) bzw. bei Ausführung einer Bétonage bei niedrigen Temperaturen sind nur frostfeste Steine, also frostfeste Füllstoffe und Cement als Bindemittel anzuwenden. Dem zu diesem Zwecke besonders fein zu mahlenden Portlandcemente gebührt, vor dem Schlacken- und Romancement, der Vorzug. Mischungsverhältnis des Mörtels 1 : 2 bis 1 : 3 in Vol.-T.; Zusammensetzung des Bétons 1 : 2 : 4 bis 1 : 2 : 6. Menge des Anmachwassers möglichst gering; Konsistenz des Mörtels streich- und wurfgerecht; Konsistenz des Bétons stampfgerecht. Sand und das Anmachwasser sind vorzuwärmen ($40-60^{\circ}\text{C}$.); das Stein- und Kiesmaterial muss eis- und schneefrei sein; die Mörtel- und Bétonbereitung hat in kleinen Portionen zu erfolgen. Zuschläge zur Erniedrigung des Gefrierpunktes des Wassers und zur Beschleunigung des Erhärtungsprozesses des Bindemittels sind bei Temperaturen bis ca. -10°C , überflüssig. Bei Temperaturen unter -10°C . (in Winterszeiten, bei intensiven Nachfrösten) können als Zuschläge das Kochsalz, das Alaun, die Soda, der Ätzkalk (zerkleinert) oder Kombinationen dieser Zuschläge verwendet werden; die Menge der Zuschläge bestimmt Fall für Fall die herrschende Lufttemperatur; sie werden entweder dem Bindemittel oder dem Anmachwasser zugesetzt. Über Nacht ist frisch erstelltes Mauerwerk sowie der Béton sorgfältig abzudecken und vorhandene Verschalungen am Béton stehen zu lassen. Im Innern von Bauwerken ist das Aufstellen von Kokskörben empfehlenswert.

13. Der Schlackencement.

Schlackencemente, vergl. das VI. Heft, S. 69, sind fabrikmässig hergestellte Gemenge aus

granulierter, getrockneter und hierauf staubfein gemahlener, basischer Hochofenschlacke und pulverförmigem Kalkhydrat (Staubkalk, Staubhydrat etc.).

Nach örtlichen Verhältnissen und der Schlackenbeschaffenheit erhalten diese Gemenge noch etwelche *Zuschläge*, die bald auf eine Kräftigung des Cementes abzielen, bald Zwecks Regulierung der Farbe und der Bindezeit verwendet werden.

In Deutschland wird der Schlackencement bald »*Puzzolancement*« bald »*Schlackenkalk*« genannt. Die erstere Bezeichnung hat lediglich nur den Vorteil eines guten Klanges für sich; der letztere ist sachlich unglücklich gewählt. *Puzzolancement* ist eine Kollektiv-Bezeichnung und könnte nur jener Cement-Species als Name zuerkannt werden, deren Gewinnung thatsächlich auf der Verarbeitung einer geeigneten Puzzolanerde basieren würde. Ebenso wenig als etwa einem Gemenge aus staubfeingemahlenem Steintrass und pulverförmigem Kalkhydrat die Bezeichnung »*Puzzolancement*« zukommen kann, ebensowenig gebührt sie einem Produkte, dessen wesentlicher Bestandteil die *Hochofenschlacke* bildet. *Schlackenkalk* ist ohne Zweifel eine wesentlich zutreffendere Bezeichnung, sie kennzeichnet jedoch die Kittungs- und die hydraul. Erhärtungsfähigkeit der fraglichen Fabrikate ungenügend, so dass wir nach wie vor an der schon im Jahre 1882 gewählten Benennung (*Schlackencement*) festhalten.

Wo Schlackencemente fabrikmässig in handelsgerechter Form zuerst erzeugt wurden, ist schwer festzustellen. In einer Zuschrift vom 21. Juli 1890 teilt uns Herr *Fr. W. Lürmann*, Hütteningenieur in Osnabrück, hierüber folgendes mit:

»Die ersten Versuche, die granulirte, getrocknete und gemahlene Hochofenschlacke in Mischungen mit zu Pulver gelöschtem Kalk als Cement zu Mörtel zu verwenden, habe ich im Anfang

der 60-er Jahre als Betriebsleiter der Hochöfen der Georgsmarienhütte gemacht.

Die ersten Mengen dieser Materialien wurden mit den Vorrichtungen der Georgsmarienhütte hergestellt. Als diese nicht mehr ausreichten, wurde eine benachbarte Mahlmühle (Getreidemühle?) hinzugezogen.

Die ersten Zahlungen für Mahlen und Mischen an diese wurden 1867 geleistet. Dies sind die Notizen, welche die Geschäftsbücher ergeben.«

Der Vortrag des Herrn *Fr. W. Lürmann*, »Über Hochofenschlacken und deren Verwendung«, gehalten am 7. Januar 1867 im Techniker-Verein zu Osnabrück, enthält nichts, was den Ursprung des Schlackencementes dokumentieren könnte. Dagegen finden wir in der uns 1890 durch Herr *Lürmann* zugesandten Broschüre:

»Über die Herstellung der Mauersteine aus granulierten Hochofenschlacken«, S. 10 das Protokoll über Versuche mit granulierten Hochofenschlacken, welche auf Veranlassung des Herrn Generaldirektor *E. Langen*, zu Friedrich-Wilhelms-Hütte bei Siegburg durch eine Kommission, bestehend aus den Herren *Brandenburg*, kg. Kreisbaumeister; *Court*, Kommunal-Baumeister; *Ph. Hansen*, Trassmühlen-Besitzer; *J. Homburg*, Bauunternehmer; den 17. Oktober 1861 durchgeführt wurden. Dem vom 12. März 1862 datierten Schlussprotokoll entnehmen wir, dass die angezogene Kommission mit folgenden Materialien gearbeitet hat:

1. mit frisch gelöschtem Kalk;
2. » rheinischem Trass;
3. » gewöhnlichen Mauersand;
4. » grobem, porösem Sande aus Hochofenschlacken, nach dem Verfahren des Herrn *E. Langen*, präpariert (*granuliert*); ferner
5. mit demselben präparierten, indessen feingemahlener Schlackensande;
6. endlich mit Portlandcement des Bonner Bergwerks- und Hüttenvereins.

Aus diesem Protokolle geht hervor, dass schon im Jahre 1861 die Wirkung des Granulierens bekannt gewesen, *gemahlener* Schlackensand in Kalkmischungen zur Anwendung kam

und bemerkenswerte Resultate lieferte. Nach diesen Versuchen und den vorangegangenen Arbeiten *Langen's* gebührt diesem das Verdienst die Wirkung des Granulierens erkannt und somit die ersten Grundlagen zur Schlackencementbereitung geschaffen zu haben.

Nach *Fr. W. Lürmann*, vergl. Stahl und Eisen, Jahrgang 1890 S. 626, hatte zuerst die »*Osnabrücker Stein- und Trassfabrik*« fabrikmässig Schlackencement hergestellt, und seien damit verschiedene Gebäude in Osnabrück geputzt worden. Wann dies geschah ist nicht näher angegeben. Als Marktware ist der Schlackencement indessen erst bekannt geworden, als Anfangs der achtziger Jahre (1882—83) das von Roll'sche Eisenwerk in Choindex (schweiz. Jura) und fast gleichzeitig mit diesem die Herren *Bosse & Hermann* in Thale zur fabrikmässigen Darstellung desselben übergegangen sind. Auf der Schweiz. Landesausstellung vom Jahre 1883 war der Schlackencement von Choindex bereits gut vertreten und erregte manigfaches Aufsehen in Fachkreisen; Resultate der Prüfung der Ausstellungsware, vergl. »Die Baumaterialien der Schweiz auf der Landesausstellung« 2. Aufl., S. 235.

a. Von den Hochofenschlacken.

Hochofenschlacken sind Kalk-Thonerde-Silikate, gewonnen als Nebenprodukte der Verhüttung der Eisenerze. Je nach Beschaffenheit der Erze, des Brennstoffs, der Flussmittel und der Reduktionstemperaturen variiert auch die chemische Zusammensetzung, mit ihr das chemisch-physikalische Verhalten der Schlacke. Man unterscheidet basische, neutrale und saure Schlacken. Auf die in der Metallurgie allgemein üblichen Ausdrucksformen treten wir hier aus Rücksicht der in der Technologie der Bindemittel üblichen Bezeichnungen nicht ein; wir bezeichnen vielmehr eine Schlacke als basisch, wenn dieselbe auf ein Äquivalent des Säuregehalts mehr als ein Äquivalent der Basen enthält; im entgegengesetzten Falle wäre die Schlacke sauer. Den Übergang von den basischen zu den sauren Schlacken vermitteln die neutralen, die wohl nur zufällig vorkommen.

Bis vor wenigen Jahren spielten die Hochofenschlacken auf Eisenwerken lediglich die Rolle lästiger, oft kostspieliger Ballaste. Erst in neuester Zeit begann man einzelne Gattungen derselben ökonomisch zu verwerten.

Die glasigen, volumenbeständigen und wetterfesten sauren Hochofenschlacken dienen gebrochen als Chaussierungsmaterial, als Bettungsmaterial des Eisenbahnoberbaus, sowie als Füllstoffe (Schlackenschotter) bei Bétonarbeiten (Metallic-Pflaster). In eiserne Formen gegossen liefern sie die sog. Schlackensteine für Hochbauzwecke. Werden die in Formen gegossenen sauren Schlacken dem Hartglas ähnlich behandelt, oder doch möglichst allmählich abgekühlt, so entstehen dichte, feste, gegen Verschleiss durch Abnutzung recht widerstandsfähige Blöcke, die sich als Pflastersteine örtlich grosser Beliebtheit erfreuen (zum Beispiel am Gusstahlwerk Krupp in Essen; in Middlesborough u. a.). In kaltem Wasser abgeschreckt (also granuliert) liefern die sauren Schlacken einen vorzüglichen, scharfkörnigen Sand, welcher als Füllstoff zur Mörtelbereitung, zu Unterbettungszwecken für Holz- und Steinpflaster, zur Bekiesung von Gehwegen u. d. m. Verwendung finden.

Durch Zerblasen der flüssigen Schlacke im Dampfstrahle wird Schlackenwolle gewonnen; das geringe Wärmeleitungsvermögen und das geringe Volumengewicht der Schlackenwolle hat derselben als Isoliermasse, als Füllstoff für Böden und Decken manche Anwendungsgebiete erobert. Laut *Dingler's Polytechnischem Journal*, Bd. 279, Heft I, S. 22, ist die Wärmeleitfähigkeit der Baumwolle, der Schafwolle, der Infusorienerde, der Kohle der Sägespäne um beziehungsweise 22, 36, 36, 40 und 63% grösser als jene der Schlackenwolle. Als »silicate cotton wire not felting« kommt die saure Schlacke zwischen Drahtnetzen gepresst in Form biegsamer Platten in den Handel. Seit es geglückt ist die Schlacken zu entschwefeln d. h. zu raffinieren, hat dieselbe auch für 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-Portlandcement*« (Patent *L. Roth*, Wetzlar) erbrannt. Thonerdereiche Schlacken haben auch für die Industrie chemischer Produkte einige Bedeutung. Ich erinnere nur an die Darstellung des Alauns nach Lürmanns Verfahren, an die Kieselpreparate, welche auch als verbessernde Zusatzstoffe zu Portland- und Schlackencementen benützt werden können. (Vergl. auch Dr. *Heintzel's* D. R.-P. Nr. 38692.)

Der durch Granulierung *basischer* Hochofenschlacken gewonnene Sand wirkt als hydraul. Zuschlag. Mit Kalkbrei oder staubförmigem Kalkhydrat angemacht, in Formen gepresst oder gestampft, liefert derselbe für Luft- und Wasserarbeiten geeignete Mauersteine (Schlackensandsteine). Mit der Fabrikation dieser Steine hat *Fr. W. Lürmann* im Jahre 1859 begonnen. Im Jahre 1870 wurde die Herstellung der Mauersteine aus granulierter Hochofenschlacke bereits auch maschinell versucht und 1872 fabrizierte *Lürmann* mit 3 Pressen bereits 2½ Millionen solcher Steine. Seither hat sich die *Lürmann'sche* Presse und Methode der Steinfabrikation auf verschiedenen Werken in aller Herren Länder bestens eingeführt.

Der aus granulierter Schlacke unter Zusatz von Schlackemehl und Kalk gewonnene Mörtel dient zur Herstellung von Formsteinen für Hochbauten, zu Thür- und Fenstereinfassungen, zu Dach- und Flurbelagsplatten, sowie zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen aller Art. Eine weittragende Bedeutung gewinnen die basischen Hochofenschlacken erst durch die Möglichkeit der Massenfabrikation des eingangs definierten Schlackencementes.

Die Kenntnis, dass durch Granulierung bestimmte Sorten der basischen Hochofenschlacken die Fähigkeit erlangen, in Berührung mit Kalk hydraulisch zu erhärten, verdanken wir den eingangs erwähnten Arbeiten des Herrn Direktor *E. Langen*, welche indessen allgemein erst 1890 durch die Kundgebung des Herrn *Fr. W. Lürmann* in »*Stahl und Eisen*« bekannt wurden.

Anlässlich unserer Arbeiten für die Schweiz. Landesausstellung v. J. 1883 hatten wir zufällig Gelegenheit gefunden, den Wert des Granulierens der Hochofenschlacke von Choindez zahlenmässig festzustellen. Die seither zu verschiedenen Malen wiederholten Untersuchungen der Kalkkapazität granulierter und durch Mahlung ungranulierter Stückschlacke gewonnenen Schlackemehle haben unsere vorgenannten Resultate vollauf bestätigt. Im Ausstellungsjahre 1883 lieferte uns das von Roll'sche Eisenwerk Choindez die Schlackencemente A und B, von welchen Sorte A aus granulierter, Sorte B aus gemahlener Stückschlacke hergestellt war. Die mit diesen Cementproben ausgeführten Versuche ergaben folgende Resultate:

Mörtel 1 : 3

Sorte A.

Sorte B.

	Zug	Druck	Zug	Druck
nach 7-täg. Wasserlag.:	9,2 kg/cm ²	97,7 kg/cm ² ;	0,0 kg/cm ²	0,0 kg/cm ²
„ 28 „	15,5 „	124,1 „	7,2 „	31,5 „

Eine spätere Untersuchung ergab:

Cement-Komposition	100 Schl. : 33,3 Kalk		100 Schl. : 66,6 Kalk		100 Schl. : 100,0 Kalk	
	Festigkeit des Normenmörtels 1 : 3, Wasserlagerung kg/cm ²					
Alter der Proben	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Granulierte Schlacke.						
28 Tage	33,7	259,9	32,1	233,7	27,6	205,2
84 Tage	43,5	377,5	38,1	308,2	34,3	248,9
210 Tage	46,4	440,5	40,5	326,8	38,9	267,8
1 Jahr	44,4	438,7	35,3	350,9	38,0	253,1
Die nämliche Schlacke nicht granuliert.						
28 Tage	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
84 Tage	5,4	unter 20,0	5,4	unter 20,0	0,0	unter 20,0
210 Tage	10,7	50,5	10,5	54,1	7,6	47,7
1 Jahr	13,8	59,9	13,3	62,4	10,7	63,8

Die Wirkung des Granulierens steht ausser Frage; sein Wesen dagegen ist mit Sicherheit noch nicht festgestellt. Schon bei einem früheren Anlasse (1884) haben wir die Vermutung ausgesprochen, dass durch Granulierung eine teilweise Umlagerung der Moleküle, eine partielle Dissociation der im Feuer gewonnenen Zusammensetzung der Schlacke herbeigeführt wird. Hochofenschlacken sind keine nach stöchiometrischen Gesetzen gebildeten Silicate; es sind vielmehr Legierungen 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 Bruchteil ihres Schwefelgehalts, und es scheint, dass aufgeschlossene Kieselsäure, möglicherweise auch andere Verbindungen ausgeschieden werden, die befähigt sind, auf nassem Wege, unter Wasseraufnahme, sich 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 granuliert, basische Hochofenschlacke zeigt je nach chemischer Zusammensetzung ein mannigfaches Ansehen. Meist gleicht das Schlackenkorn dem verwitterten Granitsande; es ist sodann vorwiegend rundlich, glasig-durchscheinend. Einzelne Stücke sind undurchsichtig, andere ercheinen durch Wasserdampf bimsteinartig aufgetrieben. Die Oberfläche der Körner ist meist matt, der Sand an sich quarzig-scharf, immerhin weniger scharf, splittrig-eckig als der Sand der granulierten sauren Schlacke, die selbst an den bimsteinartig aufgetriebenen Stücken den charakteristischen Glasglanz zeigt. Andere, allerdings weniger wertvolle Schlacken zeigen in granuliertem Zustande eine schwachglasige, erdig-schmutzige Textur. Die Farbe des Schlackensandes ist vorwiegend hell, graulich. Schlacken vom überhitzten Gargang zeigen einen Stich ins Violette und mahlen sich rötlich.

Die Art der Granulierung, mit ihr der Grad ihrer Wirksamkeit, ist nicht wesentlich verschieden. Im allgemeinen darf gesagt werden: Je geringer der Druck und je niedriger die Temperatur der Schlacke, je wärmer das Wasser, desto geringer der Effekt des Granulierens. Weissglühende, dünnflüssige Schlacke, die unter möglichst hohem Druck dem Hochofen entströmt, ist zur Granulierung besonders geeignet. Schlacken von grauem Giessereiroheisen, 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 möglichst kräftig und wasserreich sein. Eine und dieselbe Schlacke in dünnflüssigem Zustande oder aber in syrupartiger Konsistenz in kaltem Wasser abgeschreckt, liefert ungleichwertigen Schlackensand. In Erstarrung begriffene Schlacke (von Hochöfen mit offener Brust) gibt daher auch stets ein minderwertiges, dem granulierten Sande saurer Schlacken ähnliches Produkt.

Einen Einblick in die Einflüsse zu gewinnen, die verschiedenartige Granulierung der Schlacke ergeben kann, wurde die Schlacke von 4 aufeinanderfolgenden Abstichen ein und desselben, blau zugestellten Hochofens folgendermassen granuliert:

- Nr. I. Langer Lauf, wenig Wasser;
- Nr. II. Langer Lauf, viel Wasser;
- Nr. III. Kurzer Lauf, wenig Wasser;
- Nr. IV. Kurzer Lauf, viel Wasser.

Der gewonnene Schlackensand wurde gedarrt, hierauf auf einer Kugelmühle auf angenähert gleichen Feinheitsgrad vermahlen. Der Rückstand des Schlackenmehls am 4900-Maschen-sieb betrug:

bei	No. I	No. II	No. III	No. IV
	7,9 %	8,0 %	8,2 %	8,6 %

Diese Schlackenmehle wurden mit 25 % ein und desselben, ausgelagerten Kalkhydrats versetzt, durchgemischt und nun zu Probekörpern des Normenmörtels (1 : 3 in Gew.-T.), Zug und Druck maschinell verarbeitet.

Folgende Zusammenstellungen enthalten die gewonnenen Resultate:

Wasserlagerung, nach 24-stündiger Lufterhärtung.

Be- zeich- nung der Schla- cke	Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² , nach									
	3 Tagen		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		365 Tagen	
	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
No. I.	9,2	80,0	14,7	129,4	28,4	234,6	36,5	308,7	30,4	437,8
„ II.	9,6	81,4	15,9	138,6	27,9	233,2	35,9	296,4	31,5	401,5
„ III.	8,7	77,8	17,2	142,6	27,1	226,3	31,8	287,8	35,8	390,1
„ IV.	10,0	84,9	17,3	142,1	28,1	220,4	37,2	286,0	36,1	403,8

Aus vorstehenden Zahlwerten geht hervor, dass die Art der Granulierung ohne wesentlichen Einfluss auf die Qualität des Schlackensandes ist. Auffallend ist hierbei der unverkennbare Rückgang der Zugfestigkeit des Mörtels nach 1-jähriger Wasserlagerung.

Vorgänge, wie beim Granulieren 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 vulkanische Auswurfsmassen ihre Hydraulizität einer plötzlichen Abkühlung durch vulkanische Regen oder Niederfallen der glühenden Auswurfsmassen in das den Vulkan umschliessende Meer (Insel Santorin, Azoren u. s. w.) verdanken. So sehen wir den echten, technisch wertvollen Trass-Stein im Brohl- und Nettetthale bei Andernach entstanden durch Versteinerung einer vulkanischen Schlammlava. Er ist überlagert durch jüngere vulkanische Aus-

wurfsmassen, insbesondere durch vulkanische Aschen, welche ähnlich der nicht granulierten Hochofenschlacke, minderwertige hydraulische Eigenschaften zeigen.

Der echte und wilde Trass, das aus Trassstein und der losen vulkanischen Asche gewonnene Mehl zeigt in der chemischen Zusammensetzung keine genügend charakteristischen Unterschiede, um durch die Analyse eine zuverlässige Kontrolle auf Reinheit des Materials zu erlangen. Gegen Zumischung der zweifelhaften vulkanischen Asche schützt einzig der Ankauf von Trasssteinen, welche auf den Bauplätzen vermahlen und in Mörtel verwandelt werden. Auch die Versteinerung der vulkanischen Schlammlaven spricht für eine Aufschliessung der Kieselsäure der glühenden Aschen durch vulkanische Regen. Ähnliche Versteinerungen 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. Überschreitet der Kalkgehalt der Schlacke besagte Grenze, so tritt wahrscheinlich infolge von Molekularspannungen ein selbstthätiges meist spontanes Zerfallen der Schlacke in ein helles, weisslich bis grünlichgraues, immerhin sich scharf anfühlendes Mehl ein.

Für die *von Roll'schen* Eisenwerke zu Choindez bei Delsberg im schweiz. Jura, sind die beschriebenen Verhältnisse näher geprüft worden. Die Verhüttung der jurassischen Bohnerze auf graues Giesserei-Roheisen fordert bei

pro 100 kg Bohnerze	Holzkohlen-	Koks-Betrieb
einen Kalksteinzuschlag von	18 0/0	22,5 0/0

Infolge dessen enthält die Schlacke vom Gargang:

an SiO ₂ . . . :	36,78 0/0	ca. 28,0 0/0
„ Al ₂ O ₃ . . . :	31,56 „	ca. 22,5 „
„ FeO . . . :	Spur	ca. 0,5 „
„ CaO . . . :	32,00 „	ca. 47,0 „

In den 70-er Jahren musste der kostspielige Holzkohlenbetrieb verlassen und der Koksbetrieb eingerichtet werden. Die nun gewonnene und zerfallene Schlacke wurde vom damaligen

Hüttenchemiker Herrn Dr. *P. Schoop* analysiert und ergab unter anderem z. B. folgende Resultate:

	No. 1	No. 2
SiO ₂ :	25,11 0/0	25,69 0/0
R ₂ O ₃ :	22,70 "	21,54 "
CaO :	50,90 "	51,18 "
S :	1,05 "	1,06 "

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

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

Eingangs ist bereits darauf hingewiesen worden, dass die Kalkkapazität granulierter Hochofenschlacken von deren Basizität abhängig ist. *Nach unsern bisherigen Erfahrungen hängt der Wirkungsgrad einer Hochofenschlacke in erster Linie vom Verhältnisse des Kalkgehaltes zur Kieselsäure ab.*

Hochofenschlacken, für welche das Verhältnis von $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$ auf ca. 1,0 sinkt, sind nicht nur zur Erzeugung von Schlackencement, sondern auch als hydraulischer Zuschlag zur Mörtelbereitung, Steinfabrikation u. s. w. ohne Zusatz anderer aktiver Puzzolanen nicht mehr zu gebrauchen. Unter sonst gleichen Verhältnissen, wächst die Kalkkapazität einer Hochofenschlacke mit wachsendem Verhältnisse von Thonerde zu Kieselsäure. Je höher der Quotient aus Thonerde zu Kieselsäure, desto grösser auch die zur grössten Kraftentfaltung erforderliche Kalkmenge.

Unsere Versuchsergebnisse sprechen ferner auch dafür, dass unter sonst gleichen Umständen die Tendenz zur Schwindrissigkeit des Schlackencementes mit wachsendem Verhältnisse von Thonerde zu Kieselsäure ebenfalls wächst. Das günstige Verhältnis dieser Schlackenbestandteile scheint bei ca. 0,45 bis 0,50 zu liegen. Ein sicherer Schluss, eine zahlenmässige Darlegung dieser Verhältnisse ist indessen aus dem Grunde nicht möglich, weil Temperaturverhältnisse in Verbindung mit der Art des Granulierens der Schlacke, ferner die Art der weiteren Aufbereitung, die aus der chemischen Zusammensetzung sich ergebenden Singularitäten zu verdecken im Stande sind.

Tabelle 1 auf Seite 136/137 gibt eine Zusammenstellung der Resultate der chemischen Analysen und der allgemeinen Untersuchungen einiger in der schweiz. Materialprüfungs-Anstalt untersuchter Hochofenschlacken. Tabelle 2 enthält die Resultate der Prüfung ihrer Kalkkapazität. Die Mischungen der Schlacken mit Staubhydrat konnte angesichts des an sich schon erheblichen Umfangs der Arbeiten nicht über 100 : 30 gesteigert werden.

Zu sämtlichen Festigkeitsversuchen diente der nämliche trocken gelöschte, entsprechend abgeseibte Luftkalk. Die Schlacken wurden auf einer selbstkonstruierten, kleinen Kugelmühle zerkleinert und unmittelbar darauf verarbeitet. Bloss Schlacke No. 23 macht insofern eine Ausnahme, als dieselbe nach einjähriger Lagerung in Pulverform verwendet wurde. Schlackmehl und Staubkalk sind nach Gewichtsverhältnissen gemengt, von Hand gemischt und hierauf durch ein Sieb durchgeseibt worden. Das sogenannte Homogenisieren der Schlackenkalkgemenge fand also nicht statt.

Die Kolumnen der Tabellen 1 und 2 sind genügend übersichtlich geordnet, unzweideutig bezeichnet und bedürfen wohl keiner weiteren Erläuterung. Bloss zur Kolumne »Lufterhärtung« muss die Bemerkung beigefügt werden, dass sich dieselbe stets auf eine vorangehende 7-tägige Wasserlagerung bezieht.

Die Probekörper der Lufterhärtung wurden normengemäss nach 24-stündiger Luftlagerung in ein Wasserbad versenkt, aus welchem sie am 7. Tage nach ihrer Erzeugung herausgehoben und nun bis zum Prüfungstermine an der Luft belassen wurden. Damit sollte die Feuchthaltung des Mörtels (das Anspritzen oder Begiessen) in der Praxis nachgeahmt werden, welches die Schlackencemente in höherem Massstabe als andere Bindemittel bedürfen. Sämtliche Zahlen der Tabelle 1, sowie die Resultate der allgemeinen Untersuchungen in Tabelle 2, sind Mittelwerte aus zwei Versuchen. Dagegen sind die Festigkeitszahlen als massgebender Durchschnitt der 4 Besten aus 6 Versuchen berechnet und in kg/cm^2 ausgedrückt worden.

Die chemische Zusammensetzung der Hochofenschlacken variiert mit dem Ofengange; bei normalen Betriebsverhältnissen, so lange Erz, Möller, Brennstoff und Windtemperatur sich nicht ändern, ist auch die Zusammensetzung und Beschaffenheit der Schlacke ziemlich konstant. Folgende Analysen erhärten dies.

Resultate der chemischen Analysen und der all-

Sämtliche Zahlen sind

No.	Herkunft des Materials	Chemiker	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	FeO %	MnO %	CaO %	MgO %	CaSO ₄ %	CaS %
1	Österreich	Dr. Heintzel	39,39	8,45	4,55	9,86	25,24	9,96	0,05	0,33
2	Deutschland	Dr. Treadwell	39,95	14,98	0,34	Spur	40,46	1,62	0,24	1,99
3	"	Dr. Heintzel	32,59	9,07	0,64	5,12	34,89*)	11,66	Spur	2,28
4	Frankreich	E. Ruhoff	34,70	16,12	2,99	1,09	38,30	1,85	0,07	1,32
5	"	"	35,23	20,04	1,89	0,39	39,06	3,07	0,23	0,09
6	Deutschland	Dr. Treadwell	35,07	4,99	1,13	7,63	40,75	4,28	1,72	2,18
7	"	Dr. Heintzel	32,79	18,25	0,82	2,77	39,16	4,33	0,51	1,46
8	"	Dr. Treadwell	33,11	17,43	0,24	2,61	39,76	4,32	0,27	2,28
9	Frankreich	E. Ruhoff	36,46	10,71	1,37	3,52	44,03	1,44	0,12	0,40
10	Deutschland	Dr. Heintzel	31,90	18,40	0,99	2,27	40,27	4,46	0,14	1,64
11	Luxemburg	"	29,91	20,49	0,84	1,31	39,83	3,31	0,96	1,99
12	Deutschland	"	28,73	22,87	0,96	Spur	38,94	4,51	0,16	3,23
13	Luxemburg	"	32,17	17,84	0,74	Spur	43,79	2,19	Spur	2,27
14	Deutschland	E. Ruhoff	31,01	17,84	1,34	2,47	42,09	3,32	0,17	1,71
15	"	Dr. Treadwell	30,81	17,55	0,60	2,43	42,30	4,35	0,29	1,77
16	Belgien	"	32,51	13,91	0,48	0,60	44,75	2,20	0,64	4,90
17	Deutschland	Dr. Heintzel	27,86	22,05	1,28	0,50	39,17	4,23	0,10	2,86
18	"	Dr. Treadwell	34,77	7,71	0,70	0,34	49,17	2,02	0,65	2,29
19	Frankreich	E. Ruhoff	30,06	16,18	1,81	3,62	42,78	3,04	0,16	0,97
20	Deutschland	Dr. Heintzel	34,33	11,01	1,73	Spur	49,78	0,99	Spur	2,16
21	"	Dr. Treadwell	30,49	17,15	0,70	1,65	44,29	4,48	Spur	1,11
22	"	Dr. Heintzel	33,16	11,92	1,47	Spur	48,63	1,03	Spur	3,79
23	Spanien	"	30,56	13,31	0,25	1,74	45,01	2,96	1,41	4,63
24	Frankreich	E. Ruhoff	29,74	18,32	0,91	1,26	44,77	3,39	Spur	0,53
25	Deutschland	Dr. Heintzel	29,06	6,44	1,60	2,47	45,03*)	10,65	0,04	1,27
26	"	"	30,55	13,68	0,43	0,34	48,06	3,27	0,48	3,20
27	"	Dr. Treadwell	27,98	19,69	0,30	Spur	44,64	4,76	0,03	2,61
28	"	Dr. Heintzel	28,33	13,81	1,44	0,50	46,66	5,44	Spur	3,82
29	Frankreich	E. Ruhoff	29,65	12,21	1,86	0,77	50,67	0,39	0,17	0,64
30	Schweiz	Dr. Heintzel	27,31	22,40	1,36	Spur	47,00	0,42	0,12	1,39
31	Deutschland	"	"	"	"	"	"	"	"	"
32	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
33	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
34	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
35	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
36	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
37	Frankreich	"	"	"	"	"	"	"	"	"
38	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
39	Deutschland	E. Ruhoff	30,99	17,83	1,34	2,47	42,09	3,32	0,17	1,71
40	Frankreich	"	"	"	"	"	"	"	"	"
41	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
42	"	Dr. Heintzel	"	"	"	"	"	"	"	"

Sämtliche Zahlen der chemischen Analysen sind auf 100

gemeinen Untersuchungen einiger Hochofenschlacken.

Mittelwerte aus 2 Bestimmungen.

CaO SiO ₂	CaO : SiO ₂ : Al ₂ O ₃	Spec. Ge- wicht γ	Glüh- ver- lust n	Litergewicht kg		Siebrückstand am			Be- merkungen
				lose δ ₂	einger. δ ₃	900- Sieb %	2900- Sieb %	5000- Sieb %	
0,64	I : 1,56 : 0,33	—	—	—	—	0,0	1,4	9,0	{ Holzkohlen- schlacke.
1,01	I : 0,99 : 0,37	2,85	0,41	1,01	1,73	0,0	1,6	11,5	
1,07	I : 0,93 : 0,26	3,17	2,80	1,23	1,87	0,4	1,6	9,0	*) {CaO=28,86% {BaO=6,03%
1,10	I : 0,91 : 0,42	2,86	0,57	1,30	1,92	Spur	5,9	8,8	
1,11	I : 0,90 : 0,51	2,86	—	1,24	1,77	Spur	—	7,6	
1,16	I : 0,86 : 0,12	3,09	0,59	1,21	1,98	1,3	3,0	20,3	
1,19	I : 0,84 : 0,47	2,89	0,25	1,10	1,71	0,4	1,9	8,4	
1,20	I : 0,83 : 0,44	2,81	5,05	0,87	1,45	0,2	0,8	9,0	
1,21	I : 0,83 : 0,24	2,86	1,87	1,19	1,76	0,5	7,8	11,0	
1,26	I : 0,79 : 0,46	2,87	0,37	1,14	1,75	0,3	2,0	10,7	
1,33	I : 0,75 : 0,51	2,89	1,06	1,01	1,62	0,7	2,0	8,0	{ Fe ₂ O ₃ =0,85% { heissgar.
1,36	I : 0,74 : 0,59	2,88	0,48	1,12	1,67	0,7	1,4	8,0	
1,36	I : 0,73 : 0,41	2,91	0,25	1,07	1,65	0,4	1,6	10,0	
1,36	I : 0,74 : 0,42	2,88	—	1,34	1,80	Spur	—	11,7	
1,37	I : 0,73 : 0,41	2,92	0,42	1,21	1,80	0,4	3,0	11,0	
1,38	I : 0,73 : 0,31	2,85	3,17	1,01	1,58	0,4	1,6	8,5	{ Fe ₂ O ₃ =0,88% { heissgar.
1,40	I : 0,71 : 0,56	2,93	0,31	1,05	1,64	0,0	1,0	7,5	
1,41	I : 0,71 : 0,16	2,94	1,94	0,95	1,74	1,0	3,7	9,0	
1,42	I : 0,70 : 0,38	2,83	1,92	1,22	1,71	Spur	3,6	10,0	
1,45	I : 0,69 : 0,22	2,96	0,90	1,17	1,94	2,3	4,6	22,0	
1,45	I : 0,69 : 0,39	2,91	0,58	1,08	1,61	0,3	0,9	8,0	
1,47	I : 0,68 : 0,25	2,90	2,09	1,10	1,82	2,0	4,4	20,3	
1,47	I : 0,68 : 0,30	2,72	6,50	0,89	1,60	0,0	0,8	9,7	
1,51	I : 0,66 : 0,41	2,80	2,74	1,22	1,78	Spur	—	10,9	*) {CaO=40,98% {BaO=4,05%
1,55	I : 0,65 : 0,14	2,99	3,49	1,12	1,70	0,3	1,2	7,4	
1,58	I : 0,64 : 0,28	2,89	2,79	1,00	1,78	0,3	1,0	9,0	
1,60	I : 0,63 : 0,44	2,94	0,05	0,96	1,76	0,4	1,0	9,0	
1,65	I : 0,61 : 0,30	2,94	3,08	1,03	1,77	0,9	1,6	9,0	
1,71	I : 0,59 : 0,24	2,89	3,00	1,21	1,69	1,0	7,0	12,0	
1,72	I : 0,58 : 0,48	2,88	0,08	1,20	1,86	0,0	0,8	7,0	
—	—	2,91	0,42	1,09	1,81	0,0	0,4	6,5	
—	—	2,90	0,55	1,12	1,83	0,0	0,2	5,7	
—	—	2,88	0,60	1,10	1,78	0,1	0,2	5,0	
—	—	2,89	2,10	0,94	1,64	0,1	1,0	5,0	
—	—	2,93	2,73	1,09	1,76	0,1	0,3	7,7	
—	—	2,99	0,82	1,11	1,84	0,2	0,6	8,2	
—	—	2,84	—	1,09	1,67	Spur	—	4,0	
—	—	2,88	—	1,19	2,09	Spur	—	5,6	
1,36	I : 0,74 : 0,42	2,88	—	1,34	1,80	Spur	—	11,7	
—	—	2,89	—	1,30	1,82	Spur	—	9,1	
—	—	2,89	—	1,30	1,82	Spur	—	9,1	
—	—	2,98	—	1,19	1,83	Spur	—	9,0	

ausgeglichen und auf wasserfreiem Zustand berechnet.

Resultate der Prüfung der Kalkkapazität und
Sämtliche Zahlen, kg pro cm², sind massgebende Mittelwerte aus

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Wertzahlen der Schlacken		Siebrückstand am		100 Schlacke : 15 Kalk				100 Wasser-		
		CaO		SiO ₂		Wassererhärtung		Lufterh. ¹⁾		Zug		
		900-Sieb	5000-Sieb	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	7 Tg.	28 Tg.	
		0/0	0/0	7 Tg.	28 Tg.	7 Tg.	28 Tg.	28 Tg.	28 Tg.	7 Tg.	28 Tg.	
1	Österreich	0,64	0,0	9,0	—	—	—	—	—	—	—	
2	Deutschland	1,01	0,0	11,5	6,7	21,4	c.40,0	108,5	13,0	101,5	6,4	
3	"	1,07	0,4	9,0	4,4	10,5	c.40,0	66,7	11,1	98,4	4,6	
4 ²⁾	Frankreich	1,10	Sp.	8,8	7,7	20,7	68,9	156,9	18,4	164,4	9,2	
5 ²⁾	"	1,11	Sp.	7,6	14,9	24,4	126,4	200,0	20,5	204,0	15,3	
6	Deutschland	1,16	1,3	20,3	0,0	—	0,0	61,0	5,6	c.40,0	4,0	
7	"	1,19	0,4	8,4	12,6	23,2	73,5	158,7	16,0	168,8	13,6	
8	"	1,20	0,2	9,0	12,6	23,1	100,0	149,5	19,8	168,1	13,6	
9 ²⁾	Frankreich	1,21	0,5	11,0	zerfallen						zer-	
10	Deutschland	1,26	0,3	10,7	12,5	23,9	80,3	186,9	20,2	181,3	10,0	
11	Luxemburg	1,33	0,7	8,0	14,1	27,1	99,5	178,8	23,5	193,4	17,1	
12	Deutschland	1,36	0,7	8,0	16,5	31,5	101,5	216,8	28,6	222,0	20,1	
13	Luxemburg	1,36	0,4	10,0	22,1	30,9	111,7	202,4	24,0	211,2	23,0	
14 ²⁾	Deutschland	1,36	Sp.	11,7	16,7	25,7	122,5	219,6	24,1	230,1	14,2	
15	"	1,37	0,4	11,0	12,0	20,5	76,5	173,1	17,4	162,9	13,9	
16	Belgien	1,38	0,4	8,5	23,4	32,4	112,2	158,2	23,1	168,1	22,3	
16a	"	1,38	—	—	16,5	19,5	94,3	123,0	19,4	117,9	16,5	
17	Deutschland	1,40	0,0	7,5	13,1	28,1	76,9	180,0	20,6	166,3	17,5	
18	"	1,41	1,0	9,0	13,1	24,6	74,6	113,8	16,6	116,6	12,3	
19 ²⁾	Frankreich	1,42	Sp.	10,0	5,8	22,5	44,3	201,1	14,2	137,3	9,7	
20	Deutschland	1,45	2,3	22,0	9,1	14,4	56,1	82,6	9,2	94,0	9,2	
21	"	1,45	0,3	8,0	18,1	33,1	80,6	200,2	25,9	164,3	16,3	
22	"	1,47	2,0	20,3	12,7	19,8	78,8	104,5	12,8	108,9	10,7	
23	Spanien	1,48	0,0	9,7	19,3	28,7	96,9	120,9	19,5	144,0	18,3	
24 ²⁾	Frankreich	1,51	0,0	10,9	8,4	20,5	75,9	182,1	28,1	237,6	16,5	
25	Deutschland	1,55	0,3	7,4	9,0	30,4	62,8	153,6	24,8	164,7	9,3	
26	"	1,58	0,3	9,0	5,0	19,5	c.40,0	130,5	9,2	c.48,0	4,9	
27	"	1,60	0,4	9,0	0,0	14,4	0,0	85,0	5,2	c.40,0	0,0	
28	"	1,65	0,9	9,0	23,3	31,7	124,5	185,2	32,1	208,9	24,0	
29 ²⁾	Frankreich	1,71	1,0	12,0	19,0	27,4	155,0	238,8	38,8	279,9	23,9	
30	Schweiz	1,72	0,0	7,0	4,2	14,4	0,0	69,6	11,1	55,9	6,5	
31	Deutschland	—	0,0	6,5	10,3	23,0	66,3	152,8	14,4	152,6	11,6	
32	"	—	0,0	5,7	14,2	30,5	97,0	191,8	20,9	204,3	14,7	
33	"	—	0,1	5,0	16,1	27,2	82,3	157,1	19,9	165,0	13,6	
34	"	—	0,1	5,0	5,8	29,3	18,5	149,3	22,5	155,6	5,9	
35	"	—	0,1	7,7	21,5	29,7	118,5	168,4	23,3	178,4	21,9	
36	"	—	0,2	8,2	0,0	11,6	9,2	55,9	14,0	96,3	0,0	
37 ²⁾	Frankreich	—	Sp.	4,0	—	—	—	—	—	—	—	
38 ²⁾	"	—	Sp.	5,6	—	—	—	—	—	—	—	
39 ²⁾	Deutschland	1,36	Sp.	11,7	16,7	25,7	122,5	219,6	24,1	230,1	14,2	
40 ²⁾	Frankreich	—	Sp.	9,1	—	—	—	—	—	—	—	
41 ²⁾	"	—	Sp.	9,1	—	—	—	—	—	—	—	
42 ²⁾	"	—	Sp.	9,0	—	—	—	—	—	4,8 ^{b)}	28,0 ^{b)}	

1) Lufterh. = Lufterhärtung bezieht sich auf Luftlagerung nach 7-tägiger Wasser-Maschinenarbeit; die Probekörper der übrigen Versuchsreihen sind von Hand
2) Bei weiterem Kalkzusatz wachsen die Festigkeitszahlen dieser ca 1 Jahr ge-
3) Mit hydraul. Kalk. Wegen mangelhaften Abbindens blieben die Probekörper
4) Wegen mangelhaften Abbindens blieben die Probekörper nach der Erzeugung

der Sandfestigkeit einiger Hochofenschlacken.
6 Versuchen; Normenmörtel 1 : 3 in Gew.-Teilen; Handarbeit.

Schlacke : 20 Kalk		100 Schlacke : 25 Kalk				100 Schlacke : 30 Kalk					
erhärtung		Lufterh. ¹⁾		Wassererhärtung		Lufterh. ¹⁾		Wassererhärtung		Lufterh. ¹⁾	
Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug
7 Tg.	28 Tg.	28 Tg.	28 Tg.	7 Tg.	28 Tg.	7 Tg.	28 Tg.	7 Tg.	28 Tg.	7 Tg.	28 Tg.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
c.40,0	111,8	15,1	111,4	5,7	18,6	c.30,0	97,2	12,9	96,9	5,1	18,6
c.40,0	58,3	14,5	87,5	4,4	8,9	c.40,0	c.50,0	12,9	81,1	4,8	8,5
71,9	171,3	20,3	157,9	7,9	20,4	56,8	163,0	19,6	165,0	7,0	18,3
124,9	204,0	21,7	213,0	16,4	25,2	123,1	193,0	21,6	208,3	15,4	24,0
0,0	70,7	5,3	c.45,0	0,0	8,0	0,0	68,6	4,2	89,9	0,0	7,3
79,6	164,0	15,4	167,8	12,4	21,2	81,8	168,6	15,8	167,1	13,0	23,9
88,3	135,6	20,9	152,0	14,0	26,6	86,8	120,9	22,0	144,1	14,6	24,3
zerfallen		zerfallen				zerfallen					
72,2	182,1	15,6	172,7	15,5	30,2	83,9	177,4	20,7	192,6	14,8	27,9
110,7	199,7	29,0	214,3	20,0	33,1	109,6	227,8	29,2	250,0	19,9	36,6
155,3	228,1	29,9	222,1	21,0	38,1	157,2	235,2	31,3	240,8	27,2	33,6
113,8	195,4	24,0	213,8	21,0	29,9	124,5	214,5	25,4	240,2	21,3	31,5
130,4	218,6	24,6	250,5	17,9	27,0	138,3	230,5	22,3	248,3	17,5	26,7
96,1	201,0	18,9	214,7	16,8	30,7	90,5	202,5	19,8	213,9	18,0	29,4
93,8	156,3	27,0	171,6	23,6	31,3	99,5	153,6	23,9	164,7	19,5	28,5
79,1	115,7	17,8	127,8	14,7	19,1	79,1	95,6	19,0	103,5	13,7	20,6
104,1	225,3	22,2	205,5	18,0	34,3	101,2	202,8	27,4	182,3	25,9	37,5
77,6	117,0	20,5	127,0	13,5	22,9	82,1	104,9	15,7	113,1	10,8	23,8
82,0	230,8	18,4	206,4	19,1	29,2	130,8	242,9	22,6	244,9	19,2	24,2
58,5	81,5	10,1	109,4	7,5	15,6	63,5	96,9	9,8	109,6	8,3	15,1
79,1	188,5	26,6	243,9	17,1	33,1	110,9	227,6	31,4	231,3	23,1	34,1
87,2	90,2	11,1	112,5	10,8	18,2	79,9	107,4	11,6	104,2	9,7	17,0
98,6	121,7	19,2	132,8	16,3	23,1	98,5	128,9	18,2	147,1	16,0	25,2
140,9	219,9	19,0	223,5	16,7	25,8	146,8	221,1	19,9	224,3	14,0	24,1
58,5	146,6	22,1	156,0	10,3	30,3	c.50,0	141,4	19,9	151,8	8,3	25,1
c.40,0	145,3	10,0	102,8	13,8	32,4	58,1	182,2	25,3	(?)	22,3	40,5
0,0	90,1	4,3	c.30,0	0,0	9,2	0,0	110,1	4,3	c.30,0	0,0	13,0
121,6	174,7	32,0	205,6	23,5	27,5	120,6	175,7	34,2	203,1	20,8	25,1
190,8	251,4	31,1	291,2	22,3	25,8	163,0	225,4	29,2	224,9	19,7	24,5
c.50,0	98,4	11,7	88,0	8,8	24,7	59,4	95,5	15,2	91,0	13,7	29,8
85,9	170,4	17,9	169,4	11,7	25,1	82,6	166,3	21,5	150,5	11,3	26,5
114,8	224,7	19,4	218,9	16,5	31,7	115,8	217,8	23,5	230,2	16,3	32,9
73,4	139,0	17,8	145,1	13,4	22,6	65,5	113,8	17,0	125,1	12,7	22,3
29,9	157,0	22,9	162,3	5,3	24,8	26,9	157,5	19,1	165,6	6,0	26,9
117,0	163,4	21,3	174,4	21,9	28,5	119,3	156,1	20,5	173,6	22,2	26,1
9,8	55,8	16,9	104,5	0,0	11,6	9,5	46,6	15,0	88,9	0,0	12,1
—	—	—	—	2,8	9,4	36,9	183,2	12,7	147,5	4,5	13,2
—	—	—	—	4,1	11,9	40,6	154,0	11,2	96,8	5,6	17,9
130,4	218,6	24,6	250,5	17,9	27,0	138,3	230,5	22,3	248,3	17,5	26,7
—	—	—	—	9,1	20,1	81,9	196,6	16,7	193,9	9,5	23,2
—	—	—	—	0,5 ⁴⁾	1,0 ⁴⁾	6,7 ⁴⁾	13,7 ⁴⁾	3,5 ⁴⁾	20,0 ⁴⁾	0,8 ⁴⁾	1,3 ⁴⁾
42,2 ^{2b)}	220,3 ⁵⁾	15,1 ⁵⁾	215,8 ⁵⁾	27,1 ⁵⁾	6,2 ⁵⁾	47,6 ⁵⁾	202,4 ⁵⁾	18,2 ⁵⁾	204,3 ⁵⁾	6,6 ⁵⁾	27,0 ⁵⁾

erhärtung.
erzeugt.
lagerten Schlacke.
nach der Erzeugung 4 Tage an der feuchten Luft.
3 Tage an der feuchten Luft.

Wir haben die Entwicklung der Schlackencement-Fabrikation in der Schweiz seit dem Jahre 1882 verfolgt und die hierbei verwendete Hochofenschlacke behufs Feststellung der Art und Grösse ihrer Veränderungen anfänglich jährlich analysieren lassen. Folgende Zusammenstellung giebt eine Übersicht über die genannten, auf wasserfreien Zustand berechneten Analysen der Choindez-Schlacke:

Chemiker:	Prof.	Prof. Dr.	Dr.	Dr.	Prof. Dr. Treadwell		
	Marx	Lunge	Heintzel	Heintzel	1886	1886	1887
Dat. d. Anal.	1881	1883	1884	1885	1886	1886	1887
SiO ₂	27,51 ⁰ / ₀	26,22 ⁰ / ₀	26,66 ⁰ / ₀	27,31 ⁰ / ₀	26,88 ⁰ / ₀	27,33 ⁰ / ₀	26,24 ⁰ / ₀
Unlösliches	2,12	—	—	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	23,16	} 25,74	22,58	22,40	24,22	23,81	24,74
Fe O	0,03		0,76	1,36	0,44	0,63	0,49
Ca O	46,97	45,98	48,52	47,00	45,11	45,83	46,83
Mg O	0,21	Spuren	0,88	0,42	1,19	0,92	0,88
CO ₂	—	1,35	—	—	—	—	—
CaSO ₄	—	—	0,29	0,12	0,31	0,17	0,32
CaS	—	—	0,31	1,39	1,85	1,34	0,59
	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,03	100,07

Ähnliche Erfahrungen sind auch anderwärts gemacht worden. So zeigen Analysen, welche *D. Cowan* 1887 bis 1889 an Schlacken der Carron-Eisenwerke gemacht hat, Unterschiede von weniger als 0,5 % für die Kieselsäure und die Abweichungen in der Summe von Kalk, Thonerde und den übrigen Basen betrug weniger als 1,5 %*).

Vorübergehende Veränderungen im Gargang eines Hochofens sind selbst bei der sorgfältigsten Ofenführung unvermeidlich. Granulierte Schlacken vom überhitzten Gargang zeigen gegenüber der Garschlacke stets die höhere Kalk- und Sandkapazität. Die geringen Mengen Eisenoxyd, die solche Schlacken mitunter führen, verleihen dem Schlackensande einen Stich ins Violette. Schlackensande dieser Art mahlen sich, wie bereits erwähnt, blassrosa.

Schlacken vom Rohgange sind ähnlich der Puddeleisenschlacke dunkel bis schwarz, eisenoxydulreich; sie müssen abgeschieden und nach wie vor zur Halde gefahren werden. Übergänge zum Rohgang, wie solche teils durch zufällige Störungen im Möller, in der Windtemperatur, durch Unregelmässigkeit beim Niedergange der Gichten u. d. m. veranlasst sein können, oder

*) Dingler's polyt. Journal, Bd. 279, Heft 1, Seite 22.

stets vorkommen, wenn eine Änderung im Roheisen angestrebt wird (Übergang von Grau in halbiertes oder weisses Roheisen), verändern die chemische Zusammensetzung und damit den Wert der Schlacke zur Cementbereitung; die Einflüsse dieser Änderungen sind meist so belangreich, dass eine Absonderung dieser Schlacken unumgänglich nötig erscheint.

Die Einflüsse der Schwankungen des Ofenganges auf die Kalkkapazität und Sandfestigkeit der Schlacken konnten wir an 4 aus einem deutschen Hüttenwerk stammenden Schlacken prüfen, von welchen 2 von grauem, 2 von halbiertem Roheisen bei fast gleichem Möller und gleichem Brennstoff gewonnen wurden. Folgende Tabelle enthält eine Übersicht über fragliche Verhältnisse.

Zusammensetzung der Schlacken, nach Prof. Dr. Treadwell.

No.	Ofengang	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	CaO : SiO ₂
1.	grau, gar,	30,49 0/0;	17,15 0/0;	44,29 0/0;	1,45 0/0
2.	halbiert	30,77 "	17,53 "	42,24 "	1,37 "
3.	grau, gar	31,81 "	18,35 "	40,15 "	1,26 "
4.	halbiert,	32,72 "	18,21 "	39,08 "	1,19 "

Bei angenähert gleichem Feinheitsgrade des Schlackenmaterials, gleichen Mengen des nämlichen pulverförmigen Kalkhydrats (30,0 0/0), ergab der Normenmörtel 1 : 3 folgende, in kg pro cm² ausgedrückte Festigkeitszahlen :

Art der Erhärtung	Schl. No. 1	Schl. No. 2	Schl. No. 3	Schl. No. 4
	Zug-Druck	Zug-Druck	Zug-Druck	Zug-Druck
28-täg. Wasserlag.	34,1-235,4;	29,4-218,8;	27,9-178,8;	23,9-162,3
7- „ Wasser-,Rest Luftlagerung	32,0-235,2;	21,7-217,8;	19,7-190,2;	18,8-170,9
28-täg. Luftlagerung	18,9-155,1;	16,0-152,3;	16,0-107,6;	14,7-117,1

Vorstehende Zahlen erhärten die oben entwickelten Gesichtspunkte; sie bestätigen neuerdings die Thatsache, dass unter sonst gleichen Verhältnissen die Grösse des Verhältnisses von CaO : SiO₂ für die Kalkkapazität und damit für die Mörtelfestigkeit eines Schlackenmaterials von ausschlaggebender Bedeutung ist. Vorstehende Zahlen sprechen gleichzeitig für die Notwendigkeit einer sorgfältigen Schlackenauslese und wo diese durch den Cementfabrikanten unterlassen wird, wird sich notwendigerweise eine Schwankung des mörteltechnischen Werts seiner Produkte geltend machen.

Wiederholt wurde auf die Gefahren, die schwefelreiche Schlacken angeblich bergen, aufmerksam gemacht. Chemiker behaupten, der Schwefel der Schlacken komme als Sulfid des Kalkes, möglicherweise des Mangans und des meist nur in geringen Mengen vorhandenen Eisens vor. Durch Oxydation der

Sulfide sollen sich allmählich fortschreitend Sulfate bilden, welche durch Wasseraufnahme eine weitere Volumenvergrößerung erfahren und dadurch auf den Bestand des Grundstoffs nachteiligen Einfluss ausüben.

Bisher ist es nicht gelungen schädliche Wirkungen der Sulfide zahlenmässig, fassbar nachzuweisen. Indessen sind wir bei der letzten Revision der Probekörper der Volumenbeständigkeitsverhältnisse, Luft- und Wasserlagerung, auf Erscheinungen gestossen, die zu besonderer Vorsicht mahnen. Vorab ist zu bemerken, dass die meisten Probekörper, Kuchen-Wasserlagerung, in den ersten Jahren eine normale Versteinerung zeigten. Frische Anbruchflächen rochen nach Schwefelwasserstoff und zeigten die charakteristische, von den Sulfiden herrührende, grüne Färbung. Bei einzelnen dieser Platten ist die grüne Färbung später teilweise wieder verloren gegangen; die Masse nahm einen ausgesprochen schmutzig bräunlichen Farbton an. Die ursprünglich Jahre lang beobachtete Kohäsion ist zurückgegangen; einzelne Platten zeigten Aderungen (Netzrissigkeit) und brachen längs solchen beim Anfassen entzwei. Es ist indessen zu bemerken, dass diese Erscheinung nicht bei Schlacken mit maximalem Schwefelgehalt beobachtet wurde. Die frischen Anbruchflächen dieser Platten, welche 9 bis 10 Jahre im Wasser lagerten, verloren ihren früheren Schwefelwasserstoffgeruch. Von Treibererscheinungen war nichts zu merken; die Platten waren ebenflächig und frei von radialen, nach den Plattenrändern sich erweiternden Rissen. Wodurch die beschriebene Netzrissigkeit entstanden und welches die Ursache der Kohäsions- und Farbänderung gewesen, konnte nicht festgestellt werden. Die Vermutung liegt indessen nahe, dass wir es hier mit einer schädlichen Schwefelwirkung zu thun haben.

An der Luft verfärben sich sämtliche Schlacken und Schlackenkalkgemenge. Die bei feuchter Lagerung auftretende grünliche Farbe der Masse geht von Aussen nach Innen fortschreitend allmählich verloren; die Masse wird mehr oder weniger hellgrau. Platten mit ausschliesslicher Luftlagerung besitzen immer hellgraue Farbe und nicht selten ein erdiges, kreideartiges Gefüge. Solche Schlacken und Schlackenkalkgemenge zeigen grosse Neigung zur Schwindrissigkeit und besitzen meist nur eine geringfügige Selbstfestigkeit.

Die an CaS-reichen Portlandcementen sowie anlässlich der Verwertung von Sodarückständen gemachten schlechten Erfahrungen mahnen immerhin bei Verarbeitung stark schwefelführender Hochofenschlacken zur Vorsicht. Unser Versuchsmaterial lässt bezüglich der Einflüsse der Sulfide im Zweifel; umsomehr erscheint es geboten, der Frage der Entschwefelung des Schlackensandes auf nassem Wege näher zu treten. Dass es hierbei lediglich nur auf solche Methoden ankommen kann, die sich ohne wesentliche Mehrkosten bei Fabrikation von Patent-Portland- oder Schlackencementen benutzen lassen, braucht wohl nicht weiter begründet zu werden.

Ein Wink zur Lösung dieser Frage lag in der Beobachtung, dass eben Proben nach einiger Zeit unter Wasser Schwefelwasserstoffgeruch entwickeln. Wir mussten uns fragen, ob es nicht möglich sei, den Prozess der Zersetzung der Sulfide zu beschleunigen und den grössten Teil des noch im Schlackenmateriale befindlichen Schwefels in Form von Schwefelwasserstoff abzuscheiden? Eine diesbezügliche Rücksprache mit Prof. Dr. *Lunge* bestätigte unsere Vermutung. Mit dankenswerter Bereitwilligkeit übernahm *Lunge* auch die nähere Prüfung der Frage und veranlasste seinen dermaligen Assistenten, Herrn Dr. *Schmitt*, die bezüglichen Arbeiten auszuführen. *Lunge's* Bericht über die Ergebnisse dieser Arbeiten lautet:

»Das mir zugesandte Schlackenmehl enthielt nach einer zuverlässigen Methode (Austreiben des H_2S , Aufsaugen in einer mit Bromwasser berieselten Perlenschnur und gewichtsanalytische Bestimmung der Schwefelsäure) analysiert 1,84% S = 4,14% CaS. Nach 4-stündigem Umrühren mit sehr hartem Wasser, das durch Auflösen von Kalk in überschüssiger CO_2 dargestellt war, gieng der Schwefelgehalt um 19,1% herunter (Schwefelgehalt der Schlacke betrug somit noch: 1,49% = 3,35% CaS). Bei Umrühren mit gewöhnlichem Brunnenwasser, aber unter Einleitung von CO_2 gieng der Schwefelgehalt um 26,1% d. h. auf 1,36% = 3,06% CaS herab. Es zeigte sich deutlich, dass gröbere Körnerchen nicht angegriffen werden.«

»Nach meiner Ansicht sollte man die Schlacke gleich beim Mahlen mit einem CO_2 -Strome behandeln, also z. B. in einer Kugelmühle mittelst Injektors Rauchgas einblasen, während die Schlacke mit Wasser gemahlen wird. Dabei wird das CaS in

viel höherem Grade, als bei meinen Versuchen, verändert werden und zum Teil in CaSO_4 , zum Teil unter Entwicklung von H_2S in CaCO_3 übergehen, wenn ich auch kaum annehmen kann, dass es absolut verschwinden würde.»

Soweit Lunge's Mitteilungen; sie beweisen die Möglichkeit der Entschwefelung basischer Hochofenschlacken auf nassem Wege und erklären gleichzeitig das schon konstatierte Verhalten aus an Schwefelcalcium reichen Hochofenschlacken erzeugter Schlackencemente unter Wasser.

Nach der hauptsächlichsten der heute üblichen Fabrikationsmethoden wird die granuliertte Hochofenschlacke vor der Zerkleinerung gedarrt. Man benutzt hierzu entweder horizontale Plattendarren, ähnlich wie solche zum Trocknen der Rohmaterialziegel künstlicher Portlandcemente noch vielfach in Anwendung stehen, oder rotierende nach dem Gegenstromprinzip arbeitende, eiserne Cylinder mit vorgelegtem Feuerherd (System Ruelle). Auch werden ebene Platten oder kegelförmige Schalen verwendet, die über einen Feuerherd derart aufgebaut und zusammengeschaubt liegen, dass die Vertrennungsprodukte die Schalen durchziehend durch die Hohlräume des zu trocknenden Sandes an die Aussenluft gelangen. Diese vertikalstehenden Darren (System *Gressli*) arbeiten ebenfalls nach dem Gegenstromprinzip: der zu trocknende Schlackensand wird mittelst Becherwerken gehoben, auf die oberste der Schalen gefördert und rieselt von dieser von Schale zu Schale herunter und kann über dem mit eisernen Platten belegten Feuerraum des Herdes in trockenem Zustande abgezogen werden. Die Nachteile dieser Sandtrockenvorrichtungen liegen in den grossen, unbenützten Abkühlungsflächen und dem damit verbundenen, relativ grossen Brennmaterialaufwand. Als Vorteile dieser Vorrichtung wären ihre Leistungsfähigkeit und die geringen Anlagekosten anzuführen. Diese Trockenöfen können für jede beliebige Leistungsfähigkeit eingerichtet werden. Man rechnet jetzt auf 2 Mahlgänge mit 150 m Durchmesser 3 Trockenöfen mit ca. 30—50 m² Heizfläche. Die Leistung eines Mahlgangs ist dabei mit 450—500 kg pro Stunde eingestellt. Der Brennstoffaufwand beträgt 6—6,5 % Koks.

Bei den angeführten Trockenöfen ist eine partielle Erwärmung der Schlacke auf Dunkelrotglut nicht ausgeschlossen. Zu erfahren, ob Überhitzungen die Kalkkapazität der granulierten

Schlacke beeinträchtigen können, haben wir wiederholt granuliertete Schlacken in hessischen Tiegeln im Probeofen während der Dauer von je ca. 1 Stunde rotwarm erhalten, hierauf allmählich abgekühlt, gemahlen, mit Kalk gemischt und zu Probekörpern verarbeitet. Die Resultate der ausgeführten Versuche scheinen dafür zu sprechen, dass durch Glühen der Schlacke eine geringfügige Abminderung der Kraftentfaltung derselben eintritt. So fanden wir mit einer deutschen Schlacke:

Mischung: 100 Schlacke : 25 Kalkhydrat; Mörtel 1 : 3, nach 28-täg. Wasserlagerung:

für die ungeglühte, geglühte Schlacke:
 Druckfestigkeit: 217,7 kg/cm²; 194,5 kg/cm².

Das Schlackenmaterial von Choindez (Schweiz) lieferte in dieser Hinsicht teilweise entgegengesetzte Resultate, wie folgende Zusammenstellungen lehren.

1. Versuchsreihe.

Festigkeit des Normenmörtels: 1 : 3, Wasserlagerung, kg/cm²

	nach: 7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen	
	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Einfach getrocknete Schlacke:	15,2	77,1	25,9	127,0	37,6	201,0
Geglühte Schlacke:	14,7	86,9	29,9	133,7	42,4	217,8

2. Versuchsreihe.

Cementkomposition 100 Schlacke : 40 Kalk; Mörtel 1 : 3 in Gew.-T.
 Dauer der Erhärtung 7 T. 28 T. 84 T. 210 T. 1 Jahr 3 Jahre 5 Jahre
 Alle Zahlen bedeuten kg/cm².

a. Einfach getrocknete Schlacke.

Wasserlagerung.

Zug :	8,4	25,6	35,3	44,5	46,4	52,3	44,2
Druck :	40,0*)	160,1	273,5	422,6	452,6	478,6	581,2

Luftlagerung nach 7-tägiger Wasserlagerung.

Zug :	—	14,8	17,6	22,8	30,0	24,5	—
Druck :	—	275,7	317,3	326,1	351,0	328,6	378,3

b. Geglühte Schlacke.

Wasserlagerung.

Zug :	15,1	34,8	40,5	42,8	43,8	46,8	42,0
Druck :	71,ä	246,4	335,2	327,0	354,6	399,0	485,4

Luftlagerung nach 7-tägiger Wasserlagerung.

Zug :	—	31,0	34,5	39,4	43,5	56,0	—
Druck :	—	229,6	261,2	315,3	345,5	371,9	451,3

*) Unsicher.

Unter sonst gleichen Umständen ist der *Grad der Zerkleinerung* für die Kraftentfaltung der granulierten Schlacke von ausschlaggebender Bedeutung. Die Art der Mahlung ist dabei völlig gleichgiltig. Hierin stimmen die Erfahrungen der Leiter der von Roll'schen Eisenwerke mit den meinigen vollkommen überein. Im Jahre 1881 stand zum Zerkleinern der granulierten Hochofenschlacke in Choindez bereits ein Mahlgang in Thätigkeit. Das gewonnene Schlackenmehl wurde bereits im Jahre 1882/83 gesiebt, mit ebenfalls gesiebttem Staubhydrat in einer nach Art der Thonschneider konstruierten Mischschnecke gemischt und in einer Thivet-Hanctin'schen Kugelmühle in einem Durchgange homogenisiert.

Beim Homogenisieren mittelst der Thivet-Hanctin'schen Kugelmühle tritt eine weitere Verfeinerung des Schlackenmehls auf; sie ist jedoch bei einem einmaligen Durchgange des Materials zu unbedeutend, um die Qualität der Ware dadurch merklich zu erhöhen. Kolumne A der folgenden Zusammenstellungen enthält die Resultate der Festigkeitsproben mit der nach vorstehend beschriebener Art erzeugten Handelsware (1882/83). Im Jahre 1884/85 hatte man bereits wesentlich besser gemahlen; die aus der Fabrik bezogene Ware gab die unter B notierten Versuchsergebnisse. Durch weitere Verfeinerung des Cementes auf unserer Kugelmühle konnte auch eine weitere Steigerung der Festigkeitsverhältnisse des an sich sehr kräftigen Materials erzielt werden, wie dies die Zahlen der Kolumne C bestätigen.

	A	B	C
Spec. Gewicht . . . :	2,65	2,69	2,67
Glühverlust :	—	8,21	—
Rückstand am 900-Sieb:	4,1 ⁰ / ₀	0,5 ⁰ / ₀	0,0 ⁰ / ₀
„ „ 2500- „ :	19,5 „	2,0 „	0,5 „
„ „ 4900- „ :	38,6 „	18,0 „	8,4 „

Bei normaler Wasserlagerung ergab der Mörtel 1 : 3 folgende Resultate

Zug nach 7 Tagen:	9,2 kg/cm ² ;	16,0 kg/cm ² ;	24,0 kg/cm ² ;
„ „ 28 „ :	15,5 „	29,5 „	37,8 „
Druck „ 7 „ :	97,7 „	104,0 „	134,1 „
„ „ 28 „ :	124,1 „	201,3 „	254,1 „

Eine uns 1886 aus Spanien zugegangene Hochofenschlacke derart zerkleinert, dass

am 900-Siebe der Rückstand 0,0 0/0,
 „ 4900- „ „ „ ca. 38,0 „

betrug, ergab:

in Mischungen 100 Schl. : 10 K.; 100 Schl. : 20 K.; 100 Schl. : 30 K.;
 Normenmörtel 1 : 3, Wasserlagerung

Zug nach 7 Tagen:	0,0 kg/cm ² ;	0,0 kg/cm ² ;	0,0 kg/cm ² ;
„ „ 28 „ :	5,7 „	5,7 „	5,5 „
„ „ 84 „ :	12,3 „	12,8 „	10,6 „

Die nämliche Schlacke auf der Kugelmühle soweit zer-
 kleinert, dass der

Rückstand am 900-Sieb	0,0 0/0,
2500- „	0,8 „
4900- „	9,7 „

betrug, gab die in Tabelle auf Seite 138 unter Nr. 23 ange-
 führten Festigkeitszahlen.

Ähnliche Überraschungen sind uns bei den vergleichenden
 Untersuchungen zweier deutschen Schlacken zu teil geworden.
 Folgende Zusammenstellung gibt über fragliche Verhältnisse
 näheren Aufschluss:

	Schlacke A		Schlacke B	
Spec. Gewicht . . . :	2,87	2,89	2,95	2,94
Rückstand am 900-Sieb:	3,6 0/0	0,3 0/0	4,3 0/0	1,0 0/0
2500- „ :	16,2 „	1,0 „	18,7 „	3,7 „
4900- „ :	59,6 „	9,0 „	62,8 „	9,0 „

Nach 28-tägiger Wasserlagerung ergab der Mörtel 1 : 3,
 kg/cm²:

	Schlacke A		Schlacke B	
Zug . . . :	9,9	40,5	5,3	23,8
Druck . . . :	68,0	181,4	—*)	108,7

Nach 210-tägiger Erhärtungsdauer unter Wasser gab der
 gleiche Mörtel

Zug . . . :	18,6 kg/cm ² ;	15,3 kg/cm ² .
Druck . . . :	92,8 „	78,3 „

Die Wirkung der Feinheit der Mahlung des Schlacken-
 sandes auf dessen Kraftentfaltung geht insbesondere aus folgenden
 Versuchsreihen hervor:

Ein im Jahre 1889 eingelieferter Schlackencement von
 Neunkirchen wurde normengemäss untersucht und zu Probe-
 körpern der Zug- und Druckfestigkeit in 3 Altersklassen ver-
 arbeitet. Der gleiche Cement wurde sodann in der Maschinen-

*) Unter 20,0 kg pro cm²; unsicher.

fabrik Örlikon auf *Wegmann'schen* Walzenstühlen einmal, bezw. zweimal übermahlen und jedesmal in gleicher Weise wie oben zu Probekörpern verarbeitet. Die mit diesen ausgeführten Festigkeitsversuche ergaben folgende Resultate:

Zustand des Materials	Mahlungs- feinheit Rückstand am		Festigkeit des Normenmörtels, Wasserlagerung, kg/cm ²					
	900- Maschensieb	4900- Maschensieb	nach 3 Tagen		nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
			Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Anlieferung	0,1	6,5	3,0	25,8	10,7	76,3	23,2	149,1
1 mal übermahlen	—	Spur	5,2	34,0	12,0	83,1	23,6	158,5
2 mal übermahlen	—	—	7,1	59,3	17,0	114,8	27,1	214,0

Die Wirkung einiger Mahl- und Homogenisierungsvorrichtungen*) kennen zu lernen, wurden folgende Versuchsreihen ausgeführt.

I. Zerkleinerung des getrockneten Schlackensandes auf einem schweren Mahlgang (150 cm Durchmesser).

Mischungsverhältnis der Cementkomponenten: 100 Gew.-T. Schlacke auf 41 Gew.-T. Kalkhydrat.

- Probe No. 1: 1 Stunde lang in einer grossen Kugelmühle (Rollfass) gekugelt;
 Probe No. 2: 45 Minuten lang in einer Thivet-Hanctin'schen Kugelmühle gekugelt;
 Probe No. 3: 2 Stunden lang in einer Thivet-Hanctin'schen Kugelmühle gekugelt.

II. Zerkleinerung des getrockneten Schlackensandes auf einem leichten Mahlgang (ca. 100 cm Durchmesser).

Mischungsverhältnis wie vorher.

- Probe No. 4: 1 Stunde lang in einer grossen Kugelmühle (Rollfass) gekugelt;
 Probe No. 5: 45 Minuten lang in einer Thivet-Hanctin'schen Kugelmühle gekugelt;
 Probe No. 6: 2 Stunden lang in einer Thivet-Hanctin'schen Kugelmühle gekugelt.

Folgende tabellarische Zusammenstellungen enthalten die gewonnenen Resultate:

*) Wobei unter Homogenisieren verstanden ist die Ausgleichung der Kornunterschiede bei inniger Mischung der Cementkomponenten durch eine geeignete, zweite Mahlung.

Bezeichnung des Materials	Spec. Gewicht γ	Glühverlust 0/0	Volumengewicht kg/l		Bindezeit		Mahlungsfeinheit in 0/0 Rückstd. am		Festigkeit des Normenmörtels, Wasserlagerung, kg/cm ² , nach							
			lose δ_1	eingerrüttelt δ_3	Beginn St. M.	Ende St. M.	900-Sieb	4900-Sieb	28 Tagen		84 Tagen		365 Tagen		2 Jahren	
									Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
No. 1	2,68	6,38	1,00	1,57	— 55	12 —	1,7	13,2	23,9	245,4	33,5	326,1	40,0	368,3	41,5	387,0
" 2	2,68	7,65	0,97	1,62	1 20	7 30	0,5	12,4	24,1	254,6	31,8	342,0	41,2	379,1	40,8	402,0
" 3	2,72	9,68	0,96	1,60	1 25	4 30	0,2	11,6	29,0	272,5	36,8	375,2	39,7	383,7	40,1	418,9
" 4	2,68	8,15	0,99	1,57	1 25	11 —	0,4	9,0	21,5	270,4	35,5	367,5	42,6	398,5	44,5	419,3
" 5	2,70	8,90	0,98	1,59	1 10	6 —	0,1	10,6	27,6	225,0	34,5	330,5	39,6	342,9	42,9	378,6
" 6	2,70	7,75	0,98	1,64	1 10	7 30	0,2	10,6	29,4	238,8	38,8	376,4	46,5	406,1	42,7	416,9

Die Wirkung der Homogenisierung (Doppelmahlverfahren) der Schlacken-kalk-Gemenge durch energisch wirkende Kugelmöhlen steht ausser Frage; wir hatten häufig Gelegenheit dies experimentell nachzuweisen. So beispielsweise in folgenden Fällen:

Schlackencement von Choindez (1887).

Nicht homogenisiert. Homogenisiert.
Festigkeit des Normenmörtels: 1 : 3, Wasserlagerung, nach

I. Serie.

	7 Tagen	28 Tagen	7 Tagen	28 Tagen
Zugfestigkeit . . . :	14,7	29,9 kg/cm ² ;	23,4	27,6 kg/cm ² .
Druckfestigkeit . . . :	86,9	133,7 "	144,1	196,4 "

II. Serie.

Zugfestigkeit . . . :	16,0	29,5 kg/cm ² ;	24,0	37,8 kg/cm ² .
Druckfestigkeit . . . :	104,0	201,3 "	134,1	254,1 "

u. a. m.

Einschaltend sei gestattet hier zu bemerken, dass bei Bestimmung der Siebrückstände gekugelter Schlacken oder anderer mineralischer Körper einige Aufmerksamkeit nötig 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 Konglomerat bilden, welches in Ermangelung eines eigentlichen Kittstoffes oft schon unter mässigem Fingerdrucke oder bei Benetzung mit absolutem Alkohol in seine Elemente zerfällt. So haben unsere mikroskopischen Untersuchungen schon im September 1885 keinen Zweifel darüber übrig gelassen, dass die

zuerst (Mai 1885) durch Herrn *F. Wolters* beobachtete Schuppenbildung gekugelter Cemente oder Cementkompositionen mit dem konstatierten 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 aktiv 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 Komponenten nicht an, dies umsomehr, als es bisher nicht gelungen ist, greifbare Unterschiede in der Form und äusseren Beschaffenheit der durch Mahlung basischer Stückschlacken beziehungsweise des granulierten Sandes der nämlichen Schlacken zu entdecken. Im Gegenteil scheint das Mehl aus glasigem Sand saurer Schlacken eher schärfer und splittriger zu sein, ist aber dennoch wirkungslos. Mag auch die fügliche Versteinerung eines Schlackencements das Resultat kombinierter chemisch-physikalischer Vorgänge sein, so viel steht fest, dass dieselbe unter stetiger Wasseraufnahme vor sich geht und dass gedarrte Probekörper ihre Kohäsion nicht verlieren, weil die kleinsten Teile aus ihrer Attraktionssphäre rücken, sondern weil die Kittsubstanz durch Wasserverlust und Schwindrissigkeit Schaden nimmt. Verschiedene Hochofenschlacken verhalten sich in dieser Richtung sehr verschieden. Zu der Wirkung des Wasserentzuges auf die Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels kehren wir später zurück; an dieser Stelle schalten wir zur Orientierung eine Tabelle ein, welche die Möglichkeit des Eintritts erheblicher Abnahme der Mörtelfestigkeit durch Wasserentzug konstatiert:

Schlackencement:	No. 1	No. 2	No. 3
Mischungsverhältnis:	100 Schlacke : ca. 30,0 Kalk.		
Alter der Proben:	84 Tage.		
Zugfestigkeit der Proben:			
a) im wasserges. Zustande:	16,9 kg/cm ² ;	20,6 kg/cm ² ;	20,6 kg/cm ² ;
b) 24 St. gedarrt b. 120° C.:	6,1 „	7,7 „	7,4 „

Über den Einfluss der Dauer der Luftlagerung des Schlackemehls auf seine Kalkkapazität und Sandfestigkeit lagen noch keine Erfahrungen vor; wir haben daher Veranlassung genommen, diese Frage näher zu prüfen. Zu diesem Zwecke liessen wir

im April 1885 eine grössere Quantität gemahlener Choindez-Schlacke kommen und haben diese Fall für Fall mit Kalkhydrat gleicher Qualität, das eine Mal unmittelbar nach Empfang, das andere Mal nach 13- bzw. nach 52-monatl. Lagerung der Schlacke in einer von CO₂ und Wasser stark geschwängerten Atmosphäre verarbeitet, geprüft und hiebei folgende Resultate erhalten:

Cement-composition	100 Schl. : 33,3 Kalk		100 Schl. : 66,6 Kalk		100 Schl. : 100 Kalk	
Alter der Proben	Festigkeit d. Normenmörtels 1 : 3, Wasserlagerung, kg/cm ²					
	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
a) Schlacke im Anlieferungszustand.						
28 Tage	33,7	259,9	32,1	233,7	27,6	205,2
84 „	43,5	377,5	38,1	308,2	34,3	248,9
210 „	46,4	440,5	40,5	326,8	38,9	267,8
1 Jahr	44,4	438,7	35,3	350,9	38,0	253,1
b) Die nämliche Schlacke nach 13-monatl. Luftlagerung.						
28 Tage	26,6	196,4	25,2	219,1	20,8	151,2
84 „	40,0	317,9	29,5	301,0	25,8	181,3
210 „	43,0	419,6	30,0	340,7	27,8	185,9
1 Jahr	43,2	425,0	34,5	327,6	31,4	209,2
c) Die nämliche Schlacke nach 52-monatl. Luftlagerung.						
28 Tage	24,1	244,5	20,3	154,5	15,4	102,4
84 „	30,8	315,3	21,2	187,9	16,7	124,8
210 „	34,4	349,1	29,4	207,9	23,1	147,9
1 Jahr	35,1	382,4	28,0	221,4	25,7	157,0

Aus vorstehenden Versuchsreihen geht hervor, dass die gemahlene Schlacke durch dauernde Lagerung an Anfangsenergie und Kalkkapazität verliert.

Über den Einfluss *der Dauer der Lagerung* des Schlackencement-Komponenten auf die *Anfangsenergie* desselben haben wir folgende Versuchsreihen durchgeführt.

3¹/₂ Jahre gelagertes Schlackemehl von Choindez wurde,

I. mit 2¹/₂ Jahre gelagertem Kalkhydrat von Dielsdorf gleichzeitig

II. mit frisch gelöschtem und abgeseibtem Kalkhydrat von Neunkirchen (3 Wochen alt) in Verhältnissen 30 kg Kalkhydrat auf 100 kg Schlackenmehl versetzt, von Hand durchgemischt und die Mischung im ersten Falle mit 10¹/₂ ‰, im zweiten Falle mit 10,0 ‰ Wasser zu Probekörpern Zug und Druck des Normenmörtels (1 : 3) in 3 Altersklassen, Wasserlagerung, verarbeitet und deren Festigkeitsverhältnisse erhoben. Folgende Zusammenstellungen enthalten die gewonnenen Resultate:

Alter der Probekörper	Kalksorte I kg/cm ²		Kalksorte II kg/cm ²	
	Zug	Druck	Zug	Druck
3 Tage	5,7	36,5	8,4	54,1
7 „	9,2	54,3	12,1	85,9
28 „	27,7	217,5	26,1	230,7

Vorstehende Versuchsergebnisse lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. *Die Verwendbarkeit einer Hochofenschlacke zur Schlackencementbereitung hängt in erster Linie von ihrer Basicität ab, welche ausreichend genau durch das Verhältnis des Kalkes zur Kieselsäure zum Ausdrucke gelangt. Schlacken mit einem Verhältnis von*

$$\text{CaO} : \text{SiO}_2 < 1,00$$

sind nach unseren Erfahrungen zur Schlackencementfabrikation unbrauchbar. Das günstigste Verhältnis von Kalk zur Kieselsäure zur Thonerde liegt näherungsweise bei

$$\text{CaO} : \text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 46 : 30 : 16 = 1,00 : 0,65 : 0,35$$

oder: $\text{CaO} : \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 1,00 : 1,00.$

Es muss indessen an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht werden, dass jede möglichst magnesiafreie Schlacke zur Schlackencementbereitung sich dadurch brauchbar machen lässt, dass man ihr in flüssigem Zustande jene Stoffe zusetzt, durch welche deren Basicität und die Fähigkeit in gemahlenem Zustande hydraulisch zu erhärten bedingt wird. Ohne Zweifel ist es möglich die Zuschläge der Qualität und Quantität nach derart zu wählen und der flüssigen Schlacke zu inkorporieren, dass dadurch eine Schlacke entsteht die abgestochen, granuliert, getrocknet, gemahlen mit ganz geringer Menge von Kalkhydrat als Anreger versetzt, möglicherweise auch ohne Kalkzuschläge einen hydraul.

Cement liefert. Unsere diesbezüglichen Versuche waren auf einem befreundeten Werke eingeleitet und sind fallen gelassen worden, als ein amerikanisches Patent zu unserer Kenntnis gelangte, welches den gleichen Gegenstand trifft.

2. *Ein hoher Schwefelgehalt mahnt zur Vorsicht und ob schon bezüglich der Wirkung des Schwefels endgültige Erfahrungen nicht vorliegen, empfiehlt sich dennoch auf eine möglichst weitgehende Entschwefelung der Schlacke hinzuarbeiten.*

3. *Bei gleicher Zusammensetzung ist die grünlich-graue, mehr glasige Schlacke vom grauen Eisen der gelblichen, schaumigen von grauen oder anderen Roheisenarten vorzuziehen.*

4. *Die Art des Granulierens spielt auf die Kalkkapazität der Schlacke eine untergeordnete Rolle.* Indessen empfiehlt sich nur möglichst dünnflüssige Schlacken bei reichlicher Wasserzufuhr zu granulieren und zwar aus dem Grunde, weil hierbei das Zerfallen der Schlacke in Sand begleitet durch eine nicht unwesentliche Entschwefelung, am vollkommensten erfolgt.

5. *Durch dauernde Feuchtlagerung der granulierten Schlacke findet eine partielle Entschwefelung statt.* (Der Schwefel wird, wenn schon in geringen Mengen, teils oxydiert, teils in Schwefelwasserstoff verwandelt).

6. *Die zur Cementbereitung zu verwendenden Hochofenschlacken müssen so fein als möglich gemahlen werden.* Dadurch erreicht man eine Steigerung der Anfangsenergie, Beschleunigung des Abbindeprozesses und der Bindekraft des Cementes. Mit dem Grade der Zerkleinerung der Schlacke scheint auch die Tendenz zur Schwindrissigkeit zu wachsen. Die maschinellen Einrichtungen und Hilfsmittel fallen dabei nur insofern in Betracht, als man denjenigen den Vorzug einräumen wird, die unter sonst gleichen Umständen die grössten Mengen Feinmehl liefern. Das zur fabrikmässigen Darstellung der Schlackencemente unseres Wissens zuerst in Choindez, später in Thale a./H. angewandte System der Doppelmahlerei empfiehlt sich insbesondere deshalb, weil beim zweiten Mahlen die wünschbare Mischung der Cementkomponenten und bei sachgemässer Auswahl des Apparates, mit einer Ausgleichung der Kornunterschiede auch die thunlichste Annäherung der aktiv aufeinander wirkenden Stoffe auf mechanischem Wege erreicht werden kann.

7. Durch dauernde Lagerung des Schlackenmehls nimmt dessen Anfangsenergie und Kalkkapazität ab; dagegen scheint die Zuverlässigkeit desselben zu wachsen. Zu bemerken ist, dass selbst durch eine mehrjährige Trockenlagerung die Verwendbarkeit des Schlackenmehls zur Cementbereitung nicht aufgehoben wird.

Der 2. wesentliche Bestandteil jedes *Schlackencementes* ist:

b. Der trockengelöschte Kalk.

Ganz besondere Aufmerksamkeit fordert der zur Schlackencementfabrikation zu verwendende Kalk. Gar gebrannte Luft- oder Weisskalke, neuerer Zeit auch Wasserkalke, die ohne Nachteil auf die Kraftentfaltung der Schlacke, bezüglich der Tendenz zur Schwindrissigkeit und der Festigkeitsverhältnisse bei Luftlagerung sich recht günstig gestalten, werden (vergl. auch die Resultate auf S. 126) in mannigfacher Weise trocken gelöscht und behandelt. Die französischen Kalkindustriellen löschen ihren Wetter- und Wasserkalk meist unter Zuhilfenahme von Körben, die mit dem zu löschenden Ofengut gefüllt, in bereitstehende, mit Wasser gefüllte Bottiche versenkt werden. Der mit Wasser gesättigte Kalk wird sodann auf Haufen geworfen und bleibt in diesen meist unter einer kalkstaubhaltigen Sanddecke längere Zeit sich selbst überlassen. Auf der Löschbank löscht man den gebrannten Kalk in Lagen von ca. 10 bis 20 cm Höhe durch Anspritzen mit Wasser. Der auf Faustgrösse zerschlagene gebrannte Kalk wird auf der Löschbank gleichmässig ausgebreitet und so lange mit Wasser benetzt, bis das Material thunlichst vollständig in Pulver zerfallen ist. Die Masse wird auf Haufen geschaufelt und nachdem sie unter Dach mindestens 14 Tage sich selbst überlassen war*), zur Abscheidung aller gröberen, ungelöschten oder nicht durchgebrannten Stücke durch ein Drahtgitter geworfen. Von dem so gewonnenen Mehle werden sodann alle griesigen Teilchen mittelst gewöhnlicher Zylindersiebe, neuestens auch mittelst der zum Absieben des Schlackenmehles mit sehr gutem Erfolge angewendeten Windseparator, Patent *Mumford et Moodie*, (in wesentlich verbesserter Form gebaut durch die Herren *Gebr. Pfeiffer*, Maschinenfabrik in Kaiserslautern).

*) Sorgfältig fabrizierende Werke verwenden 1 bis 2 Monate lang gelagertes Kalkhydrat.

Der Apparat ist, wie man auf den ersten Blick sieht, derart konstruiert, dass das Kondenswasser ohne das Löschprodukt zu berühren unter dem Kalkbehälter sich sammeln und abgeleitet werden kann, soferne man nicht vorzieht, durch besondere Ummantelung des Kessels den Abdampf des einen Kessels zum Erwärmen eines benachbarten, andern zu benützen oder den arbeitenden Kessel selbst nach Art der Dampfkessel zu vermauern und zu heizen.

Mehrfach — meines Wissens zuerst durch Dr. *W. Michaëlis* — ist der Versuch gemacht worden, den Ätzkalk durch das vom Granulieren der Schlacke herrührende Wasser im Schlackensande zu löschen. Es lag hierin stillschweigend die Absicht vor, das lästige Trocknen des Schlackensandes zu umgehen und etwa ungelöscht gebliebene, feingemahlene Ätzkalk-Rückstände im Sinne der Wirkung derselben im *Loriot'schen* Mörtel zur Steigerung der Hydraulizität des Schlackencementes zu verwerten. Zum Zwecke des Kalklöschens vermittelt der Feuchtigkeit des Schlackensandes hat *Dietzsch* schon in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre eine Einrichtung bestehend aus einem, mit einer Misch- und Transportschnecke ausgerüsteten Troge geschaffen und in Betrieb gesetzt. Neuerer Zeit hat Herr *Brasseur*, Teilhaber der Firma *Brasseur, Lambert & Co.* in Luxemburg (Rumelange), ein Verfahren patentiert, welches im wesentlichen ebenfalls auf dem Löschverfahren des Kalkes durch das dem Schlackensande zugeführte Wasser basiert. Ursprünglich sollte das so gewonnene Produkt nach 2—3-tägiger Luftlagerung ohne weiteres vermahlen werden (ursprüngliches Verfahren von Rumelange). Später waren doch noch Trockeneinrichtungen hinzugetreten, um das Zwischenprodukt des Mischverfahrens rascher und ausreichend zu trocknen. *Brasseur* will durch sein Verfahren einen kräftigern Cement erhalten, als dies nach der bisher üblichen Fabrikationsmethode der getrennten Aufbereitung der Schlackencementkomponenten und dem darauffolgenden Homogenisieren in einer Kugelmühle oder einem Mischapparat möglich sei. *Michaëlis* will an dem, unter zu Grundelegung des Löschverfahrens mittelst der Schlackensandfeuchtigkeit gewonnenen Schlackencemente *Treiben* beobachtet haben. Hierorts ausgeführte Versuche haben dargethan, dass eine treibende Wirkung des noch vorhandenen Ätzkalkes bloß dann eintritt, wenn die

Grösse des Kalkkornes die 2500-Maschensieb-Weite erreicht, beziehungsweise überschreitet. Ätzkalkmehl, welches ein Sieb mit 5000 Maschen passiert, konnte dem normalen Schlackencemente von Choindez in Mengen von 10 bis 15 % zugegeben werden, ohne Treiben zu erhalten. Es muss jedoch bemerkt werden, dass die mit Ätzkalk versetzten Cementsorten eine Abminderung der Zugfestigkeit des Mörtels ergaben. Andererseits haben wir beobachtet, dass die unter Benutzung der Schlackensandfeuchtigkeit zum Löschen des Ätzkalkes gewonnenen Schlackencemente unter sonst gleichen Umständen geringere Sandfestigkeit liefern. Wir schliessen daraus, dass durch dieses Löschverfahren des Kalkes, die Schlackenkörner oberflächlich angegriffen, abgeschwächt, also bezüglich in ihrer Gesamtwirkung entwertet werden. Folgende Versuchsreihen sollen zur Erhärtung des vorstehend Angeführten dienen.

Normenmörtel 1 : 3 ; Wasserlagerung.

Mischungs-Verhältnis :

100 Schl. : 20 Kalk ; 100 Schl. : 25 Kalk ; 100 Schl. : 30 Kalk.

Erhärtungsdauer :

7 Tg. 28 Tg. 7 Tg. 28 Tg. 7 Tg. 28 Tg.

a. Bei getrennter Aufbereitung der Cementkomponenten.

Zug :	22,3	27,9	23,6	31,3	19,5	28,5 kg/cm ² .
Druck :	93,8	156,3	99,5	153,6	92,9	151,9 „

b. Bei Kalklöschung durch nassen Schlackensand.

Zug :	16,6	25,5	14,2	24,9	15,0	23,9 kg/cm ² .
Druck :	77,0	127,6	72,7	114,7	79,1	114,5 „

Vorstehende Versuchsergebnisse datieren aus den achtziger Jahren. Im Jahre 1896 beauftragte Herr *Brasseur* in Luxemburg die schweiz. Materialprüfungs-Anstalt den relativen Wert der Schlackencemente festzustellen, welche einmal nach seinem Verfahren, sodann nach der getrennten Aufbereitungsmethode der Schlackencementkomponenten zubereitet worden sind und stellte zu diesem Zwecke folgende Materialien zur Verfügung.

1. *Schlackencement*, Handelsware von Rumelange, erzeugt nach dem Kalklöschverfahren durch die Feuchtigkeit des Schlackensandes.
2. *Schlackensand* von Rumelange.
3. *Frisch gebrannter Ätzkalk* in Stückform.

Zu den Versuchen war ferner zugezogen

4. *Frisch gebrannter Ätzkalk* von Zürich.

Entsprechend dem Antragschreiben des Herrn *Brasseur* wurden die Versuche unter Einhaltung folgender Bestimmungen ausgeführt:

100 kg trockener *Schlackensand* wurden mit 20 kg *Wasser* angefeuchtet und mit 33 kg *Ätzkalk* (auf Haselnussgrösse zerkleinert) versetzt, das Gemenge, während 48 Stunden sich selbst überlassen, wurde sodann getrocknet, gemahlen und zu Probekörpern des Normenmörtels (1 : 3) maschinell verarbeitet. Gleichzeitig wurde die gewogene Partie *Kalk* trocken gelöscht und gelagert, die zugehörige *Schlacke* gemahlen, das Schlackencementgemenge von Hand gemischt und wie vorerwähnt verarbeitet. Da ein maschinelles Homogenisieren entfiel, erscheint das lose Gemenge der letzt angeführten Erzeugungsart des Cements gegenüber demjenigen, erzeugt nach *Brasseur's* Anleitung dadurch im Nachteil, dass bei letzterem eine innigere Mischung und Anlagerung der Cementkomponenten besteht, als dies die Handmischerei ermöglicht.

Folgende Zusammenstellungen enthalten die gewonnenen Resultate:

1. Serie:

Schlackencement, Handelsware von Rumelange.

Spec. Gewicht: 2,77;	Erh.-Beginn: 4 St.;	Mahlungsfeinheit,
Glühverlust . : 8,45 0/0;	Bindezeit : 24 „ ;	Rückstand am
Raumgewichte,	Wassermg.: 29 ¹ / ₄ 0/0;	900-Sieb: 0,7 0/0,
lose . . : 1,06 kg/l;	Lufttemper.: 15 0 C ;	4900- „ : 24,9 0/0.
eingerüttelt: 1,53 „	Sämtliche Volumenbeständigkeitsproben:	
	bestanden.	

Festigkeit des Normenmörtels nach:

7 Tg. 28 Tg. 84 Tg. 210 Tg. 365 Tg.

Wasserlagerung.

Zug, kg/cm ² . . :	10,9	21,3	24,2	29,9	31,3
Druck, „ :	117,1	202,8	260,7	276,1	292,2

Lufterhärtung.

Zug, kg/cm ² . . :	13,1	17,8	20,4	26,3	22,4
Druck, „ :	120,0	174,5	200,5	203,9	220,1

2. Serie:

**Vergleichende Untersuchung der Kraftentwicklung der Schlackenkalk-
gemenge verschiedener Aufbereitungsart.**

Bezeichnung :	Schlackencement I.	Schlackencement II.
Methode der Fabrikation:	Vereinigte Aufbereitung der Cementkomponenten nach Brasseur.	Getrennte Aufbereitung der Cementkomponenten, gewöhnl. Fabrikationsverfahren.
Spec. Gewicht :	2,70	2,64
Glühverlust :	9,53 0/0	9,07 0/0
Volumengewicht, lose . . . :	1,08 kg/l	0,92 kg/l
eingerüttelt :	1,47 "	1,37 "
Erhärtungsbeginn :	1 St. 45 Min.	1 St. 40 Min.
Bindezeit :	10 " — "	12 " — "
Wassermenge :	25 1/2 0/0	27 1/2 0/0
Lufttemperatur :	17,5° C.	18,0° C.
Volumenbest.-Proben . . . :	bestanden	bestanden
Mahlungsfeinheit;		
Rückstand am 900-Sieb :	Spur	Spur
" " 4900-Sieb :	12,0 0/0	12,8 0/0
Wassermenge des Normen- mörtels :	10,0 0/0	9,5 0/0

Festigkeit des Normenmörtels, kg/cm²:

Wasserlagerung.

	Zug	Druck	Zug	Druck
nach 7 Tagen:	16,2	191,6	18,1	189,7
" 28 " :	21,3	246,4	22,9	225,2
" 84 " :	27,8	273,2	28,5	259,9
" 210 " :	31,0	302,3	29,2	290,3
" 365 " :	31,2	313,3	30,8	298,6

Lufterhärtung nach 7-tägiger Wasserlagerung.

	Zug	Druck	Zug	Druck
nach 7 Tagen*):	—	—	—	—
" 28 " :	21,5	248,2	18,0	241,1
" 84 " :	29,2	301,2	28,2	318,7
" 210 " :	35,1	359,5	38,0	363,4
" 365 " :	35,8	366,2	33,1	371,4

Das zur Cementbereitung zu verwendende Staubhydrat soll sich mehlig-weich anfühlen und darf keinerlei körnig-feste

*) Nicht besonders ausgeführt; siehe die Versuchsergebnisse, Wasserlagerung.

Bestandteile mehr enthalten. Durch den zweiten Mahlprozess der vorangehend in richtigen Verhältnissen gemischten Schlackencementkomponenten werden in der Regel die letzten Reste der körnigen Partikelchen zerrieben und unschädlich gemacht. Daher kommt es, dass die mit ausgelagertem Kalk, auf dem Wege der Doppel-Mahlerei erzeugten 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 unpraktisch, auf grösseren Plätzen überhaupt nicht durchführbar, ist die Schlackencementmörtelbereitung mit Zuhilfenahme eingesumpften Luftkalkes. Die Mischung von Hand bleibt immer unvollkommen, das Mischungsverhältnis schwer zu kontrollieren, 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 hiezu den Vorteil der Zuverlässigkeit fabrikmässig erzeugter Waren und berücksichtigt, dass zur grössten Kraftentfaltung verschiedener Schlacken auch verschiedene Kalkmengen, eventuell Zuschläge gehören, die nur der Produzent Fall für Fall mit Sicherheit festzustellen vermag, so erkennt man, dass nur unkundige oder interessierte Ratgeber für das Zumischen des Schlackencementes an der Baustelle plaidieren können.

Um die Einflüsse der *Dauer der Lagerung* und der *Qualität* des Kalkes auf das Schlackencement kennen zu lernen, haben wir zwei Kalksorten erwählt, die in folgenden Zusammenstellungen mit A und B bezeichnet sind. A — Kalk von Dielsdorf im Kanton Zürich, als guter Verputz- und Wetterkalk bekannt — wurde in Stückform bezogen, in der schweiz. Materialprüfungs-Anstalt trocken gelöscht und nach 7 Monate langer Lagerung abgeseiht und verarbeitet. B ist der aus weissem Jura erbrannte Kalk von Choindez, welchen das von Roll'sche Eisenwerk zur Schlackencementbereitung verwendet. B ist in gelöscht und abgeseihtem Zustande bezogen und in frischem Zustande

verarbeitet worden. Unmittelbar vor der Verarbeitung dieser Kalke wurden dieselben analysiert. Folgende Zusammenstellung enthält die gewonnenen Resultate:

Kalkhydrat sign. A.	sign. B.
CaO = 68,26 ‰	= 72,13 ‰
MgO = 0,32 „	= 0,40 „
R ₂ O ₃ = 2,96 „	= 1,41 „
SiO ₂ = 3,50 „	= 1,85 „
SO ₃ = 0,58 „	= 0,70 „
CO ₂ = 3,12 „	= 2,74 „
H ₂ O = 21,22 „	= 20,94 „
<hr/>	<hr/>
99,96 ‰	100,17 ‰

Als Versuchsmaterial dienten ferner die folgenden 3, zu verschiedenen Zeiten bezogenen *Hochofenschlacken* von Choindez:

	No. I.	No. II.	No. III.
SiO ₂	= 27,31 ‰	= 26,88 ‰	= 27,33 ‰
Al ₂ O ₃	= 22,40 „	= 24,22 „	= 23,81 „
Fe ₂ O ₃	= 1,36 „	= 0,44 „	= 0,63 „
MnO	= Spur	= Spur	= Spur
CaO	= 47,00 „	= 45,11 „	= 45,83 „
MgO	= 0,42 „	= 1,19 „	= 0,92 „
CaSO ₄	= 0,12 „	= 0,31 „	= 0,17 „
CaS	= 1,39 „	= 1,85 „	= 1,34 „
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100,00 ‰	100,00 ‰	100,03 ‰

Schlacke No. I ist in Pulverform bezogen und nach 13-monatlicher Lagerung in der schweiz. Materialprüfungs-Anstalt verarbeitet worden. Der Siebrest dieses Materials am 4900-Sieb betrug 7 ‰.

Schlacke No. II wurde als granulierter Schlackensand bezogen und auf einer kleinen Kugelmühle zerkleinert. Der Siebrest am 4900-Sieb betrug 10 ‰; das Material wurde unmittelbar nach Empfang verarbeitet.

Schlacke No. III ist in Pulverform bezogen und ebenfalls bald nach Empfang verarbeitet worden. Der Siebrest dieses Materials betrug am gleichen Siebe ca. 3 ‰.

Folgende tabellarische Zusammenstellungen geben die gewonnenen Resultate:

Cement-composition	100 Schl. : 33,3 Kalk	100 Schl. : 66,6 Kalk	100 Schl. : 100 Kalk			
Alter der Proben	Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² , Wasserlagerung					
	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
1. Mischungen aus Schlacke I mit Kalk A.						
28 Tage	26,6	196,4	25,2	219,1	20,8	151,2
84 "	40,0	317,9	29,5	301,0	25,8	181,3
210 "	43,0	419,6	30,0	340,7	27,8	185,9
1 Jahr	43,2	425,0	34,5	327,6	31,4	209,2
2. Mischungen aus Schlacke I mit Kalk B.						
28 Tage	36,3	279,6	27,8	201,5	18,1	136,2
84 "	36,0	345,9	29,5	245,4	21,3	168,9
210 "	43,3	396,1	34,0	300,7	26,6	187,7
1 Jahr	44,6	417,8	33,5	297,9	29,8	207,2
3. Mischungen aus Schlacke II mit Kalk A.						
28 Tage	36,1	322,5	32,5	293,4	28,9	221,1
84 "	43,8	430,8	36,5	377,3	33,1	273,1
210 "	45,0	483,7	36,1	419,6	32,0	292,5
1 Jahr	45,3	529,6	37,4	454,1	34,1	314,8
4. Mischungen aus Schlacke II mit Kalk B.						
28 Tage	37,6	289,8	33,9	271,9	25,8	184,4
84 "	37,6	369,8	37,5	333,6	29,1	231,8
210 "	45,1	439,8	40,5	358,6	31,6	232,2
1 Jahr	42,9	466,4	39,9	396,4	33,1	259,2
5. Mischungen aus Schlacke III mit Kalk A.						
28 Tage	28,4	251,2	33,0	282,7	27,9	210,9
84 "	40,3	367,4	41,6	337,5	30,0	240,8
210 "	49,4	488,8	39,0	413,9	37,0	296,1
1 Jahr	46,3	487,4	41,1	418,4	36,5	323,5
6. Mischungen aus Schlacke III mit Kalk B.						
28 Tage	32,8	303,6	34,8	238,8	25,7	167,7
84 "	36,8	396,4	32,3	315,8	25,8	214,8
210 "	40,6	446,4	38,4	368,9	32,3	242,3
1 Jahr	45,3	488,8	39,8	393,4	35,1	282,1

Eine rheinische Hochofenschlacke, die nicht weiter analysiert ist, im grossen und ganzen aber mit No. 22 auf Tabelle I und II übereinstimmen sollte, wurde auf der Kugelmühle der schweiz. Materialprüfungs-Anstalt soweit zerkleinert, dass der Siebrest am 4900-Sieb ca. 9% betrug. Die fragliche Schlacke wurde ca. 8 Wochen nach Empfang verarbeitet. Als Kalkmaterial diente nach wie vor das oben mit A und B bezeichnete Staubhydrat. Folgende Zusammenstellung enthält die gewonnenen Resultate:

Cement-composition	100 Schl. : 33,3 Kalk		100 Schl. : 66,6 Kalk		100 Schl. : 100 Kalk	
Alter der Proben	Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² , Wasserlagerung					
	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
7. Mischungen aus Schlacke IV mit Kalk A.						
28 Tage	27,0	116,5	20,1	91,2	13,8	62,8
84 "	31,9	140,2	26,4	99,4	19,5	68,8
210 "	34,0	141,3	27,4	112,2	20,3	89,8
1 Jahr	32,9	168,9	29,1	131,1	22,1	102,2
8. Mischungen aus Schlacke IV mit Kalk B.						
28 Tage	21,6	115,5	17,1	79,6	10,1	59,6
84 "	29,6	131,8	20,9	88,2	17,1	70,1
210 "	33,0	142,6	28,3	97,1	20,7	77,0
1 Jahr	32,0	186,7	24,5	128,1	25,0	100,5

Vorstehende Versuchsergebnisse sprechen im grossen und ganzen zu Gunsten des *gelagerten* Kalkmaterials; sie weisen auch darauf hin, dass durch Lagerung des fertigen Cementes die Aktionsfähigkeit des Kalkhydrats nicht wesentlich abgeschwächt werden kann. Eine Dauer der Lagerung des Kalkmaterials von 7 Monaten hat trotz der zeitweise arg mit CO₂ geschwängerten Atmosphäre unserer früher benützten Räumlichkeiten das Kalkmaterial qualitativ abzumindern nicht vermocht. Ob die günstigen Resultate, welche das Kalkmaterial A gegenüber B zeigt, lediglich dem Einflusse der Lagerung, wodurch möglicherweise ungelöschte Kalkteilchen sich nachträglich löschten und weiter zerfielen, zuzuschreiben sind, oder ob der geringe Grad von Hydraulizität, die dieser Kalk besitzt, Ursache der höheren Kraftentfaltung bildet,

konnte mit Sicherheit nicht festgestellt werden. Eine in dieser Richtung unternommene Untersuchung scheint dafür zu sprechen, dass durch Anwendung von hydraulischen Kalken an Stelle des trocken gelöschten Luftkalkes (Ätzkalk) die Anfangsenergie des Cementes abgemindert, dagegen die Kraftentfaltung in spätern Altersklassen gefördert wird. Der fraglichen Untersuchung lag ein frisches, granuliertes Schlackenmehl von *Choindex* mit ca. 15% Rückstand am 4900-Sieb zu Grunde. Den Kalk hatte die Kalk- und Cementfabrik *Rozloch* bei Luzern geliefert und hatte dieser folgende Zusammensetzung:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	CaSO ₄	CO ₂	H ₂ O
18,42%	5,76%	1,61%	56,67%	2,04%	2,85%	2,89%	10,07%

Mit diesem Kalk, welcher mit C bezeichnet ist, sowie mit einem trocken gelöschten Luftkalke gleicher Provenienz als der in vorstehenden Versuchsergebnissen mit A bezeichnete, wurden folgende Versuche ausgeführt:

Cement-composition	100 Schl. : 33,3 Kalk		100 Schl. : 66,6 Kalk		100 Schl. : 100 Kalk	
Alter der Proben	Druckfestigkeit des Normenmörtels; 1 : 3, kg/cm ² , Wasserlag.					
	mit Kalk A	mit Kalk C	mit Kalk A	mit Kalk C	mit Kalk A	mit Kalk C
7 Tage	71,1	unter 20,0	95,8	unter 20,0	76,5	unter 20,0
28 "	187,7	167,1	167,4	136,6	107,8	145,9
84 "	336,2	268,4	211,7	251,0	124,5	241,8
210 "	394,2	277,5	255,2	280,0	136,5	277,1
1 Jahr	368,3	319,4	222,4 ^{*)}	311,2	— ^{*)}	278,0

Den 3. Bestandteil mancher Schlackencemente bilden:

c. Unterschiedliche Zuschläge.

Als solche sind gebräuchlich:

Die unterschiedlichen Silicate, wie solche als Rückstände der Alaun- und Soda- bzw. der Schwefelsäurefabrikation, im Handel erhältlich sind. Ferner das geschlemmte Kaolin (calciniert), das Alaun, der Portland-Cement, der Gyps (gebrannt), die Soda (calciniert) und etliche hier nicht weiter benützte Farbkörper.

Als Zuschläge zu Schlackenkalkmischungen haben wir benützt:

^{*)} Unsicher.

- Nr. SiO₂ Al₂O₃ Fe₂O₃ CaO MgO N₂O NaCl SO₃ S CO₂ H₂O
1. 78,31⁰/₀ 11,94⁰/₀ 1,13⁰/₀ 1,50⁰/₀ 0,79⁰/₀ — — 1,27⁰/₀ — — 4,92⁰/₀ *)
 2. 51,01⁰/₀ 28,68⁰/₀ 5,77⁰/₀ 1,52⁰/₀ 0,14⁰/₀ 1,10 — 0,99⁰/₀ — 0,89 9,93⁰/₀ **)
 3. 46,10⁰/₀ 20,77⁰/₀ 0,74⁰/₀ 7,61⁰/₀ 1,50 — — 12,11⁰/₀ 1,28 — 9,89⁰/₀ ***)
 4. 14,64⁰/₀ 38,00⁰/₀ 8,09⁰/₀ 2,60⁰/₀ 0,22⁰/₀ 17,08 0,15 1,92⁰/₀ — 5,52 11,43⁰/₀ ***)
 5. Aus Alaun gefällte, schwach geglühte Thonerde.
 6. Dr. Heintzel's Silicat.
 7. Schwach calcinierte Soda (H₂O = 7,48⁰/₀, Na₂CO₃ = 82,50⁰/₀).
 8. Raschbindender Portlandcement. (Beginn ca. 1 Min.; Ende ca. 3¹/₂ St.)
 9. Gebrannter Gyps.

Einfluss der Zuschläge auf die Abbindeverhältnisse eines Schlackenkalkgemenges.

Menge des Zuschlags	Erhärtungs-Beginn	Bindezeit	Menge des Zuschlags	Erhärtungs-Beginn	Bindezeit	Menge des Zuschlags	Erhärtungs-Beginn	Bindezeit
	Std. Min.	Std. Min.		Std. Min.	Std. Min.		Std. Min.	Std. Min.
Zuschlag No. 1.			Zuschlag No. 4.			Zuschlag No. 7.		
0 ⁰ / ₀	6 -	c.36 -	0 ⁰ / ₀	6 -	c.36 -	0 ⁰ / ₀	6 -	c.36 -
2 "	" "	" "	2 "	I 30	c.20 -	2 "	- 26	4 -
4 "	" "	" "	4 "	- 56	6 20	4 "	- 4	" "
6 "	6 30	c.38 -	6 "	- 50	4 50	6 "	- I	" "
8 "	" "	" "	8 "	- 20	4 20	8 "	sofort	" "
10 "	7 -	c.40 -	10 "	- 13	4 -	10 "	sofort	" "
Zuschlag No. 2.			Zuschlag No. 5.			Zuschlag No. 8.		
0 ⁰ / ₀	6 -	c.36 -	0 ⁰ / ₀	6 -	c.36 -	0 ⁰ / ₀	6 -	c.36 -
2 "	2 30	c.30 -	2 "	2 10	c.60 -	2 "	7 -	c.35 -
4 "	I 10	I 2 -	4 "	I -	c.40 -	4 "	" "	" "
6 "	I -	I 2 -	6 "	- 30	c.18 -	6 "	" "	c.40 -
8 "	- 45	I 0 -	8 "	- 20	6 -	8 "	c. 9 -	üb.50 St.
10 "	- 40	9 -	10 "	- 10	2 30	10 "	c.10 -	" "
Zuschlag No. 3.			Zuschlag No. 6.			Zuschlag No. 9.		
0 ⁰ / ₀	6 -	c.36 -	0 ⁰ / ₀	6 -	c.36 -	Vergleiche Seite 308 und 310 des 6. Heftes der offiziellen Mitteilungen.		
2 "	c.12 -	c.35 -	2 "	5 30	c.45 -			
4 "	" "	c.30 -	4 "	" "	" "			
6 "	" "	c.30 -	6 "	" "	" "			
8 "	" "	c.28 -	8 "	" "	" "			
10 "	" "	c.25 -	10 "	" "	" "			

*) MnO = 0,21⁰/₀.

**) roh; wurde schwach calciniert angewandt.

***) roh; wurde gewaschen und calciniert.

Einfluss einiger Zuschläge auf die Bindekraft des Schlackencementes.

Mischungsverhältnis in Gew.-T.			An- mach- wasser in %	Festigkeit des Normenmörtels; 1:3, kg/cm ²					
Schlacke	Silicat	Kalk		Wasserlagerung nach		Luftlag. nach			
				7 Tagen		28 Tagen			
			Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	
Zuschlag No. 1.									
100,0	—	25,0	10 ¹ / ₄	11,7	82,7	25,1	166,3	21,5	150,5
90,0	10,0 No. 1	25,0	10 ¹ / ₂	17,1	102,0	30,0	214,4	20,1	212,7
80,0	20,0 „ 1	25,0	11,0	17,8	126,0	32,9	242,0	25,0	234,6
70,0	30,0 „ 1	25,0	12,0	16,0	111,3	27,6	215,5	27,1	220,6
Zuschlag No. 2.									
100,0	—	25,0	10 ¹ / ₄	11,7	82,7	25,1	166,3	21,5	150,5
90,0	10,0 No. 2	25,0	10 ¹ / ₂	16,0	100,0	30,2	208,0	20,0	200,0
80,0	20,0 „ 2	25,0	11,0	18,0	124,0	31,6	232,0	24,0	212,0
70,0	30,0 „ 2	25,0	11 ¹ / ₂	18,0	120,0	29,5	200,5	24,0	208,0

Ein *deutscher Schlackencement*, mit 0,2% Siebrückstand am 900-Sieb und 30,8% Rückstand am 4900-Sieb gemischt mit den auf Seite 165 angeführten Zuschlägen ergab folgende Resultate:

Menge des Zu- schlags in %	Festigkeit des Normenmörtels, 1:3, kg/cm ² , Wasserlagerung								Festigkeit des Normenmörtels, 1:3, kg/cm ² , Luftlagerung							
	n. 7 Tgn.		n. 28 Tgn.		n. 84 Tgn.		n. 1 Jahr		n. 7 Tgn.		n. 28 Tgn.		n. 84 Tgn.		n. 1 Jahr	
	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Zuschlag No. 3.																
0,0	7,6	58,4	17,7	109,5	21,9	145,8	24,2	197,9	8,6	67,5	12,0	111,3	11,7	109,1	9,2	119,9
2,0	8,3	55,6	18,7	132,9	24,8	178,0	28,8	213,5	10,7	71,6	14,8	100,6	9,5	100,7	10,6	113,8
4,0	8,9	67,0	21,5	131,4	26,5	179,5	30,2	224,9	12,3	76,5	13,9	99,3	11,5	111,5	9,3	105,8
6,0	9,6	66,3	22,7	138,9	26,7	185,3	31,3	250,3	11,7	75,1	15,2	107,5	13,2	136,1	10,8	110,9
8,0	8,7	65,1	22,9	132,6	25,7	183,2	32,8	236,3	10,3	72,9	11,5	103,4	12,1	132,2	8,4	101,4
Zuschlag No. 4.																
0,0	7,6	58,4	17,7	109,5	21,9	145,8	24,2	197,9	8,6	67,5	12,0	111,3	11,7	109,1	9,2	119,9
2,0	9,5	63,1	16,7	106,6	19,0	136,7	24,4	176,6	10,3	73,1	13,5	108,5	10,3	126,8	8,3	109,6
4,0	12,9	75,4	19,3	114,2	22,2	137,8	24,4	180,5	12,1	83,6	12,9	108,6	15,0	119,4	12,8	116,4
6,0	14,7	80,7	20,5	111,0	21,2	127,3	23,8	168,5	10,5	85,6	14,4	103,6	12,9	123,1	9,9	117,3
8,0	16,3	71,0	18,7	98,9	20,4	117,4	23,5	151,0	12,4	80,7	11,2	90,9	7,4	100,1	8,7	106,9

Menge des Zu- schlags in %	Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² , Wasserlagerung								Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ² , Luflagerung							
	n. 7 Tgn.		n. 28 Tgn.		n. 84 Tgn.		n. 1 Jahr		n. 7 Tgn.		n. 28 Tgn.		n. 84 Tgn.		n. 1 Jahr	
	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Zuschlag No. 7.																
0,0	7,6	58,4	17,7	109,5	21,9	145,8	24,2	197,9	8,6	67,5	12,0	111,3	11,7	109,1	9,2	119,9
2,0	11,0	55,9	15,0	74,9	20,2	103,0	23,8	144,9	8,7	58,1	9,8	80,1	10,9	101,2	10,5	107,3
4,0	12,9	53,7	16,2	68,9	16,6	94,3	20,3	146,5	11,2	49,3	8,6	65,9	8,4	103,2	9,2	147,3
6,0	15,3	67,5	16,9	86,2	21,6	107,4	19,7	153,6	11,6	62,7	11,9	85,8	14,2	120,8	9,7	161,8
8,0	15,7	63,9	15,7	90,9	17,9	118,8	18,3	175,6	14,9	65,5	12,4	91,7	14,7	131,7	10,5	195,4
Zuschlag No. 8.																
0,0	7,6	58,4	17,7	109,5	21,9	145,8	24,2	197,9	8,6	67,5	12,0	111,3	11,7	109,1	9,2	119,9
2,0	7,9	58,0	18,2	109,7	23,2	150,9	23,5	189,5	9,3	67,7	10,7	106,6	9,2	103,1	7,8	89,0
4,0	8,4	56,5	18,4	112,4	21,3	141,2	26,6	179,4	9,9	66,5	13,2	114,1	10,6	106,8	11,9	165,9
6,0	9,7	63,1	18,9	112,5	22,7	143,2	26,4	183,6	11,2	62,4	17,0	112,9	12,4	118,4	9,8	119,4
8,0	8,3	66,4	17,8	112,2	24,4	140,9	24,2	174,1	8,8	65,5	13,2	98,2	9,6	116,6	8,0	111,6
Zuschlag: x % No. 4 + y % No. 3.																
x y																
0,0	7,6	58,4	17,7	109,5	21,9	145,8	24,2	197,9	8,6	67,5	12,0	111,3	11,7	109,1	9,2	119,9
1+2	10,7	83,9	20,1	128,9	24,0	154,5	26,3	204,7	13,2	82,5	14,1	105,1	10,0	93,9	5,2	117,7
1+3	10,1	77,0	20,7	140,0	27,0	163,3	27,7	232,3	11,9	89,5	14,1	122,3	11,8	125,8	5,5	87,7
1+4	11,0	82,1	21,5	142,2	27,8	186,8	31,2	227,5	13,3	89,0	14,6	122,5	6,9	114,1	5,8	121,7
2+2	11,6	74,7	20,2	128,4	22,7	134,0	26,6	210,0	12,5	79,8	16,2	118,1	9,6	107,7	6,3	101,0
2+3	11,6	80,9	19,4	134,0	26,9	168,4	25,1	231,8	12,5	84,1	15,8	109,7	11,7	119,4	6,5	119,7
2+4	10,0	85,5	21,7	145,5	27,7	185,4	28,0	223,8	13,1	88,4	13,6	127,1	9,7	105,8	6,9	96,2
3+2	13,3	82,9	22,2	127,0	25,1	158,5	28,3	207,2	12,0	87,4	14,6	117,4	11,8	124,6	9,6	107,0
3+3	11,0	91,5	22,8	125,5	27,5	166,4	25,8	214,8	12,3	88,5	16,6	119,0	10,4	115,7	7,7	122,7
3+4	11,0	89,4	22,1	145,1	25,7	173,7	28,8	228,0	11,0	84,0	16,1	123,4	10,9	107,0	8,1	113,0

Bemerkung: Der Cement als Gemenge aus 100 Gew.-T. Schlackenmehl auf 25 Gew.-T. pulverförmiges Kalkhydrat war durch die Fabrik geliefert. Verwendet wurde eine schwachbindende, schaumige Schlacke von Thomas-Roheisen. Die Zuschläge in Gew.-T. zugesetzt, wurden von Hand dem Schlackencemente zugemischt. Eine zweite Mahlung (Homogenisieren) fand nicht statt. Bezüglich der Wirkung des gebrannten Gypses auf die Bindekraft der Schlackencemente, vgl. Seite 73 u. f. dieses Heftes.

d. Eigenschaften des Schlackencementes.

Nachdem in vorstehendem die chemisch-physikalischen Eigenschaften der Komponenten der Schlackencemente Erörterung fanden, tritt nun die Aufgabe an uns, die Eigenschaften des fertigen Produkts soweit zu behandeln, als dies zur sachgemässen Verwendung und Verarbeitung desselben nötig scheint. Zu diesem Zwecke wählen wir das zunächst für unsere schweizerischen Verhältnisse wichtigste Material, den *Schlackencement von Choindez*. Schlackencemente anderer Herkunft sind wohl auch untersucht worden, indessen nicht in solchem Umfange, dass wir berechtigt wären, weitgehende Schlussfolgerungen zu ziehen.

Sämtliche der gewonnenen Resultate beziehen sich also nur auf Choindezement und stehen wir der Absicht fern, die Eigenschaften dieses Materials auf Produkte ähnlicher Art wörtlich zu übertragen, obschon zweifellos Stoffe (Schlacken, Kalk, Zuschläge) gleicher chemisch-physikalischer Beschaffenheit unter gleichen Umständen Gleiches oder doch sehr angenähert Gleiches leisten werden. Trotzdem können wir nicht umhin zu wiederholen, was wir bereits 1887 in der Broschüre »der Schlackencement«, Sonderabdruck aus dem Notizblatt des Ziegler- und Kalkbrenner-Vereins, Heft II, Seite 80, ausgesprochen hatten, nämlich:

»Die Erfolge einiger, auf geeigneten Hochofenschlacken gegründeten und betriebenen Fabriken bringen der Industrie der Schlackencemente selbst, sowie dem Baugewerbe insofern nicht zu unterschätzende Gefahren, als sie leicht Quelle einer Überflutung des Baumarktes mit minderwertigen Fabrikaten werden können. An die Vertreter des Baugewerbes, die ohne Zweifel die Entwicklung einer Industrie, welche aus Abfallstoffen ein für viele Bauzwecke völlig ausreichendes, für andere sogar ein ganz vorzüglich verwendbares und dabei wohlfeiles Bindemittel erzeugt, mit Interesse verfolgen, tritt die ernste Mahnung zur Vorsicht, sachgemässer Auswahl und Verarbeitung dieses Materials heran. Andererseits ist auch bei Anlage neuer Schlackencementfabriken gründliche Prüfung aller einschlägigen Verhältnisse dringend zu empfehlen, wenn nachträglichen Enttäuschungen vorgebeugt werden soll. Vor allem ist dabei vor Augen zu behalten, dass minderwertige Schlackencemente keine

Aussicht auf Prosperität haben; sie werden im besten Falle nur dazu beitragen, den guten Namen anderer Fabrikate ähnlicher Art zu untergraben.«

Das einzige schlackenproduzierende Hüttenwerk der Schweiz ist das mehrfach angezogene *von Roll'sche Eisenwerk Choindez* bei Delsberg im Berner Jura. Der Beginn der Schlackencementfabrikation reicht hier, wie bereits Eingangs erwähnt wurde, in die Anfänge der 80-er Jahre zurück. Die fabrizierte Ware ist indessen erst 1882/83 insbesondere durch die schweizerische Landesausstellung 1883 bekannt und in grösseren Mengen in den Handel gebracht worden, denn einmal mussten die Schwierigkeiten der Mahlung überwunden werden, *dann aber suchte die Verwaltung der von Roll'schen Werke an eigenen Bauausführungen Erfahrungen zu sammeln, bevor sie sich entschloss, ihr Nebenprodukt auf den schweizerischen Baumaterialienmarkt zu bringen!*

Der nunmehr im Handel befindliche *Schlackencement* von *Choindez* zeichnet sich durch eine überraschende Gleichmässigkeit in Struktur, Farbe und Bindekraft aus. Bezüglich den Qualitäts- und Festigkeitsversuchen mit Choindez-Cement, Marktware, also mit Waren, die vorwiegend von Bauplätzen herrühren, vergleiche die Zusammenstellungen des 6. Heftes unserer Mitteilungen, Seite 161, 330 und 361.

In folgenden tabellarischen Zusammenstellungen geben wir auszugsweise und der Übersicht willen die Resultate einiger Untersuchungen von Schlackencementen von Choindez, wie solche von einigen Bauplätzen zur Prüfung in die schweiz. Materialprüfungs-Anstalt eingelaufen sind. Auf No. 7 bis und mit 26 wird besonders aufmerksam gemacht; dieselben repräsentieren die Resultate der Kontrollproben, welche während der Erstellung der neuen Baseler Gasometer-Umfassung beantragt und ausgeführt wurden. Jede No. entstammt einem anderen Waggon der Lieferung. Die übrigen Proben rühren von folgenden Baustellen her:

Probe No. 1	vom Bauplatze	des Chemiegebäudes	des eidgen. Polytechnikums;
" "	2 "	" "	der Zihlschleusse bei Nidau am Bieler-See;
" "	3 "	" "	des Wohngebäudes d. H. Hiltolt in Oberstrass;
" "	4 "	" "	des Niederdruckreservoirs der Stadt Zürich;
" "	5 "	" "	der Schindler-Escher-Häuser in Wipkingen;
" "	6 "	" "	der Wasserversorgung von Chaux-de-Fonds.

Lauf. No.	Datum des Eingangs		Spec. Ge- wicht γ	Glüh- ver- lust 0/0	Volumengewichte; kg/l			Volumenbeständigkeits-		
	Monat	Jahr			v. Hand lose	maschinell einges- rüttelt	lose	Wasser- lagerung	Luft- lagerung	Glüh- Probe
1	III	86	2,67	7,24	1,03	0,92	1,63	bestanden	bestanden	bestanden
2	III	86	2,68	8,85	1,02	—	1,60	"	"	"
3	IV	86	2,66	7,72	1,00	—	1,57	"	"	"
4	IV	86	2,69	7,75	1,03	—	1,62	"	"	"
5	VIII	86	2,67	8,47	0,96	0,91	1,51	"	"	"
6	IX	86	2,75	6,50	1,07	1,02	1,61	"	"	"
7	VIII	88	2,64	8,85	1,02	0,97	1,63	"	"	"
8	IX	88	2,65	8,45	1,05	0,97	1,67	"	"	"
9	IX	88	2,64	9,12	1,04	0,96	1,63	"	"	"
10	IX	88	2,66	8,27	1,04	0,98	1,63	"	"	"
11	IX	88	2,63	8,69	1,05	0,96	1,62	"	"	"
12	IX	88	2,64	8,61	1,06	0,94	1,62	"	"	"
13	IX	88	2,64	8,91	1,06	0,96	1,62	"	"	"
14	IX	88	2,64	9,22	1,05	0,97	1,63	"	"	"
15	IX	88	2,65	8,47	1,04	0,97	1,61	"	"	"
16	IX	88	2,65	9,10	0,99	0,98	1,60	"	"	"
17	X	88	2,65	8,93	1,04	0,97	1,64	"	"	"
18	X	88	2,65	7,87	1,08	0,99	1,63	"	"	"
19*)	X	88	2,65	8,11	1,10	1,01	1,66	"	n. best. **)	"
20	X	88	2,66	9,20	1,09	1,00	1,62	"	bestanden	"
21	X	88	2,63	7,93	1,08	0,98	1,62	"	"	"
22	XI	88	2,65	8,09	1,08	0,97	1,60	"	"	"
23	XI	88	2,64	8,20	1,08	1,00	1,63	"	"	"
24	XI	88	2,67	7,80	1,09	1,02	1,64	"	"	"
25	XI	88	2,66	8,11	1,10	0,98	1,63	"	"	"
26	XI	88	2,66	7,37	1,05	0,96	1,64	"	"	"

*) Vergl. Heft 6, St. 106-197, No. 30. **) Nicht bestanden; Kantenrissigkeit
n. best. = nicht bestanden. Die im Jahre 1888 erzeugten Probekörper der

Proben		Mahlungfeinheit, Rückstand an			Abbinde- Verhältnisse			Festigkeit d. Normenmört. 1 : 3; Wasserlag. nach			
Darr- Probe	Koch- Probe	900- Sieb	2500- Sieb	4900- Sieb	Tem- perat.	Be- ginn	Binde- zeit	7 Tagen		28 Tagen	
		0/0	0/0	0/0	°C	St. M.	St. M.	Zug	Druck	Zug	Druck
bestanden	bestanden	1,0	2,8	13,5	13,4	2 —	22 —	17,4	116,7	35,1	225,1
"	"	0,6	1,6	11,4	12,2	1 45	21 —	16,9	99,5	35,4	197,6
"	"	0,2	1,2	10,4	14,0	1 40	25 30	17,3	110,5	31,8	236,2
"	"	0,5	2,5	17,5	14,5	2 —	14 —	14,9	82,1	33,9	207,8
"	"	0,6	3,3	10,5	20,0	1 07	10 —	21,2	144,3	32,8	229,3
"	"	0,9	3,1	13,1	18,0	1 15	18 —	21,2	116,6	32,3	238,4
"	"	0,5	6,0	19,7	19,0	— 45	17 —	16,1	128,6	26,3	263,0
"	"	0,8	7,9	22,0	20,0	1 15	17 —	17,6	137,0	27,3	264,9
"	"	0,8	5,0	19,8	19,0	1 —	16 —	16,7	138,8	26,0	253,0
"	"	0,5	6,0	20,7	18,0	1 —	15 —	16,6	128,1	27,6	260,0
"	"	0,6	7,0	19,0	18,0	1 —	15 —	16,8	125,0	26,6	270,5
"	"	0,4	5,4	21,0	18,0	1 —	15 —	16,4	127,9	26,6	275,1
"	"	0,4	4,6	26,5	19,0	1 —	18 —	16,8	135,0	29,4	257,6
"	"	0,4	5,6	19,4	19,0	1 15	18 30	16,3	129,1	26,3	238,8
"	"	0,4	5,2	18,0	17,5	1 25	16 30	16,5	115,8	27,5	258,1
"	"	0,2	5,8	19,7	17,5	1 15	17 —	14,1	99,8	24,7	209,9
"	"	1,0	7,4	20,6	17,5	1 15	17 —	12,6	102,0	24,3	234,5
"	"	0,7	6,8	22,2	17,5	3 —	15 —	15,5	124,6	26,9	256,4
netzrissig	netzrissig	0,6	5,9	22,8	17,0	1 45	17 —	10,6	80,5	20,9	177,6
bestanden	bestanden	0,3	4,6	19,2	17,5	1 —	15 —	11,8	89,9	22,6	202,5
"	"	0,2	3,4	15,6	18,0	1 15	18 —	12,7	95,4	24,8	232,9
"	"	0,3	4,6	20,2	16,5	1 25	16 —	11,4	95,9	23,3	226,0
"	"	0,3	4,5	18,5	17,0	1 05	16 —	13,3	89,9	26,5	219,9
"	"	0,3	5,6	21,0	17,0	1 10	16 —	12,2	88,6	24,9	212,3
"	"	0,2	5,1	19,4	17,0	1 20	16 —	12,1	91,8	24,4	229,9
"	"	0,8	5,6	19,6	17,0	1 10	17 —	13,0	102,5	23,6	214,6

der Kuchen war nach 2-jähriger Erhärtungsdauer eingetreten.
Zug- und Druckfestigkeit sind maschinell erzeugt; alle früheren von Hand!

Die mit stetiger Wasseraufnahme begleitete Nacherhärtung des Schlackencementes, Wasserlagerung, ist erheblich. Im Jahre 1882/83 am Schlackencement *grober* Mahlung von Choindez ausgeführte Versuche gaben folgende Resultate:

Mörtelzusammensetzung:

	1 : 0		1 : 1		1 : 3	
Erhärtungsd.	7 Tg.	210 Tg.	7 Tg.	210 Tg.	7 Tg.	210 Tg.
Zugfestigkeit	14,6	33,6 kg/cm ² ;	16,3	42,7 kg/cm ² ;	9,2	24,2 kg/cm ² ;
Druckfestigk.	116,2	352,4 „	113,0	355,1 „	97,7	232,1 „

Ein Schlackencement normaler Mahlung (feine M.) lieferte eine

Zugfestigkeit	17,0	32,1 kg/cm ²	—	—	18,1	37,0 kg/cm ² .
Druckfestigk.	138,2	451,0 „	—	—	112,5	321,9 „

Über die Nacherhärtung von Schlackencementen verschiedener Herkunft, vergleiche das 6. Heft, St. 382. Die Nacherhärtungsverhältnisse des Schlackencementes von Choindez kennen zu lernen, wurden im Jahre 1887 verschiedene Einläufe bis auf eine 2-jährige Erhärtungsdauer, Wasserlagerung, verarbeitet und geprüft. Folgende Zusammenstellung enthält die gewonnenen Resultate.

Lauf. No.	Menge des Anmachwassers 0/0	Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, Wasserlagerung, kg/cm ² ; nach									
		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		1 Jahr		2 Jahren	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
1	10,5	10,2	89,8	23,9	245,4	33,5	326,1	40,0	368,3	41,5	387,0
2	„	12,5	122,9	24,1	254,6	31,8	342,0	41,2	379,1	40,8	402,0
3	„	17,8	130,1	29,0	272,5	36,8	375,2	39,7	383,7	40,1	418,9
4	„	13,4	96,4	21,5	270,4	35,5	367,5	42,6	398,5	44,5	419,3
5	„	17,1	111,8	27,6	225,0	34,5	330,5	39,6	342,9	42,9	378,6
6	„	13,9	107,3	29,4	238,8	38,8	376,4	46,5	406,1	42,7	416,9

Die Erhärtung des Schlackencementes an der Luft ist eine seiner schwächsten Seiten. Der Schlackencement ist eben ein hydraulisches Bindemittel und fordert zur Entfaltung seiner Kraft, mehr als irgend ein anderes Bindemittel, die Gegenwart des Wassers, insbesondere in den ersten Perioden der Erhärtung. Der Erhärtungsvorgang des Schlackencementes ist von demjenigen solcher Cemente, deren Kalk und hydraulischen Bestandteile sich im Feuer chemisch verbinden, insofern verschieden, als hier die

Einwirkung des Kalkes auf das Silikat von Aussen, durch Vermittlung des Wassers unter Bildung von gallerteartigen Hydro-silikaten vor sich geht. Fehlt nach dem Abbinden das zur Lösung des Kalkes und Bildung des Kalkhydrosilikates erforderliche Wasser, oder wird dem Schlackencementmörtel das überschüssige Wasser durch Absaugen genommen, so wird auch der Erhärtungsprozess suspendiert und die Nacherhärtung geht zum grossen Teil verloren, d. h. der Mörtel erreicht schon nach relativ kurzer Erhärtungsdauer das durch die obwaltenden Umstände bedingte Maximum seiner Versteinerung. Dieser Fall tritt z. B. bei ausschliesslicher Luftlagerung, also dann ein, wenn der Mörtel nach dem Abbinden an der atm. Luft belassen und nicht weiter benetzt wird.

Um die Lufterhärtung beziehungsweise den Einfluss der Hydratisierung des Bindemittels in der ersten Periode der Erhärtung abzuklären, haben wir eine grössere Versuchsreihe, und zwar sowohl mit Normalmörtel (1 : 3) unter Verwendung des üblichen Normalsandes, als auch mit Specialmörtel aus rein-gewaschenem Züricher Bausand ausgeführt. Einen Auszug dieser Versuchsergebnisse lassen wir in nachstehender Tabelle folgen.

Art der Erhärtung	Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ²			
	nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
	Zug	Druck	Zug	Druck
1. Serie (1886); Choindez-Cement.				
Normengemässe Wasserlagerung	21,2	116,6	32,3	238,4
7-täg. Wasser-, Rest Luftlagerung	21,2	116,6	25,5	229,8
4- " " " "	19,6	116,3	22,4	197,8
2- " " " "	18,6	133,7	22,1	198,2
1- " " " "	18,3	139,2	23,0	201,0
Gänzliche Luftlagerung	15,4	105,1	18,3	164,3
2. Serie (1886); Choindez-Cement.				
Normengemässe Wasserlagerung	14,9	82,1	33,9	207,8
7-täg. Wasser-, Rest Luftlagerung	14,9	82,1	25,5	190,2
Gänzliche Luftlagerung	13,7	91,3	15,5	118,9

Art der Erhärtung	Festigkeit des Normenmörtels, 1 : 3, kg/cm ²			
	nach 7 Tagen		nach 28 Tagen	
	Zug	Druck	Zug	Druck
3. Serie (1887); Choindez-Cement.				
Normengemässe Wasserlagerung	13,9	68,8	25,1	165,8
Gänzliche Luftlagerung	11,9	74,7	13,6	105,1
4. Serie; deutsche Hochofenschlacke.				
Normengemässe Wasserlagerung	27,2	145,9	33,6	236,7
7-täg. Wasser-, Rest Luftlagerung	27,2	145,9	30,1	240,2
Gänzliche Luftlagerung	19,7	116,9	23,6	149,7
5. Serie; deutsche Hochofenschlacke.				
Normengemässe Wasserlagerung	23,1	115,5	34,1	235,4
7-täg. Wasser-, Rest Luftlagerung	23,1	115,5	32,0	235,2
Gänzliche Luftlagerung	18,5	109,4	18,9	155,1
6. Serie; deutsche Hochofenschlacke.				
Normengemässe Wasserlagerung	18,0	88,5	29,4	218,8
7-täg. Wasser-, Rest Luftlagerung	18,0	88,5	21,7	217,8
Gänzliche Luftlagerung	14,0	95,9	16,0	152,3

Schlackencement von Choindez
verarbeitet mit Züricher Bausand. (Handarbeit).

Art der Erhärtung	Festigkeit des Bausandmörtels, 1 : 2, kg/cm ² ; nach									
	7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		210 Tagen		1 Jahr	
	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Normengem. Wasserl.	14,3	98,7	31,9	227,6	34,5	302,5	40,0	351,5	36,6	382,6
7-t. Wasser-, Rest Luftl.	—	—	30,5	263,3	25,8	256,6	33,3	282,1	35,5	307,1
Gänzliche Luftlagern.	16,0	114,3	20,9	188,5	22,1	182,6	25,1	187,9	30,5	215,3

Vorstehende Versuchsergebnisse, die durch Ergebnisse ähnlicher Versuche bereichert werden könnten, bestätigen, dass der Schlackencement in die Kategorie jener hydr. Bindemittel gehört, die in erster Linie zu Wasserbauten, zu Arbeiten in den feuchten Boden

oder in feuchter Atmosphäre zu verwenden sind. Der Schlackencement soll wo immer möglich abgebunden sein, bevor die Einwirkung des Wassers beginnt. Anlässlich einiger Bétonierungen unter Wasser gemachte Erfahrungen bestätigen indessen, dass überschüssiges Wasser, wahrscheinlich infolge der relativ geringen Schlamm- bildung, die Energie der Erhärtung des Schlackencementes weniger stark beeinflusst, als dies bei andern hydraul. Bindemitteln wiederholt beobachtet wurde. Endlich weisen vorstehende Versuchsergebnisse auf die Notwendigkeit hin, sämtliche Ausführungen in Schlackencement über Wasser die ersten 7 Tage besser, die ersten 14 Tage möglichst gleichmässig nass zu halten.

Zu Konstruktionen an der Luft, die der direkten Einwirkung der Sonnenstrahlen, beziehungsweise dem Wechsel von Trockne und Feuchtigkeit ausgesetzt sind, ist die Anwendung von Schlackencement nicht ratsam. Unter Einwirkung der Sonnenstrahlen verliert der Schlackencement leichter als der Portland- oder Romancement einen Teil seiner Feuchtigkeit und damit einen Teil seiner Kraftentfaltung. Um zu erfahren, welchen Einfluss die Temperatur auf den Schlackencement auszuüben vermag, haben wir folgende Versuchsreihe ausgeführt:

Schlackencement von Choindez wurde normengemäss maschinell zu Probekörpern der Zug- und Druckfestigkeit verarbeitet. Nach 24-stündiger Luftlagerung wurden sämtliche Versuchskörper in ein Wasserbad versenkt und darin weitere 7 Tage belassen. Am 8. Tage nach der Fertigstellung sind dieselben aus dem Wasserbade gehoben und an der Luft derart aufbewahrt worden, dass sie von dieser möglichst gleichmässig umspült erschienen. Die Lufttemperatur betrug hierbei ziemlich konstant 14° C. 2 Tage vor dem Prüfungstermine (28 Tage) sind die Probekörper in einen mit Fletscher-Gasöfen geheizten Trockenschrank gebracht und dort während 48 Stunden einer konstanten Temperatur von beziehungsweise 50, 75, 100 und 125° C. ausgesetzt worden. Nach dieser Frist wurden die Festigkeitsverhältnisse des Mörtels festgestellt. Folgende Zusammenstellung enthält die gewonnenen Resultate:

	Mörtel 1 : 3 (Gew.-T.)				
Dauer des Darrens	0 St.;	48 St.;	48 St.;	48 St.;	48 St.
Darr-Temperatur	-0° C.;	50° C.;	75° C.;	100° C.;	125° C.
Zugfestigkeit n. 28 Tagen	22,0	29,5	29,5	22,3	17,7 kg/cm ²
Druckfestigkeit „ „	204,5	248,0	249,0	214,3	199,9 „

Die Festigkeitssteigerung des Schlackencementmörtels durch Darren der Probekörper bei Temperaturen unter 100°C . möchte darin ihre Erklärung finden, dass einmal die Kohlensäure unserer Trockenschranke den überschüssigen Kalk des Cementmaterials in ein Kalkkarbonat verwandeln konnte; dann aber fördert die höhere Temperatur den Übergang des allfällig noch vorhandenen Colloids in festen Aggregatzustand, beschleunigt somit den mechanischen Versteinerungsprozess. Ähnliche Verhältnisse scheinen auch auf die Erhärtung einiger Bétonproben mitgespielt zu haben und erklären gleichzeitig das Verhalten der Schlackensteine in der von Roll'schen Giesserei »Klus«, vergl. in dieser Hinsicht den Abschnitt über Ausführungen in Schlackencement von Choindez.

Eine weitere, für manche Anwendungsgebiete höchst fatale Eigenschaft der Schlackencemente ist ihre bekannte und gefürchtete Tendenz zur *Trocken-* oder *Schwindrissigkeit*. Die an 12 verschiedenen Schlacken, in je 4 verschiedenen Mischungsverhältnissen an 48 Platten von 14,5 *cm* Durchmesser und 2,0 *cm* Stärke bisher gemachten Beobachtungen sprechen dafür, dass die Schwindrissigkeit mit wachsender *Kalkkapazität* und Anfangsenergie der Schlacke abnimmt, mit der Grösse des Kalkzusatzes wächst. Herr Direktor *Gugler* in Choindez will Gegenteiliges beobachtet haben. In einer Zuschrift spricht sich Herr *Gugler* dahin aus, dass nach seinen Erfahrungen die Tendenz zur Schwindrissigkeit mit abnehmendem Kalkgehalte des Cementes wächst. Unter sonst gleichen Umständen hängt die Tendenz zur Haarrissigkeit der Oberfläche einer Konstruktion von der Art ihrer Bearbeitung ab. Je länger die Oberfläche mit der Kelle oder dem Glättebrett abgerieben und geglättet wird, je mehr Cement-Schlammteilchen mit dem ausgestossenen Wasser an die Oberfläche treten, desto empfindlicher wird diese gegen Haarrissigkeit. So sind beispielsweise Platten, auf deren Abglättung besondere Sorgfalt verwendet wurde, rissig geworden, während andere, aus dem gleichen Material erzeugte Proben mit rauhen Oberflächen vollkommen intakt geblieben sind. Das von Cementarbeitern vielfach geübte Bewerfen der Verputzflächen mit reinem Cementpulver, welches zur Erzielung sauberer und glatter Oberflächen schliesslich eingerieben wird, ist ebenso wie das Bepöhlen der Cementrohrwandungen mit flüssigem Cementbrei nachteilig

und fördert die Haarrissigkeit. Umgekehrt hat sich das Abpinseln des fertigen Verputzes mit einem angemessen steifen, trockenen Haarpinsel, wodurch die Oberfläche eine nicht unangenehme Rauheit erhält, recht gut bewährt. Ähnliche Erfahrungen sind übrigens auch schon bei Portlandcement-Verputzarbeiten gemacht worden.

Die Trocken- oder Schwindrissigkeit ist Folge einer durch Wasserverlust begleiteten und bedingten Kontraktion der Cementmasse bei deren Luftlagerung. Geht die Abwässerung allmählich vor sich, so werden in vielen Fällen die in der erhärtenden Masse auftretenden Spannungen durch die Kohäsion des Materials ohne Rissbildungen aufgenommen. Bei einem Wechsel von Trockne und Feuchtigkeit tritt ein Wechsel von Kontraktion und Ausdehnung ein, welchem der Schlackencement zu widerstehen nicht vermag und daher weit eher als Portland- und andere Cementsorten schwindrissig wird.

Die Grösse der linearen Ausdehnung der Schlackencemente kennen zu lernen, haben wir ein Schlackenmehl mit ca. 10% Rückstand am 4900-Sieb und folgender chemischen Zusammensetzung:

SiO ₂ ;	Al ₂ O ₃ ;	Fe ₂ O ₃ ;	MgO;	CaO;	CaSO ₄ ;	CaS.
27,09 %;	23,64 %;	0,63 %;	0,91 %;	45,50 %;	0,17 %;	1,33 %

mit einem vor Jahresfrist gelöschten Luftkalk (A) und einem 7 Monate in der Anstalt gelagerten hydraul. Kalk (B) in steigenden Verhältnissen gemischt, und diese Mischung ohne Sandzusatz zu Würfeln mit 7 cm Kantenlänge verarbeitet. Nach 24-stündiger Luftlagerung wurden sämtliche Würfel mittelst eines *Bauschinger*'schen Tasterapparats gemessen. Die Messungen wurden nach 7- und 28-tägiger Luft- und Wassererhärtung ausgeführt.

Die verwendeten Kalke hatten folgende Zusammensetzung:

	CaO;	MgO;	R ₂ O ₃ ;	SiO ₂ ;	SO ₃ ;	CO ₂ ;	H ₂ O.
Kalk A:	68,26 %;	0,32 %;	2,96 %;	3,50 %;	0,58 %;	3,12 %;	21,22 %.
Kalk B:	57,84 „	2,04 „	7,37 „	18,42 „	1,68 „	2,89 „	10,07 „

Folgende Zusammenstellung enthält die gewonnenen Resultate:

**Lineare Ausdehnung eines 7 cm-Würfels, reduziert auf 15° C
Lufttemperatur; Luftlagerung.**

Mischungsverhältnis:

100 Schl. : 20 Kalk; 100 Schl. : 40 Kalk; 100 Schl. : 60 Kalk; 100 Schl. 80 Kalk.

I. Kalksorte sign. A.

	Kontraktion nach 7 Tagen:			
0,012 mm;	0,030 mm;	0,079 mm;	0,121 mm.	
	Kontraktion nach 28 Tagen:			
0,034 „	0,006 „	0,085 „	0,132 „	

II. Kalksorte sign. B.

	Kontraktion nach 7 Tagen:		
0,004 mm;	0,004 mm;	0,016 mm;	0,020 mm.
	Kontraktion nach 28 Tagen:		
0,023 „	0,027 „	0,038 „	0,043 „

Unter Wasser haben Proben aus gleichen Mischungen bald eine Kontraktion, bald eine Ausdehnung ergeben. Da diese Veränderungen an sich ca. $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ der Kontraktion der Luftproben erreichen, so fallen erstere innerhalb der Fehlergrenzen unserer Messung und sind letztere, also die Ausdehnungen, nicht grösser als diejenigen anderer hydraul. Bindemittel.

Hierbei ist zu bemerken, dass die in der Mischung von 100 Schlacke zu 80 und 100 Kalk A angefertigten Proben nach ca. 14 Tagen ziemlich stark schwindrissig wurden; und zwar erstere weniger als letztere. Bei den Mischungen mit der Kalksorte B sind Schwindrisse bisher überhaupt nicht eingetreten.

Hieraus geht hervor:

dass die Schwindrissigkeit der Schlackencemente mit wachsendem Kalkzusatz ebenfalls wächst und dass Mischungen aus Schlackemehl und mageren Kalken eine wesentlich geringere Tendenz zur Schwindrissigkeit ergeben, als diejenigen mit fetten Kalksorten. Vorstehende Zahlen begründen auch die Erfahrung und weisen auf die Ursachen hin, weshalb Schlackencemente dem Wechsel von Trockne und Feuchtigkeit einen geringeren Widerstand als andere hydraul. Bindemittel entgegensetzen.

Durch die Zusammenstellung auf S. 195—201 des 6. Heftes unserer Mitteilungen ist der Beweis für die Möglichkeit des Auftretens »treibender Schlackencemente« erbracht. Unser Versuchsmaterial weist nicht allein solche Schlackencemente auf, die bei ausschliesslicher Luftlagerung der Probekörper oft erst nach längerer Zeit rissig werden, sondern auch solche, die innerhalb der ersten 24-stündigen Erhärtungsdauer in feuchter Luft zerfallen. Das treibende Agens ist hier der körnige, überbrannte, für alle Fälle nicht genügend ausgelagerte Kalk, welcher sich bekanntlich eine Zeit lang gegen Einwirkungen des Wassers indifferent verhält, um sodann das Zerstörungswerk der erhärtenden Masse zu beginnen. Da hier alles auf die Menge, den Feinheitsgrad und den Grad der Unempfindlichkeit der Kalkkörner gegen Wasser ankommt, so

ist klar, dass Schlackencemente ohne Sandzusatz verarbeitet, alle möglichen Arten von Treiberscheinungen zeigen können. Neben eigentlichen *Wassertreibern*, die also unter Wasser wie an der Luft treiben, sind wir auch *Lufttreibern*, also Cementen begegnet, die im Wasser stehen, an der Luft oberflächliche schuppige Ablösungen, Warzenbildungen, Ausblühungen zeigen, die unter Umständen durch Kanten- oder Randrissigkeit ihren ursprünglichen Zusammenhang verlieren können. Die Kuchenproben-Luftlagerung dieser Cemente zeigen oft Spuren von Werfen und eine unregelmässige Rissigkeit der Plattenränder, die ähnlich ist derjenigen, welche das Luftzerfallen der Portlandcemente einleitet. Ein Zerfallen der Kuchen in körniges Mehl nach Art fehlerhafter Portlandcemente konnte bisher nicht beobachtet werden. Treib-Erscheinungen dieser Art sind bei Schlackencementen aus Gründen ihrer physikalischen Konstitution ausgeschlossen. Ein an sich treibender Portlandcement wird sowohl im Fein- als Grobmörtel seine treibende, zunächst die Festigkeit abschwächende Wirkung ausüben. Bei Schlackencementen fallen nur die locker in der Masse eingebetteten Ätzkalkkörner in Betracht, deren Löschprodukte in die Sandhohlräume hineinwachsend bloss dann schädliche Spannungen erzeugen können, wenn diese überfüllt werden. Folgende Beispiele bestätigen das Gesagte:

Ein am 15. Oktober 1888 seitens der Direktion der Gas- und Wasserwerke der Stadt Basel zur Prüfung eingereichter Schlackencement erwies sich als ausgesprochener Lufttreiber. Der Normenmörtel 1 : 3 zeigt dagegen an der Luft wie unter Wasser völlig normales Verhalten.

Am 17. März 1891 lieferte das Stadtbauamt Zürich einen Schlackencement zur Probe, welcher derart trieb, dass sämtliche Probekörper der Volumenbeständigkeitsversuche schon während der ersten 24-stündigen Feuchtlagerung schadhafte wurden. Die Kuchen waren geworfen, schwach kanten- und netzrissig; in den beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben sind die Körper total zu Grunde gegangen. Normengemäss verarbeitet gab dieser Cement

	nach 7 Tagen:	nach 28 Tagen:
eine Zugfestigkeit, 1 : 3 . . .	16,0 kg/cm ² ;	23,6 kg/cm ² .
eine Druckfestigkeit, 1 : 3 . . .	131,4 „	225,3 „

Das gleiche Stadtbauamt lieferte am 18. April gl. J. abermals einen prachtvollen Treiber zur Probe. Die Volumenbeständigkeitsproben dieses Materials waren nach der ersten 24-stündigen Feuchtlagerung total netzrissig, mürbe; sie zerfielen beim Anfassan. Die Hohlräume des Normenmörtels genügten zur Aufnahme der Löschprodukte der zahlreichen Ätzkörner dieses Materials nicht; die erzeugten Probekörper der Normenfestigkeit wurden ebenfalls treibrissig.

Dass *tadellose Schlackencemente*, d. h. Schlackencemente erzeugt aus richtig gelöschten und hinreichend ausgelagerten Ätz- oder hydraul. Kalken die scharfen, *beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben* vollkommen bestehen, haben wir im 6. Hefte unserer Mitteilungen, vergl. St. 204, nachgewiesen.

Missverständnissen vorzubeugen sei gestattet hervorzuheben, dass das tadellose Verhalten eines Schlackencementes in den scharfen, beschleunigten Volumenbeständigkeitsproben zu einem Schluss, auf dessen Verwendbarkeit zu Ausführungen mit ausschliesslicher Luftlagerung, wie dies bei Portlandcementen zulässig ist, nicht berechtigt. Der Eigenschaft der Volumenbeständigkeit eines Schlackencementes ist nicht unbedingt auch ein ausreichendes Mass von Cohaerenz, Kraftentfaltung und ein entsprechend geringes Mass von Schwindungsvermögen beigesellt.

Die Selbstfestigkeit (1 : 0) des Schlackencements von Choindez haben wir bei gleichartiger Erzeugung der Probekörper meist niedriger als die Mörtelfestigkeit 1 : 1 angetroffen. Mit abnehmender Wassermenge und gesteigerter, mechanischer Dichtung des Cementbreis wächst die Selbstfestigkeit des Schlackencementes bis zu einem nicht näher bestimmten Maximum der Kraftentfaltung. Über das Mass der Selbstfestigkeit verschiedener Schlackencemente, vergl. S. 283 u. f. des 6. Heftes unserer Mitteilungen. Auszugsweise lassen wir hier die Ergebnisse einiger Versuchsreihen mit Schlackencementen *von Choindez* folgen, welche leider auch nur bis auf eine einjährige Erhärtungsdauer ausgedehnt wurden. Aus diesen Zusammenstellungen geht hervor, dass dieser Cement nach ca. 210- bis 365-tägiger Erhärtungsfrist das der Menge des Anmachwassers und der damit im Zusammenhange stehenden Dichte des Materials entsprechende Maximum seiner Kraftentfaltung erreicht, welche gemessen durch die Druckfestigkeit, ca. das 2- bis 3-fache der nach 7 Tagen erreichten beträgt.

Wasser- menge %	Art der Lagerung der Probekörper	Festigkeitsverhältnisse, kg/cm ² ; nach									
		7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		210 Tagen		1 Jahr	
		Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Schlackencemente. (Handarbeit 1 : 0).											
33,00	Wasserl.	22,3	196,3	26,3	312,4	31,2	410,0	28,7	483,7	34,9	503,8
"	Luftlag.	18,7	204,4	22,6	292,0	28,8	355,7	—	386,2	28,6	385,3
35,00	Wasserl.	17,7	182,1	22,9	321,4	26,7	401,5	28,3	473,0	31,5	526,0
"	Luftlag.	13,7	188,0	24,4	297,4	26,7	368,1	29,0	414,5	26,4	417,1
27,00	Wasserl.	22,5	209,0	23,0	300,3	26,3	517,9	27,2	739,8	30,8	630,4
"	Luftlag.	17,1	208,1	21,3	261,5	24,7	356,4	38,4	357,4	31,3	426,0
29,00	Wasserl.	15,4	141,4	23,3	244,2	22,5	505,1	23,4	619,4	29,2	682,4
"	Luftlag.	14,5	127,4	20,0	234,4	22,8	314,8	24,7	372,6	27,9	354,6
31,00	Wasserl.	11,3	129,4	18,5	256,8	20,0	478,3	21,5	660,1	24,8	630,1
"	Luftlag.	11,2	115,1	12,5	194,5	12,9	250,8	13,0	302,0	25,7	262,8
33,00	Wasserl.	23,6	162,8	27,7	305,4	27,1	534,7	25,8	577,5	31,0	561,2
"	Luftlag.	15,2	162,9	27,6	278,0	21,5	355,3	31,7	362,5	30,5	369,0
35,00	Wasserl.	20,3	215,6	23,0	345,6	23,1	477,8	24,7	566,3	27,4	561,2
"	Luftlag.	21,1	185,1	20,0	326,1	23,8	319,0	23,4	337,4	28,6	338,4

Äusseren, mechanischen Einwirkungen vermag der Schlackencement keinen erheblichen Widerstand entgegenzusetzen. Plattenförmige Schlackencementproben (1 : 0) werden selbst nach jahrelanger Wasserlagerung nicht schreihart; sie blieben durch Messerstahl relativ leicht angreifbar. Voraussichtlich wird daher auch der Schlackencement zu Konstruktionen an der Luft, die einer Abnützung unterworfen sind, keine Bedeutung erlangen. Ob von dieser Regel irgend eine Species der Gattung »Schlackencemente« eine Ausnahme macht, sind wir nicht in der Lage zu entscheiden. Mit abnehmender Basicität der Schlacken, — bei diesen wächst die Unempfindlichkeit gegen Kalk — mit wachsendem Gehalt an zugesetztem Kalk scheint die Selbstfestigkeit namentlich bei Luftlagerung in spätern Altersklassen eine Einbusse zu erleiden, die sich durch den Rückgang der ursprünglich angenommenen Kohäsionsverhältnisse zahlenmässig ausdrücken lässt. Hieher gehören insbesondere jene Cementsorten, die bei ausschliesslicher Luftlagerung bleichen, erdig körnig werden und schliesslich kreideartig abfärben. Dass derartige Erscheinungen

durch Wasserentzug in den ersten Phasen der Erhärtung auch bei sonst an der Luft verwendbaren Cementen eintreten können, ist kaum nötig besonders anzuführen.

Die *Bindekraft* der Schlackencemente unter Wasser oder bei Erhärtung in feuchter Atmosphäre kann je nach der Beschaffenheit des Schlackenmaterials sehr erheblich werden. Mehr als bei anderen Cementen hängt sie von der Dichte ab, in der der Mörtel oder Béton gearbeitet wird. Und wenn schon von vornherein anzunehmen ist, dass unter sonst gleichen Umständen die grösste Kraftentfaltung eines lockern Gemenges aus 2 oder mehreren Bestandteilen, die auf nassem Wege chemisch aufeinander einwirken, bei thunlichster Annäherung der Komponenten eintreten muss, schien es doch nötig, dieser Frage experimentell näher zu treten und haben wir daher dieselbe, vereint mit der Frage des Einflusses der Anmachwassermenge auf die Festigkeitsverhältnisse des Schlackencementes, zum Gegenstand einer speziellen Untersuchung gemacht.

Zu diesem Ende wurde ein normaler Schlackencement von Choindez, das eine mal ohne Sandzusatz (Serie A, 1:0), das andere mal in normengemässer Sandmischung (Serie B, 1:3) und zwar

- a) *mit normaler Wassermenge*, d. h. in der Konsistenz frischgegrabener Gartenerde;
- b) *in halbnassem Zustande*;
- c) *in wurfgerechtem Zustande*, ähnlich der Konsistenz des gewöhnlichen Maurermörtels, verarbeitet.

Im ersten Falle war die Art der Materialverarbeitung normengemäss; im zweiten Falle konnte wegen bald eingetretener Wasserabsonderung eine nur relativ geringe Rammarbeit verrichtet werden; während im dritten Falle der Mörtel durch Einschlagen überhaupt nicht gedichtet werden konnte. Man begnügte sich, das Füllen der Formen durch leichtes Einrütteln auf nicht absaugender Unterlage durchzuführen. Folgende Zusammenstellungen enthalten die gewonnenen Resultate:

Erhärt.-Dauer: 7 Tg. 28 Tg. 34 Tg. 210 Tg. 1 Jahr 2 Jahre.

Serie A. Selbstfestigkeit (1 : 0); Wasserlagerung; kg/cm².

1. 25,0% Wasser; ziemlich trocken.

Zugfestigkeit	17,0	27,0	32,0	32,1	32,8	28,4
Spec. Gewicht	1,93	1,94	1,99	1,99	1,99	2,01
Druckfestigkeit	138,3	270,1	434,7	451,0	533,7	555,1
Spec. Gewicht	1,90	1,93	1,98	1,95	1,97	2,00

Erhärt.-Dauer	7 Tg.	28 Tg.	84 Tg.	210 Tg.	1 Jahr	2 Jahre.
	2. 31,5 % Wasser; halbnass.					
Zugfestigkeit	19,4	31,4	36,5	33,8	33,3	32,1
Spec. Gewicht	1,93	1,94	2,00	2,02	2,06	2,02
Druckfestigkeit	168,4	319,4	450,0	513,3	540,8	545,9
Spec. Gewicht	1,88	1,93	1,93	1,94	1,97	1,96

3. 38,0 % Wasser; wurfgerecht.

Zugfestigkeit	19,0	28,6	33,1	33,1	33,3	29,0
Spec. Gewicht	1,97	1,99	2,03	2,02	2,04	2,10
Druckfestigkeit	153,7	266,3	430,6	444,9	556,1	517,4
Spec. Gewicht	1,87	1,89	1,90	1,91	1,94	1,93

Serie A. Selbstfestigkeit 1:0; Lufterhärtg. n. 7-täg. Wasserlag.; kg/cm².

1. 25,0 % Wasser; ziemlich trocken.

Zugfestigkeit	—	24,0	24,9	24,3	25,0	23,5
Spec. Gewicht	—	1,83	1,83	1,79	1,81	1,85
Druckfestigkeit	—	314,3	311,2	297,5	369,4	334,2
Spec. Gewicht	—	1,87	1,85	1,79	1,82	1,83

2. 31,5 % Wasser; halbnass.

Zugfestigkeit	—	23,4	21,0	28,6	28,6	28,9
Spec. Gewicht	—	1,84	1,85	1,81	1,81	1,85
Druckfestigkeit	—	322,5	328,1	331,8	344,9	337,8
Spec. Gewicht	—	1,84	1,82	1,79	1,77	1,77

3. 38,0 % Wasser; wurfgerecht.

Zugfestigkeit	—	27,9	20,9	28,7	32,0	34,1
Spec. Gewicht	—	1,90	1,85	1,81	1,83	1,80
Druckfestigkeit	—	293,9	280,8	308,7	310,2	304,1
Spec. Gewicht	—	1,80	1,77	1,74	1,73	1,71

Serie B. Normenmörtel (1 : 3); Wasserlagerung; kg/cm².

1. 11,0 % Wasser; ziemlich trocken.

Zugfestigkeit	18,1	31,9	33,5	37,0	33,6	38,5
Spec. Gewicht	2,23	2,24	2,24	2,25	2,26	2,29
Druckfestigkeit	112,5	219,4	288,3	321,9	361,7	326,0
Spec. Gewicht	2,22	2,22	2,24	2,24	2,26	2,27

2. 14,5 % Wasser; halbnass.

Zugfestigkeit	13,5	28,7	29,8	35,1	33,4	35,2
Spec. Gewicht	2,18	2,20	2,17	2,20	2,21	2,25
Druckfestigkeit	77,5	179,1	238,7	267,5	300,5	264,3
Spec. Gewicht	2,19	2,20	2,22	2,22	2,23	2,23

3. 18,0 % Wasser; wurfgerecht.

Zugfestigkeit	10,6	26,4	30,3	32,8	31,1	33,9
Spec. Gewicht	2,17	2,15	2,16	2,19	2,15	2,22
Druckfestigkeit	58,9	155,8	189,8	195,5	228,6	235,6
Spec. Gewicht	2,10	2,12	2,13	2,12	2,13	2,12

Erhärtd.-Dauer 7 Tg. 28 Tg. 84 Tg. 210 Tg. 1 Jahr 2 Jahre.

Serie B. Normenmörtel (1 : 3); Lufterhärtung nach 7-tägiger Wasserlagerung; kg/cm².

1. 11,0 % Wasser; ziemlich trocken.

Zugfestigkeit	—	32,3	33,3	33,1	38,4	42,5
Spec. Gewicht	—	2,16	2,18	2,14	2,16	2,16
Druckfestigkeit	—	238,3	265,0	292,8	304,1	280,1
Spec. Gewicht	—	2,15	2,15	2,13	2,13	2,13

2. 14,5 % Wasser; halbnass.

Zugfestigkeit	—	26,3	26,5	30,5	32,0	38,5
Spec. Gewicht	—	2,16	2,08	2,03	2,02	2,19
Druckfestigkeit	—	194,1	189,8	201,5	234,7	222,8
Spec. Gewicht	—	2,11	2,08	2,07	2,06	2,09

3. 18,0 % Wasser; wurfgerecht.

Zugfestigkeit	—	26,6	24,9	28,0	30,1	28,0
Spec. Gewicht	—	2,05	2,04	1,95	1,99	2,00
Druckfestigkeit	—	160,2	167,3	159,7	196,4	179,9
Spec. Gewicht	—	2,05	1,99	1,96	1,96	1,96

Bei maschineller Verarbeitung des Schlackencementes treten die Einflüsse *der Dichte* der Probekörper auf die Festigkeitsverhältnisse derselben noch schärfer hervor; in dieser Hinsicht vergl. die Ergebnisse folgender Versuchsreihen:

Serie C. Normenmörtel, Wasserlagerung; kg/cm².

Zugfestigkeit Druckfestigkeit

7 Tage 28 Tage 7 Tage 28 Tage

1. Handarbeit:

Festigkeit	21,2	32,8	144,3	229,3
Spec. Gewicht	2,22	2,24	2,22	2,23

2. Rammarbeit; 110 Schläge mit 1 kg aus 0,25 m Höhe:

Festigkeit	13,5	25,9	71,0	121,9
Spec. Gewicht	2,23	2,23	2,08	2,10

3. Rammarbeit; 150 Schläge mit 2 kg aus 0,25 m Höhe:

Festigkeit	20,5	29,7	111,9	158,2
Spec. Gewicht	2,20	2,23	2,10	2,13

4. Rammarbeit; 150 Schläge mit 2 kg aus 0,5 m Höhe:

Festigkeit	—	—	103,6	155,8
Spec. Gewicht	—	—	2,15	2,15

5. Rammarbeit; 150 Schläge mit 3 kg aus 0,5 m Höhe:

Festigkeit	—	—	117,8	192,2
Spec. Gewicht	—	—	2,24	2,24

Eine mit dem gleichen *Schlackencemente* in der Versuchstation des Wiener Stadtbauamtes mit österreichischem Normal-sand durch Hrn. Ingenieur *Greil* ausgeführte Versuchsreihe ergab folgende Resultate:

		Mörtel 1 : 3 (Gew.-T.)	
		7 Tage.	28 Tg. Wasserlag.
Handarbeit	Zug:	11,8 kg/cm ² ;	15,6 kg/cm ² .
	Druck:	127,0 "	171,6 "
Maschinenarbeit:			
110 Schläge à 2 kg aus 0,25 m Höhe; Zug:		13,8 kg/cm ² ;	17,2 kg/cm ² .
150 " " " " " " " " " "	Zug:	14,2 "	16,9 "
	Druck:	107,8 "	133,7 "
260 " " " " " " " " " "	Druck:	139,4 "	187,6 "

Hinsichtlich der Frostbeständigkeit des Schlackencementes von Choindez, vergl. die bezüglichen Zusammenstellungen unter No. 9 S. 106 u. 110 des vorliegenden Heftes; desgleichen sei bezüglich Erhärtungsfähigkeit derselben unter verschiedenen Bedingungen auf die auf S. 52, 54 u. f. zusammengestellten Versuchsergebnisse verwiesen. Dagegen haben wir noch einige Mitteilungen über die Adhäsionsfestigkeit, Wasserdurchlässigkeit, Kiesfestigkeit und die Ausgiebigkeit des Schlackencementes von Choindez zu machen. Die diesbezüglichen Erhebungen stammen aus den Jahren 1886—87 und waren mit Ausnahme einiger Ergänzungen bereits Gegenstand früherer Erörterungen.

Resultate der Adhäsions-Proben mit Choindez-Cement.

Nach Vorschlägen der Münchener Konferenz (1885).

Misch.-Verhältn. :	100 Schl. : 20 Kalk		100 Schl. : 30 Kalk		100 Schl. : 40 Kalk		100 Schl. : 50 Kalk	
	Total	pro cm ²						
Adhäsionsfest. in kg								
Mittel (a. 4 Pr.)	13,0	0,52	16,4	0,65	20,8	0,83	15,0	0,60
Maximum . . .	14,5	0,54	19,5	0,78	22,5	0,90	16,0	0,64
Minimum . . .	11,0	0,44	10,0	0,40	17,5	0,70	14,0*	0,56

Resultate der Wasserdurchlässigkeitsversuche mit Choindez-Cement.

Nummer	Misch.-Verhältnis des Mörtels in Gew.-T.	Durchgangsfläche cm ²	Dicke der Probekörper cm	Wasserdruck in m	Misch.-Verhältn. Schlacke zu Kalk**)			
					100 : 20	100 : 30	100 : 40	100 : 50
1	1 Cmt. : 3 N.-Sand	19,6	2,0	c. 40,0	57 St.	113 St.	279 St.	600 St.
2	1 " : 5 "	19,6	2,0	20,0	8½ Sek.	4 St.	13¼ St.	33 St.
3	1 " : 7 "	19,6	2,0	10,0	momentan	momentan	1 Sek.	3½ Sek.

Bemerkungen: Sämtliche Probekörper sind nach Art der Zugproben von Hand erzeugt. Obenstehende Zahlen sind Mittelwerte aus 3, oft stark differierenden Versuchen.

*) In der letzten Serie ist eine Probe mit Total 7,0 kg Adhäsion als fehlerhaft gestrichen worden. Schlacke und Kalk waren nahezu 1 Jahr lang gelagert.

**) Schlackenmehl und Staubkalk waren nahezu 1 Jahr lang gelagert.

In folgenden Zusammenstellungen geben wir eine Übersicht über die Resultate der Prüfung der *Kiesfestigkeit* (Grobmörtel, Béton) des Schlackencementes von Choindez.

1. Serie. Schlacke und Kalk nach 1-jähriger Lagerung.

Grobkörniger, scharfer Reuss-Sand; runder Geschiebskies.

Zusammensetzung des Bétons: 1 Gew.-T. Cem. : 2,2 Gew.-T. Sand : 5,8 Gew.-T. Kies.

Nummer	Misch-Verhältnis Schlacke zu Kalk Gew.-T.	Normenfestigkeit n. 28 Tag. kg/cm ²		Wassererhärtung 28 Tage kg/cm ²			7 Tage Wasser, Rest Lufterhärt. kg/cm ²			Lufterhärtung 28 Tage kg/cm ²		
		Zug	Druck	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.
		1	100 Schl. : 33,3 Kalk	28,6	174,7	185,0	198,0	165,0	164,0	175,0	143,0	163,0
2	100 " : 66,6 "	30,7	201,5	215,0	219,0	213,0	184,0	198,0	168,0	170,0	185,0	160,0
3	100 " : 100 "	26,3	141,6	124,0	132,0	115,0	122,2	130,0	115,0	111,0	118,0	106,0

2. Serie. Schlackencemente von Choindez (mit ca. 41 % Kalk).

Gewöhnlicher Bausand (Bächau-Zürichsee); runder

Geschiebskies in *Taubenei-Grösse*.

Sämtliche Zahlen kg/cm² sind Mittelwerte aus 4 Versuchen.

Nummer	Zusammensetzung des Bétons in Vol. Teil.			Erhärtungsdauer					Bemerkungen
	Cement	Sand	Kalk	7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	1 Jahr	
a. Ausschliessliche Wasserlagerung.									
1	1	2	—	98,7	227,6	302,5	351,5	382,6	Die Konsistenz des Bétons entsprach derjenigen der Praxis; der Feuchtigkeitsgrad des Mörtels war etwas grösser, als der frisch gegrabener Gartenerde.
2	1	2	4	103,3	184,4	214,6	270,1	246,3	
3	1	2	6	100,2	140,3	193,4	192,5	227,3	
4	1	2	8	77,4	141,6	165,7	160,5	156,5	
b. Luftlagerung nach 7-tägiger Wasserlagerung.									
5	1	2	—	—	263,3	256,6	282,1	307,1	Der verwendete Schlackencement ergab am 4900-Sieb ca. 10% Rückstand und zeigte folgende Normenfestigkeiten: 7 Tage 28 Tage Zug . . . 18,1 kg 31,9 kg Druck . . 112,5 " 219,4 "
6	1	2	4	—	198,7	263,5	267,2	280,2	
7	1	2	6	—	198,6	241,1	232,2	230,9	
8	1	2	8	—	144,0	164,5	182,7	165,1	
c. Ausschliessliche Luftlagerung.									
9	1	2	—	114,3	188,5	182,6	187,9	215,3	Die spec. Gewichte der Probekörper schwankten zwischen 2,22 und 2,24.
10	1	2	4	97,3	164,9	179,6	197,0	241,1	
11	1	2	6	117,8	152,6	177,5	209,9	209,3	
12	1	2	8	91,5	138,2	131,8	144,0	161,6	

Bei folgender Versuchsreihe wurde der Béton ziemlich flüssig angemacht, *lose* als Gussbéton in die grossen Bétonformen (Würfel mit 16,0 cm Kantenlänge) der Materialprüfungs-Anstalt eingefüllt und mit diesen unter Wasser gesetzt.

Nummer	Zusammensetzung des Bétons in Volumen			Erhärtungsdauer					Bemerkungen
	Cement	Sand	Kies	7	28	84	210	1	
				Tage	Tage	Tage	Tage	Jahr	
13	1	2	4	52,7	109,8	113,3	139,9	146,1	Die spec. Gewichte dieser Probekörper schwanken zwischen 2,14 bis 2,29.
14	1	2	6	42,6	105,9	69,9	80,1	82,3	
15	1	2	8	43,2	84,1	59,0	55,1	66,1	

Wir schliessen vorstehende Mitteilungen mit Angabe der Ausgiebigkeit und Preisverhältnisse des Choincezementes. Versuche wie sie anlässlich der schweiz. Landesausstellung vom Jahre 1883 mit Bindemitteln einheimischen Ursprungs ausgeführt wurden, ergaben folgende Resultate:

Ein kg pulverförmiger Schlackencement von Choincez giebt im festen Zustande 608 cm³ Volumen; für unsern Bétonsand mit 27,5 cm³ Hohlräume pro 1,0 kg berechnet sich folgende Zusammensetzung des Normalmörtels:

1 Gew.-T. Cement : 2,2 Gew.-T. Sand.

Ein kg dieses Mörtels füllt in festem Zustande 495 cm³. Unter Anwendung des in Zürich gebräuchlichen, von Kiesstücken befreiten Bausandes, welcher pro Liter lose eingefüllt 1,55 kg wiegt, fanden wir für 1,0 kg Mörtel 1 : 2,2 in festem Zustande 508 cm³. Der Spezialbéton 1 : 8 aus Mörtel mit vorstehender Zusammensetzung und rundem Geschiebskies, welcher pro m³ 1560 kg wiegt, ergab im Mittel aus zwei Versuchen, dass das Bétonvolumen um 5,7 rund um 6% grösser sei als das Volumen der hierzu verwendeten Kiesmenge.

1 m³ Béton fordert somit 0,944 m³ Kies, 0,360 m³ Sand und fünf Sack Cement, d. h.

5 Sack Cement : 1,304 m³ Füllstoff.

Bei grösseren Lieferungen in Waggonladungen kostet der Choincezement franko Bahnhof Zürich 3,50 Fr. Rechnet man

1 m³ Sand gewaschen zu 5,80 Fr.;

1 m³ Kies » » 5,50 »

so würde 1 m³ des vorstehend berechneten Spezialbétons rund 16 Fr. kosten. Nachstehende Tabelle giebt endlich eine Übersicht über Ausgiebigkeits- und Preisverhältnisse des Schlackencementmörtels in verschiedenen Mischungsverhältnissen mit Züricher Bausand (von der Bächau).

Misch.-Verhältnis des Mörtels		1 Liter Sand gibt an festem Mörtel in Lit.	Ver- mehr- ung des Sand- volum. in 0/0	1 m ³ fester Mörtel fordert			1 m ³ fester Mörtel kostet an		
in Vol.-T.	in Gew.-T.			an Cement m ³	Sand Sack à 50 kg m ³	Sand m ³	Cement Fr.	Sand Fr.	Total Fr.
1,0 : 1,0	1,0 : 1,6	1,283	+ 28,3	0,78	16	0,78	28. 10	4. 55	32. 65
1,0 : 1,5	1,0 : 2,3	1,134	+ 13,4	0,59	12	0,88	21. —	5. 10	26. 10
1,0 : 2,0	1,0 : 3,1	0,987	— 1,3	0,51	10 ^{1/2}	1,01	18. 40	5. 85	24. 25
1,0 : 2,5	1,0 : 3,9	0,926	— 7,4	0,43	8 ^{3/4}	1,08	15. 35	6. 25	21. 60
1,0 : 3,0	1,0 : 4,7	0,853	— 14,7	0,39	8	1,17	14. —	6. 80	20. 80

Bétonproben mit Schlackencement von Neunkirchen.

In nachstehenden Versuchsreihen seien noch die Ergebnisse der Untersuchung der Kiesfestigkeit des Schlackencementes der Herren *Gebr. Erhardt & Co.* in Neunkirchen bei Saarbrücken angeführt. Dieselben sind unternommen, um die Kiesfestigkeit des Choincezementes mit derjenigen eines normengemäss nahezu gleichwertigen Schlackencementes vergleichen zu können, welcher auch in der Schweiz mannigfache Anwendung findet.

1. Serie. Schlackencement Neunkirchen.

Sendung vom 4. Juli. 1889.

Sämtliche Proben sind Mittelwerte aus 3 Versuchen.

Nummer	Zusammensetzung des Bétons in Vol.-T.			Erhärtungs- dauer			Bemerkungen
	Cement	Sand	Kies	7 Tg.	28 Tg.	84 Tg.	
a) Gänzliche Wasserlagerung.							
1	1	2	5	113,1	157,5	189,4	<i>Ergebnisse der Normenproben.</i> Spec. Gewicht : 2,62 Glühverlust 9,80 0/0 Volumengewichte, lose . 0,90 kg/l " eingerütt. 1,29 " Erhärtungsbeginn 3 St. 50 M. Bindezeit 15—16 St. Lufttemperatur 23 °C. Volumenbeständigkeitsprb. bestanden Rückstand am 900-Sieb : 0,0 0/0 " " 4900 " : 2,6 0/0
2	1	2	6	138,4	152,0	154,8	
3	1	2	8	91,8	106,7	135,3	
b) Gänzliche Luftlagerung.							
4	1	2	5	124,8	165,7	187,3	<i>Festigkeitsverhältnisse des Normen- mörtels (1 : 3).</i> nach 7 Tagen 28 Tagen Zug : 22,4 kg/cm ² ; 28,7 kg/cm ² . Druck : 235,4 " 298,8 "
5	1	2	6	133,9	166,3	165,0	
6	1	2	8	88,6	110,7	147,0	

2. Serie. Schlackencement Neunkirchen.

Sendung vom 15. November 1889.

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerte aus 3 Versuchen.

Nummer	Zusammensetzung des Bétons in Vol.-T.			Erhärtungsdauer				Bemerkungen
	Cement	Sand	Kies	7 Tg	28 Tg	84 Tg	1 Jahr	
a) Ausschliessliche Wasserlagerung.								<i>Ergebnisse der Normenproben.</i>
1	1	3	—	107,3	147,8	171,3	203,9	Spec. Gewicht 2,61
2	1	3	3	95,2	119,5	152,2	176,7	Glühverlust 11,02 0/0
3	1	3	5	105,6	135,8	135,4	145,2	Volumengewichte, lose . . 0,78 kg/l
4	1	3	7	101,5	120,8	168,4	189,1	„ eingerütt. 1,16 „
5	1	4	—	63,3	104,5	121,6	142,5	Erhärtungsbeginn ca. 8 St.
6	1	4	2	46,3	73,9	85,6	105,6	Bindezeit ca. 32 St.
7	1	4	4	70,6	83,2	122,9	118,6	Lufttemperatur 13,4° C.
8	1	4	6	70,9	94,4	109,0	112,5	Volumenbeständigkeitsprb. bestanden
								Rückstand am 900-Sieb: Spuren
								„ „ 4900 „ : 9,4 0/0
b) Luftlagerung nach 7-tägiger Wassererhärtung.								<i>Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1 : 3).</i>
9	1	3	—	—	160,5	176,5	188,2	nach 7 Tagen 28 Tagen
10	1	3	3	—	135,1	164,3	215,0	Zug: 19,9 kg/cm ² ; 25,6 kg/cm ² .
11	1	3	5	—	144,2	169,2	234,1	Druck: 153,6 „ 222,9 „
12	1	3	7	—	135,4	166,5	173,0	
13	1	4	—	—	109,1	131,6	97,5	
14	1	4	2	—	86,1	96,4	116,3	
15	1	4	4	—	101,5	121,1	135,5	
16	1	4	6	—	116,3	123,0	134,6	
c) Ausschliessliche Luftlagerung.								
17	1	3	—	97,4	125,6	128,3	131,9	
18	1	3	3	106,7	130,1	150,6	141,2	
19	1	3	5	109,4	134,7	152,3	131,3	
20	1	3	7	103,2	116,1	130,0	129,6	
21	1	4	—	67,5	81,0	80,8	81,4	
22	1	4	2	50,4	82,0	90,6	76,6	
23	1	4	4	66,7	95,6	96,5	93,0	
24	1	4	6	78,5	98,2	114,1	111,0	

3. Serie. Schlackencement Neunkirchen.

Sendung vom 28. September 1889.

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerte aus 3 Versuchen.

Nmmuer	Zusammensetzung des Bétons in Vol.-T.			Erhärtungsdauer				Bemerkungen
	Cement	Sand	Kies	7 Tg.	28 Tg.	84 Tg.	1 Jahr	
a) Ausschliessliche Wasserlagerung.								
1	1	1	—	159,4	270,5	290,0	345,6	<i>Ergebnisse der Normenproben.</i> Spec. Gewicht 2,66 Glühverlust 10,08 0/0 Volumengewichte, lose 0,81 kg/l " eingerütt. 1,26 " Erhärtungsbeginn 6 St. Bindezeit 28 " Lufttemperatur 15,1 °C. Volumenbeständigkeitsprb. bestanden Rückstand am 900-Sieb: 0,0 0/0 " " 4900 " : 7,0 0/0
2	1	1	5	119,2	144,1	169,4	197,0	
3	1	1	7	72,6	98,9	110,2	175,5	
4	1	1	9	39,7	69,0	79,7	83,8	
5	1	2	—	129,3	197,1	235,0	297,0	
6	1	2	4	106,7	139,5	174,5	193,5	
7	1	2	6	102,9	153,0	173,5	240,7	
8	1	2	8	79,2	121,4	147,5	161,2	
b) Luftlagerung nach 7-tägiger Wassererhärtung								
9	1	1	—	—	255,1	311,1	338,6	<i>Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1 : 3).</i> nach 7 Tagen 28 Tagen Zug: 15,0 kg/cm ² ; 24,1 kg/cm ² . Druck: 136,3 " 208,8 "
10	1	1	5	—	158,7	177,9	174,3	
11	1	1	7	—	107,6	117,9	140,7	
12	1	1	9	—	85,5	104,3	104,9	
13	1	2	—	—	197,6	248,4	303,0	
14	1	2	4	—	156,2	184,0	253,0	
15	1	2	6	—	161,6	196,1	253,3	
16	1	2	8	—	133,5	121,7	146,9	
c) Ausschliessliche Luftlagerung.								
17	1	1	—	175,6	262,5	232,1	266,2	
18	1	1	5	98,3	160,8	179,3	159,0	
19	1	1	7	69,4	113,2	130,9	136,9	
20	1	1	9	52,2	66,2	72,2	82,4	
21	1	2	—	145,5	193,6	200,8	218,4	
22	1	2	4	101,0	162,7	183,8	187,7	
23	1	2	6	99,7	137,3	175,4	178,4	
24	1	2	8	84,0	133,0	140,3	152,9	

e. Beschreibung einiger Ausführungen in Schlackencement.

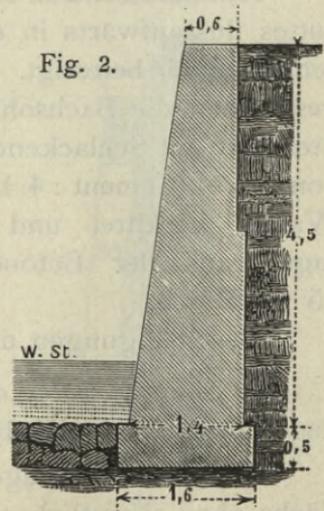
Als wir im Jahre 1886 die Ergebnisse der Untersuchung der Verwendbarkeit der Hochofenschlacken zu Zwecken der Fabrikation hydr. Mörtel und Cemente in der Schweiz. Bauzeitung veröffentlichten, glaubten wir es der Öffentlichkeit schuldig zu sein, zur Bewahrheitung unserer Laboratoriumsarbeiten, die Erfahrungen zusammenzustellen, die an den unterschiedlichen, bisher in Schlackencement ausgeführten Objekten gemacht wurden. Nachdem aber *Le Chatelier* auf synthetischem Wege die Richtigkeit unserer Versuche und Beobachtungen nachgewiesen, entfällt für uns die Wünschbarkeit einer weitem Kontrolle unserer Laboratoriumsarbeiten. Und wenn wir dessenungeachtet hier nochmals auf Beispiele der Anwendungen des Schlackencements zurückgreifen, so geschieht dies aus Gründen der Ergänzung unserer ältern Mitteilungen. Allerdings sind wir heute nicht mehr im Stande all' jene Ausführungen zu besprechen, die im Laufe der Zeit zu unserer Kenntnis gelangt sind.

α. Ausführungen im von Roll'schen Eisenwerke Klus bei Balsthal.

1. *Uferstützmauer längs der Dünnern*, vergl. Fig. 2, ausgeführt in der ersten Hälfte des Jahres 1884.

Material: komprim. Schlackencementbéton; Mischungsverhältnis: 1 Vol. Cement auf 5 bis 6 Vol. Sand und Kies. Der in Säcken zu 50 kg bezogene Schlackencement wurde mit Sand und mittelgroßem, rundem Geschiebskies des Flussbettes ohne vorherige Separation des Sandes vom Kiese zur Bétonbereitung verwendet. Das Anmachwasser war derart gewählt, dass die Masse beim Einstampfen in die Baugrube elastisch wurde und eine Wasserabsonderung eintrat. Fig. 2 stellt das Profil dieser Mauer dar.

Die gesamte Mauerlänge beträgt 110,0 m. Materialbedarf der Mauer 420,0 m³.



Die vordere Mauerwand hat einen geringen Anzug; die Erdbegrenzung an der Krone ist eben und besitzt einiges Gefälle in der Flussrichtung.

Die Bétonage der Fundamente geschah vorwiegend unter Wasser; die Stützmauer selbst wurde in Schichten von ca. 0,6 m Höhe in Rammbéton hergestellt.

Die Mauer ist unverputzt, deutlich geschichtet und besitzt weder Deckel noch Sickerungsanlagen. Fundamente und der Fuss der Mauer stehen unter Wasser. Die einzelnen Schichten der Mauer sind je nach dem zufälligen Sandgehalt des Bétons mehr oder weniger kompakt und gleichen im allgemeinen der jüngern sogen. löchrigen Nagelfluh.

Die Festigkeit des Bétons wurde durch Anpickeln geprüft; sie ist an der Krone und über dem Wasserspiegel nahezu gleich, unter Wasser oder an Stellen, die zeitweise durch Wasser umspült sind, etwas grösser angetroffen worden. An einzelnen Stellen der Mauer wurden Portland- und Schlackencement nebeneinander verwendet; angepickelt, haben sich beide ziemlich gleich hart und widerstandsfähig erwiesen. Frostschäden liegen nicht vor; ebensowenig konnten Beschädigungen oder Abnahme der Festigkeit durch rasche Trocknung, durch Treiben oder schädliche Einflüsse der Atmosphärien konstatiert werden.

2. *Sohlenversicherung des Dünnernbettes*, ausgeführt im Jahre 1884.

Anschliessend an eine Stauschwelle wurde die Sohle des Flussbettes flussaufwärts in einer Länge von ca. 20 m mit Schlackencementbéton befestigt. Zunächst hatte man mit groben Bachgeschieben die Bachsohle ausgeschlagen und das so hergestellte Steinbett mit Schlackencementbéton in einem Mischungsverhältnis von 1 Vol. Cement : 4 bis 5 Vol. Sand und Kies, teilweise unter Wasser verkittet und überdeckt. Die grösseren Steinblöcke ragen aus der Bétondecke hervor. Verbraucht wurden ca. 15 m³ Béton.

Beschädigungen dieser Ausführung liegen derzeit nicht vor.

3. *Sohlungewölbe der Turbinenauslaufkanäle*, ausgeführt in den Jahren 1884 und 1885.

Material: vorwiegend Rammbéton mit abgeglätteter Oberfläche ohne eigentlichen Verputz. Mischungsverhältnis von 1 Vol.

Cement : ca. 4 Vol. Sand + Kies. Die Konsistenz und Bétonbereitung war ähnlich wie bei No. 1.

Die Dünnernkorrektur, sowie die Ausführung der vorerwähnten Uferstützmauer forderte eine Tieferlegung der Sohlen der gewölbten Turbinenkanäle älteren Ursprungs. Zu diesem Ende wurden zunächst die Widerlager der Gewölbe stückweise unterhöhlt, mit genanntem Schlackencementbéton unterfangen und hierauf die Sohlen der Kanäle, also die Mittelstücke der Kontre-Gewölbe einbétoniert und die Bétonoberfläche abgeglättet.

Die Gesamtlänge der Auslaufkanäle beträgt 119,0 m ;

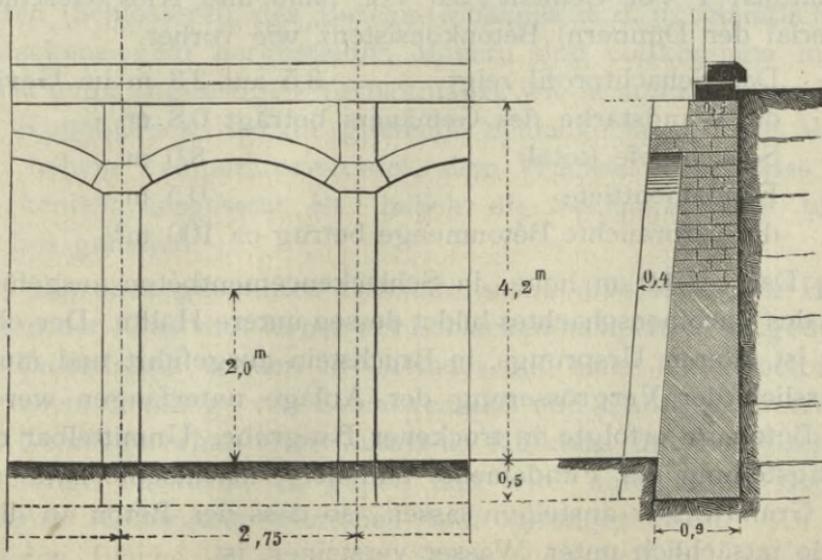
Verbraucht wurden angenähert 90,0³ m Béton.

Die Sohlengewölbe sämtlicher Turbinenauslaufkanäle sind in tadellosem Zustande; der Béton ist durchwegs äusserst fest und widerstandsfähig angetroffen worden. Beschädigungen durch Frost oder Einwirkungen der Atmosphärlilien liegen nicht vor.

4. *Stützmauer in der Giesserei*; vergl. Fig. 3, ausgeführt im Jahre 1883.

Material: Rammbéton in Schlackencement; Mischungsverhältnis: 1 Vol. Cement : 5,0 Vol. Sand + Kies. Sand und das runde Kiesmaterial entstammen der Dünnern und wurden ohne weitere Separation zur Bétonbereitung verwendet. Die Konsistenz des Bétons entsprach jener der sub 1 beschriebenen Uferstützmauer.

Fig. 3.



Die gesamte Mauerlänge beträgt	40,0 m
die Mauerhöhe über Giessereiboden	4,2 m
die verwendete Bétonmenge beträgt ca.	110,0 m ³

Fragliche Stützmauer bildet die bergwärts gelegene Hauptumfassungsmauer der Eisengiesserei in der Klus. Konstruiert ist dieselbe mit vorladenden, 2,75 m entfernten Strebepfeilern, die neben der Erhöhung der Stabilität der Mauer an sich, berufen sind einen Laufkrahnen zu tragen. Die Mauer besitzt einen mässigen Anzug nach vorne und schliesst satt an das Gelände. Fundamente und ungefähr die Hälfte des aufgehenden Gemäuers inklusive der Strebepfeiler sind in Schlackencementbéton ausgeführt. Die Bétonage erfolgte schichtenweise, im Trockenem. Nach erfolgter Abrüstung der Mauerverschalung fand ein Benetzen resp. ein Anspritzen nicht statt.

Die Mauer blieb unverputzt. Der Béton ist ungeachtet der ungünstigen Verhältnisse, wie sie die Natur einer Giesserei mit sich bringt tadellos erhalten, hart und selbst an der Oberfläche gegen Einwirkung des Pickels recht widerstandsfähig. Irgendwelche Beschädigung, ausgebesserte Stellen etc. sind nicht angetroffen worden.

5. *Turbinenschacht der Werkstätte*, ausgeführt im Jahre 1885.

Material: Rammbéton aus Schlackencement; Mischungsverhältnis: 1 Vol. Cement : 5,0 Vol. Sand und Kies (Geschiebmaterial der Dünnern) Bétonkonsistenz wie vorher.

Das Schachtprofil zeigt	3,5 auf 2,3 m im Geviert;
die Wandstärke des Gemäuers beträgt	0,8 m
Schachttiefe (total)	8,0 m
Fundamenttiefe	0,5 m
die verbrauchte Bétonmenge betrug ca	100 m ³

Der ca. 4,0 m hohe, in Schlackencementbéton ausgeführte Teil des Turbinenschachtes bildet dessen untere Hälfte. Der obere Teil ist älteren Ursprungs, in Bruchstein ausgeführt und musste anlässlich der Vergrösserung der Anlage unterfangen werden. Die Bétonage erfolgte in trockener Baugrube. Unmittelbar nach Fertigstellung der Fundamente und der Schachtsohle hatte man das Grundwasser ansteigen lassen, so dass der Béton an dieser Stelle tatsächlich unter Wasser versteinert ist.

Der Schlackencementbéton des besprochenen Turbinenschachtes ist nicht nur vollkommen intakt und frei von jeglichen Beschädigungen, sondern es zeigt derselbe, dank der stetigen Feuchtigkeit seiner Wandflächen, die charakteristische Färbung des Schlackencementes und einen hellen, reinen Klang beim Anpicken. Die Festigkeit ist bemerkenswert; die Steine sind äusserst fest verkittet und lassen sich aus dem sie umschliessenden Mörtel nicht Herausschälen.

6. *Turbinenschacht der Gussputzerei*, ausgeführt im Jahre 1885.

Die Verhältnisse sind hier ähnlich den vorerwähnten; Materialbedarf betrug ca. 40 m³.

7. *Terrassen, Böden und Decken.*

Terrassen, Böden etc. sind in Schlackencement in der Klus nur in unbedeutender Ausdehnung vertreten. Vor der Gussputzerei (1885) und der Giesserei (1883) liegen Böden im Freien mit ca. 25 m² Flächeninhalt. Die sämtlichen Böden zeigen die den Cementböden eigentümlichen Schwindrisse.

8. In *Schlackensteinen* sind in dem von Roll'schen Eisenwerke Klus eine bedeutende Anzahl grösserer Objekte ausgeführt worden. Wir erwähnen hier:

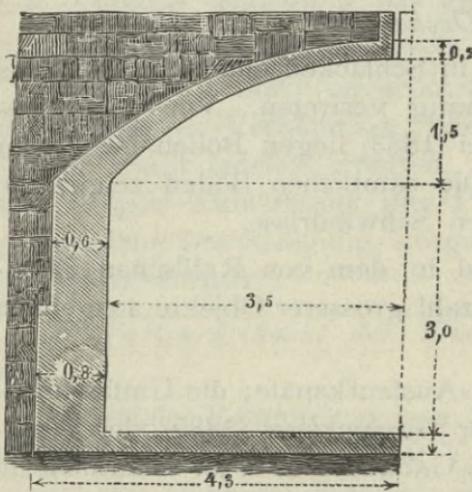
Die Gewölbe der Turbinen-Auslaufkanäle; die Umfassungsmauern der Giesserei (1883), der Gussputzerei (1885), der Werkstätten (Schlosserei), des Bureau-Gebäudes u. d. m. Sämtliche in Schlackenziegeln hergestellten Mauern sind vollkommen intakt. Selbst unter ungünstigen Verhältnissen, wie in unmittelbarer Nähe des Kupa-Ofens, wo die glühende Schlacke lagert, die Mauer also hohem Temperaturwechsel, dem Wechsel von Nässe und Trockenheit ausgesetzt ist, haben die Schlackensteine bisher tadellos gehalten.

Die oben genannten Gebäude, sowie diverse andere Hochbauten der Klus sind ferner mit Schlackendachplatten eingedeckt. Die Dachplatten werden in Choindez auf einer Kniehebelpresse aus einem Gemenge von Schlackensand und Kalkhydrat erzeugt. Das Gemenge erhält einen Zusatz an Kalkbrei, um der Mischung die nötige Plastizität zu geben und wird unter einem doppelarmigen Kollergang zerrieben und durchgearbeitet. An der äusseren Fläche erhalten die Steine eine Schicht aus fettem

Schlackencementmörtel (Schlackencement und etwas Schlackensand). Die Art der Erzeugung der Dachplatten ist unbefriedigend; hauptsächlich diesem Umstande ist es zuzuschreiben, dass dieselben geringe Festigkeit zeigen, namentlich in den ersten Jahren undicht sind und eine bedeutende Schwindrissigkeit besitzen. In der Klus sind auf den Dächern der Giesserei Beschädigungen der Dachsteine aller Art, besonders aber stark schwindrissige Ziegel angetroffen worden. In ähnlichen Zuständen fanden wir auch einige Formsteine der Umfassung dieses Gebäudes.

β. Ausführungen im von Roll'schen Eisenwerke Choindez bei Delsberg.

Fig. 4.



1 : 100

9. *Quellwasser-Reservoir.* vergl. Fig. 4, ausgeführt im Frühjahr 1881.

Material: komprimierter Schlackencementbéton. Mischungsverhältnis: 1 Vol. Cement : 2 Vol. Schlackensand : 4 bis 5 Vol. Kies. Der fabrikmässig erstellte Schlackencement wurde mit granuliertem Schlackensand zu Mörtel verarbeitet, welchem, wie erwähnt, vier bis fünf Vol.-Teile kleines, eckiges Kalksteinschotter beigemischt wurde. Die Konsistenz des Bétons war die beim

Bétonieren mit Portlandcement übliche; die Masse wurde ziemlich nass in die Baugrube eingeführt.

Der Fassungsraum des Reservoirs, gerechnet bis zum Überlauf, beträgt ca.	135,0 m ³
der lichte Durchmesser (lichte Weite) beträgt	7,0 m
Pfeil der Kuppel	1,5 m
der cylindr. Teil des Reservoirs hat eine Höhe von	3,0 m
Stärke der Umfassungsmauer über dem Fundament	0,8 m
von 1,5 m über Sohle an aufwärts	0,6 m
Scheitelstärke der Kuppel	0,2 m
Fundamentstärke	0,3 m
Verwendete Bétonmenge inkl. Quellfassung, Hahnenkammer etc. ca.	100 m ³

Das 2,0 km oberhalb der Eisenwerke Choindez sehr geschickt und sachlich vortrefflich angelegte Reservoir besteht aus dem cylindrischen, mit einer Kuppel überdeckten Sammelzisterne, der Hahnenkammer, der Brunnenstube mit einem Wasserteiler und aus einem Stück Stollen, in welchen die gusseisernen, das Wasser zuleitenden Röhren münden.

Fundamente, Umfassungsmauer, Gewölbe der Zisterne sowie Wandungen und Deckengewölbe der anschliessenden Räume sind in Schlackencementkonkret hergestellt. Das Mischungsverhältnis desselben ist in allen Teilen der Anlage das gleiche.

Bétoniert wurde in trockener Baugrube; das nachträgliche Netzen des abgebundenen Bétons konnte mit Rücksicht auf die an sich feuchte Baugrube ohne Gefährdung des Objekts unterbleiben. Soweit thunlich wurde an das Terrain satt anbétoniert; der Hauptsache nach musste der Béton zwischen Bohlenwänden eingerammt werden und ist das, das Terrain überragende Bétongemäuer nachträglich hinterfüllt und schliesslich überdeckt worden.

Über Jahresfrist blieb das Reservoir unverputzt im Dienstzustande; der Béton hatte sich wasserdicht erwiesen und wenn dessenungeachtet anlässlich einer Untersuchung der Anlage die Sammelzisterne mit Schlackencementmörtel verputzt wurde, so geschah dies aus dem Grunde, um das Objekt programmgemäss fertigzustellen.

Anlässlich unserer Besichtigung der Anlage wurde die Reservoirkuppel im Scheitel blosgelegt. Dieselbe zeigte einen kompakten, hell klingenden, grünlich gefärbten Cementkonkret von erheblicher Härte und Festigkeit. Ähnlich beschaffen und von gleicher Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Angriffe des Pickels erwies sich auch der Béton der Brunnenstube. Beschädigungen irgend welcher Art, Risse, Sprünge etc. liegen nicht vor. Ob der nachträglich aufgetragene Verputz mit dem Béton in feste Verbindung getreten, konnte nicht festgestellt werden.

10. *Brücke über die Birs in Choindez*, ausgeführt im Frühjahr 1881.

Material: Schlackensandbéton verkleidet mit Schlackensteinen. Mischungsverhältnis des Bétons 1 Vol. Mörtel : 2,8 bis 3,0 runden Geschiebekies.

Die Mörtelbereitung zu Zwecken der Bétonierung in Choindez erinnert an die holländische Manier der Trassverarbeitung.

38 Schaufeln granulierter Schlackensand, 2 Schaufeln Schlackenmehl, 1 Schaufel Staubhydrat, 2 Schaufeln Kalkteig werden unter einem leichten, zweiarmigen Kollergang zerrieben und so lange durchgearbeitet, bis die ganze Masse homogenes Ansehen zeigt. Der so gewonnene Mörtel wird unter Wasserzusatz mit circa dem 3-fachen Volumen Kies auf einer Mörtelpfanne durchgearbeitet und stark nass (doch nicht flüssig) in die Baugrube eingebracht. Wiederholungen zu vermeiden, soll im Nachstehenden diese Art der Mörtel- und Bétonerzeugung kurz mit dem Ausdruck »Trassmanier« bezeichnet werden.

Das Gewölbe besitzt Stichbogenform und es beträgt:

die lichte Durchflussöffnung	12,0 m
der Pfeil des Bogens	1,5 m
die Brückenbreite	4,5 m
die Scheitelstärke des Gewölbes	0,6 m

Gegen die Widerlager hin verstärkt sich das Gewölbe. An Stelle einer Verschalung und des regelrechten Verputzes wurde die Stirnfläche des Gewölbes und der Widerlager 1 Stein stark mit Schlackensteinen verkleidet und dahinter bétoniert.

Die Widerlager wurden im Herbste 1880 ausgeführt; das Gewölbe dagegen im Frühjahr 1881 zwischengespannt. Das Widerlager wurde in horizontalen Schichten, das Gewölbe in einem Tag ohne Schichtung hergestellt. Für Bogen und Widerlager waren in Summa ca. 260 m³ Béton erforderlich.

Der Béton der Fundamente, der Widerlager, sowie des Gewölbes ist vollkommen intakt; Beschädigungen irgend welcher Art sind am Béton nicht vorhanden. Bloss die aus Schlackemörtel erzeugten Deckel, Gesims-Formsteine etc. zeigten Schwindrisse, stellenweise Querbrüche. An einzelnen Stellen zeigen die genannten Formsteine lokale, kleine Ablösungen, wie solche bei kalkhaltigen Backsteinen vorkommen. Sie sind ebenfalls durch die treibende Wirkung ungelöschter Ätzkalkkörner entstanden. Zur Zeit dieses Brückenbaues wurde eben auf das sorgfältige Löschen, Lagern und Zerreiben der körnigen Kalkreste noch kein grosses Gewicht gelegt.

11. *Uferstützmauer unter dem Zulaufkanal*, begonnen im Herbst 1881, fertig gestellt im Frühjahr 1882.

Material: komprimierter Schlackensandbéton. Mischungsverhältnis: 1 Vol. Mörtel : 3,0 Vol. Kies. Die Mörtel- und Bétonbereitung geschah in der »Trassmanier«. Es beträgt:

die mittlere Mauerhöhe über Fundament	ca. 3,0 m
die Kronenbreite der Mauer	0,5 m
die Mauerbreite am Fundament	1,0 m
die Fundamentbreite	2,5 m
die Fundamentstärke	0,7 m
der vordere Anzug der Mauer	ca. 1 : 4
die Mauerlänge	ca. 65 m
die verwendete Bétonmasse	ca. 300 m ³

Die Fundamente sind meist unter Wasser, das aufgehende Gemäuer im Trocknen hergestellt; die Mauer wurde nachträglich verputzt. Zum Schutze des Mauerfusses gegen Unterspülung hat man das in der Nähe der Mauer auf der Bachsohle befindliche Gerölle mittelst Schlackenmörtels zusammengekittet.

Bis auf einige Schwindrisse und stellenweise Ablösung des Verputzes ist die Konstruktion vollkommen intakt. Auch die Sohlenversicherung ist grösstenteils frei von allen zufälligen Beschädigungen. Stellenweise und zwar oberhalb der besprochenen Uferstützmauer sind die Konsolidierungsarbeiten der Sohle durch Fröste überrascht und beschädigt worden. Der verfrorene Schlackensandmörtel verlor seine Kohäsion; er wurde mürbe, zerreiblich und teilweise allmählich fortgeschwemmt.

12. *Fundamente der Ufermauer oberhalb der Bétonbrücke*, ausgeführt im Jahre 1884.

Material: komprimierter Schlackensandbéton. Mischungsverhältnis: 1 Vol. Mörtel : ca. 3,0 Vol. Kies.

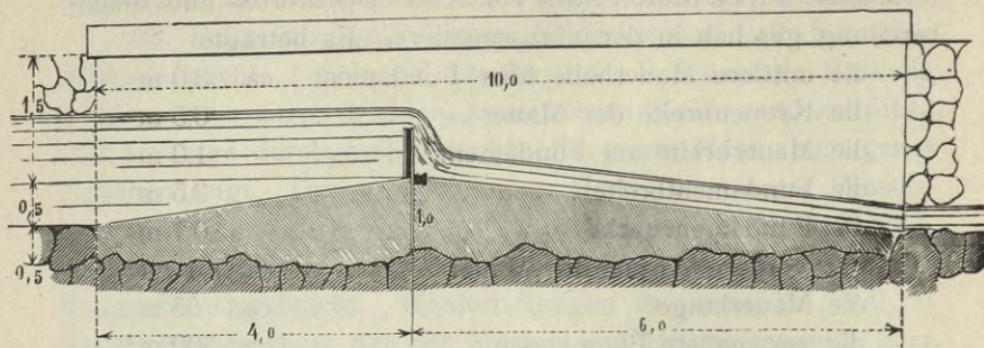
Verwendete Bétonmenge ca. 50,0 m³.

13. *Die neue Stauanlage in Choindez*, vergl. Fig. 5, ausgeführt im Spätherbste 1884.

Material: komprimierter Schlackensandbéton; Mischungsverhältnis: 1 Vol. Mörtel : 3,0 Vol. Kies. Die Mörtel- und Bétonbereitung geschah in der »Trassmanier«. Es beträgt:

die Sohlenbreite des Wehres	10,0 m
die Kronenhöhe über Fundament	1,5 m
die Länge des Wehres zwischen den Flügelmauern	22,0 m
die verwendete Bétonmenge	ca. 310,0 m ³

Fig. 5.



1 : 100.

Im Abstände von 4 m von der vorderen Wehrkante liegt ca. 0,5 m über derselben die Wehrkrone, welche zur Anlage von Staubrettern ein System gekuppelter und einbetonierter Eisenbahnschienen trägt. Die Baugrube wurde soweit als möglich trocken gelegt; die grossen Felsblöcke des Wildbachs darin belassen und mit dem übrigen, auf der Bachsohle gelegenen Gerölle mittelst des eingebrachten und angemessenen eingestampften Schlackensandbétons, welchem in solchem Falle stets etwas feingemahlenes Schlackenmehl zugemischt wird, verbunden. Die Wehroberfläche, die von der Krone nach beiden Seiten abgebösch erscheint, ist abgeglättet; ein eigentlicher Verputz wurde nicht aufgetragen. Die Ausführung der anschliessenden Flügelmauern wurde durch Fröste überrascht; sie zeigen daher stellenweise Frostschäden. Sonst ist das Wehr vollkommen intakt. Das Material erwies sich als sehr widerstandsfähig gegen äussere Angriffe und zeigt an frischen Bruchfällen die grünliche, charakteristische Schlackenfärbung.

14. *Die Stauanlage bei Delsberg*, ausgeführt im Spätherbste 1883.

Material: komprimierter Schlackencementbétón. Mischungsverhältnis: 1 Vol. Cement : 2 Vol. Schlackensand : 5 Vol. Kies. Das fragliche Objekt hat ungefähr folgende Dimensionen:

mittlere Sohlenbreite . . . ca. 10 m

mittlere Wehrlänge . . . ca. 25 m

Kronenhöhe über Sohle . . . ca. 1,5 m

Die Wehrform ist entsprechend einer älteren in Stein und Holz (?) ausgeführten Anlage, die gelegentlich der Rekonstruktion

mit einbétoniert wurde, unregelmässig. In Ermangelung ausreichender Zeit konnte dieses, ziemlich entfernt von Choindez liegende Objekt nicht in Augenschein genommen werden.

15. *Verschiedene Auslaufkanäle*, ausgeführt in den Jahren 1881 und 1882.

Material: komprimierter Schlackensandbéton; Mischungsverhältnis: 1 Vol. Mörtel : ca. 3,0 Vol. Geschiebskies. Die Mörtel- und Bétonbereitung geschah in der »Trassmanier«. Die Abmessungen der Kanäle variieren; die Querschnittsform derselben entspricht der Durchlassform mit Stichbogen und vertikalen Widerlagern. Vorwiegend beträgt:

die lichte Kanalweite	0,75 m
» » Kanalhöhe	1,20 m
die Scheitelstärke des Gewölbes	0,15 m
die Widerlagsstärke	0,30 m
die Fundamentstärke ca.	0,30 m
die gesamte Kanallänge ca.	200,00 m
die Kanäle liegen ca.	1,5–2,0 m unt. Terr.
die verwendete Bétonmenge erreicht ca.	200 m ³ .

Sämtliche Auslaufkanäle sind unverputzt und zeigen derzeit keinerlei Beschädigungen.

16. *Fundamente verschiedener Gebläse und Dampfmaschinen*, ausgeführt in verschiedenen Jahren.

Material: komprimierter Schlackensandbéton; Mischungsverhältnis: 1 Vol. Mörtel : ca. 3,0 Vol. Geschiebskies. Die Mörtel- und Bétonbereitung geschah in der »Trassmanier«. Je nach Zweck und speziellen Verhältnissen liegen die Fundamente, Schwungradgruben etc. mehr oder weniger tief im Boden, oder sie überragen die Hüttensohle. Beschädigungen dieser Ausführungen liegen nicht vor.

Ungefähre Menge des verwendeten Bétons ca. 150—180 m³.

17. *verschiedene Giesserei-Gruben*, ausgeführt in den Jahren 1882 bis Dezember 1884.

Material und Mischungsverhältnis wie vorher. Zur Bétonage unter Wasser wurde dem normalen Schlackensandbéton fein gemahlenes Schlackenmehl zugemischt. Die Mörtel- und Bétonbereitung geschah in der »Trassmanier«.

Die Giessereigruben in Choindez dienen für den Röhren-guss; ihre Tiefen- und Profildimensionen wechseln mit dem

Durchmesser und der Baulänge der Röhren; die grossen Gruben haben 5 m Tiefe, ihre Umfassungsmauern oben 0,6, unten 1,0 m Wandstärke. Verwendete Bétonmenge ca. 650 m³.

Die Giessereigruben stehen insoferne unter ungünstigen Verhältnissen, als sie beständigem Wechsel von Kohlenfeuer, also Tröckne und Bodenfeuchtigkeit, insbesondere der Einwirkung der Kohlensäure und anderer Gase ausgesetzt sind.

Beschädigungen dieser Grubenumfassungsmauern liegen nicht vor.

18. *Giessereigebäude für die 1 m Röhren*, ausgeführt in der zweiten Hälfte des Jahres 1882.

Material, Mischungsverhältnis und die Art der Bétonbereitung wie vorher. Ungefährer Materialverbrauch 400 m³ Béton.

Fundamente, sowie das aufgebaute, aussen verputzte Umfassungsgemäuer sind auf die ganze Höhe in Schlackensandbéton ausgeführt worden. Die Bétonage erfolgte schichtenweise zwischen Bohlenwänden durch Einstampfen der Bétonmasse normaler Konsistenz. Nach Abrüstung des Holzwerkes wurde der abgebundene Béton nicht weiter benetzt.

Beschädigungen des Schlackenbétons dieses Objektes liegen nicht vor. An frischer Bruchfläche sieht der Béton hell weisslich-grau aus und verhält sich beim Anpickeln weniger widerstandsfähig als der Béton gleicher Zusammensetzung bei Erhärtung in Wasser oder in feuchter Atmosphäre.

19. *Die Koksschuppen und das Schreinereigebäude*, ausgeführt in den Jahren 1880 resp. 1882.

Beide Objekte sind Riegelbauten mit ausbétonierten Feldern. Der hier verwendete Béton ist nach Material, Mischungsverhältnis-Aufbereitung und derzeitiger Beschaffenheit ähnlich dem vorerwähnten.

Die totale Bétonmenge beträgt ca. 40 m³.

20. An vorstehend erwähnte Bauwerke reihen sich nun die in Choindez und Umgebung (Courrendlin) in Schlackenstein-Rohbau ausgeführten Hochbauten. Sie wurden meist in recht geschmackvoller Weise ausgeführt:

Die Cementfabrik, eine Werkstätte, ein Stallgebäude, aus neuester Zeit die Speiseanstalt, das Schulgebäude, verschiedene

Arbeiterwohngebäude etc. Es würde hier zu weit führen, die einzelnen, in Augenschein genommenen Objekte näher zu beschreiben. Zur Orientierung diene indessen folgendes:

Die meisten der in Choindez und Umgebung vorhandenen Hochbauten stehen auf Schlackensandbétou-Fundamenten; sie sind vom Sockel ab in Schlackensteinen gemauert und mit Schlackenziegeln eingedeckt. Sämtliche Gesimssteine, ferner die Thür- und Fenstereinfassungen sind als Formsteine durch Einstampfen des gekollerten Schlackenmörtels erzeugt. Küchen und Korridore sind belegt mit Schlackencementplatten. Die Decken der verschiedenen Räumlichkeiten des Stallgebäudes wurden zwischen eisernen Trägern in Gewölbform mit 7 cm Scheitelstärke in Béton hergestellt. Ebenso sind sämtliche Böden (ca. 420 m²) in den Stallungen, Wagenremisen etc., sowie die Plattformen vor und hinter dem Stallgebäude in Schlackencement (1883) ausgeführt. Bis auf die bekannten Schwindrisse in den Böden und Decken, teilweise auch im Verputz (Cement und Schlackensand) sind sämtliche Ausführungen in tadellosem Zustande angetroffen worden. Die Dächer waren ursprünglich undicht, sollen indessen mit der Zeit dicht geworden sein. Über die Dachsteine haben wir früher schon berichtet. Bei der Art und Weise, wie diese erzeugt wurden, kann es nicht befremden, dass die Steine undicht waren, was insbesondere auch die Erfahrungen in St. Sulpice bestätigen, wo das Dach der neuen Romancementfabrik wegen Undichtigkeit zu Reklamationen führte.

Seit dem Jahre 1886 sind auf den Werken der *von Roll*-schen Gesellschaft ansehnliche Bauten in Schlackencementbéton ausgeführt worden, die ganz unmöglich ist im Rahmen dieser Arbeit wiederzugeben; wir müssen uns auf die Bemerkung beschränken, dass sämtliche Ausführungen bis zur Stunde in tadellosem Zustande sich befinden und Nacharbeiten, Rekonstruktionen infolge eines etwa eingetretenen Rückgangs der Kohäsionsverhältnisse des Schlackencementes unseres Wissens nicht stattgefunden haben.

γ. Ausführungen im Rayon der Jura-Gewässerkorrektion.

In der Frage der Wertschätzung des Schlackencementes sind die Untersuchungen und Erfahrungen, die anlässlich der Herstellung zweier Kunstbauten der Juragewässerkorrektion

ausgeführt, beziehungsweise gesammelt worden, von nicht zu unterschätzendem Wert. Wir haben diese Untersuchungen und Erfahrungen bei Besichtigung (17. März 1886) der Ausführung der Gründungsarbeiten des Schleusenwehres bei Nidau zur Kenntnis genommen und nehmen umsoweniger Anstand, dieselben vor die Öffentlichkeit zu bringen, als sie dem nachahmungswerten Bestreben entsprungen sind, die Verwendbarkeit des Materials in gegebenem Falle durch eigene Versuche festzustellen.

Bei den angezogenen Versuchen handelte es sich zunächst um Feststellung der Zulässigkeit des an sich langsam bindenden Schlackencementes zu Gründungszwecken unter Wasser; in zweiter Linie war ein Vergleich der Festigkeitsverhältnisse des unter sonst gleichen Verhältnissen angefertigten Schlackencementbétons gegenüber bewährten Roman- und Portlandcementmarken beabsichtigt.

Herr Oberingenieur v. Graffenried organisierte eine dieser Versuchsreihen; die andere führte der Bauunternehmer, Herr Ritter-Egger in Biel, aus. Mehrere Kisten mit bestimmtem Fassungsraum wurden in fließendes Wasser versenkt; mittelst geeigneter Röhren, beziehungsweise mittelst eines blechernen Gefäßes mit durchlochtem Boden wurden genannte Kisten das eine mal mit Schlackencementbétón verschiedener Zusammensetzungen, — das andere mal mit den unterschiedlichen Cementbétons und dem zur Ausführung in Aussicht genommenen Schlackenbétón mit einem Mischungsverhältnis von 1 Vol. Schlackencement : 6,0 Vol. Sand und Kies unter Wasser behutsam gefüllt. Die Portland- und Romancementbétons hatten eine Zusammensetzung von beziehungsweise 1 : 7 bis 1 : 8.

Nach 14-tägiger Wasserlagerung wurden die Bétonsorten untersucht. Es hat sich hierbei nicht nur die Zulässigkeit des Schlackencementes zu Gründungszwecken unter Wasser herausgestellt, sondern die Versuche haben auch dargethan, dass schon nach 28-tägiger Erhärtungsdauer der in beschriebener Weise erzeugte Schlackenbétón (1 : 6) der Festigkeit der übrigen Cementbétons keineswegs nachstehe.

21. *Fundamente der Pfeiler der Strassenbrücke über die Aare bei Büren*, ausgeführt im März—April 1884.

Material: Schlackencementbétón; Mischungsverhältnis: 1 Vol. Cement : 6,0 Vol. Sand und Kies. Der in Säcken zu 50 kg auf

den Bauplatz gelieferte Cement wurde im vorgeschriebenen Mischungsverhältnisse mit Sand und Kies (rundes Geschiebskies) zunächst trocken, sodann unter mässigem Wasserzusatz durchgearbeitet, in einen Senkkasten mit Bodenklappen gefüllt und unter Einhaltung der nötigen Vorsichtsmassregeln in die Baugrube versenkt.

In beschriebener Weise sind die Fundamente der in Schmied-eisen ausgeführten Brückenjoche der Aarebrücke bei Büren unter Wasser hergestellt worden. Die hierbei verwendete Bétonmenge betrug pro Pfeiler $98,4 \text{ m}^3$, somit in Summa 295 m^3 .

Die Fundamente der Joche liegen gewöhnlich unter Wasser. Im Winter 1884 und 85 sank der Wasserspiegel der Aare derart, dass die Fundamente sichtbar und zugänglich wurden. Herr Oberingenieur v. Graffenried benutzte diesen Anlass, um die Beschaffenheit des vor Jahresfrist versenkten Bétons zu prüfen und fand denselben in tadellosem, durchaus befriedigendem Zustande.

22. *Fundamente des Schleusenwehres am Zühlkanal bei Nidau* (vergl. Fig. 6 und 7), ausgeführt im Frühjahr 1886.

Material: Schlackencementbéton; Mischungsverhältnis: 1 Vol. Cement : 2,0 Vol. Sand : 3,5 Kies. Der in Säcken zu 50 kg auf den Bauplatz gelieferte Schlackencement wurde mit Sand und Geschiebskies vom Hagneck-Kanal auf einer Mörtelpfanne zunächst zweimal trocken, sodann dreimal in angefeuchtetem Zustande durchgearbeitet. Gleichzeitig wurde stets ca. $0,5 \text{ m}^3$ Béton erzeugt. Der Wasserzusatz war derart bemessen, dass der Mörtel sich trockener als frisch gegrabene Erde anfühlte.

Die Baugrube erstreckt sich auf die Kanalbreite. Ein Teil derselben wurde beiderseitig durch Spundpfähle eingegrenzt, der Rest blieb für den freien Wasserdurchfluss offen. Innerhalb der Spundwände, also in möglichst unbewegtem Wasser, wurde der Béton in Röhren von 30 cm Durchmesser auf den Baugrund versenkt. *) Das untere Rohrende steht um die Schichtenhöhe, die gegossen werden soll, über dem Baugrund; das obere Rohrende mündet in einen, zur Aufnahme des Bétons bestimmten Fülltrichter. Das Rohr selbst schwebt aufrecht und ist mittelst

*) Eine nähere Beschreibung dieser Gründungsart findet sich in den „Annales des Ponts et Chaussées.“ April 1885, Seite 776.

Ketten und Seile derart gefasst und auf den Wellbock eines Laufkrahns gehängt, dass dasselbe nach Belieben gehoben und gesenkt, in der Flussrichtung oder quer hierzu bewegt werden, somit die ganze Baugrube bestreichen kann. Bei Nidau wurden zwei solcher Röhren angewandt und gleichzeitig bedient. Sie

Fig. 6. Querschnitt für Seitenöffnung.

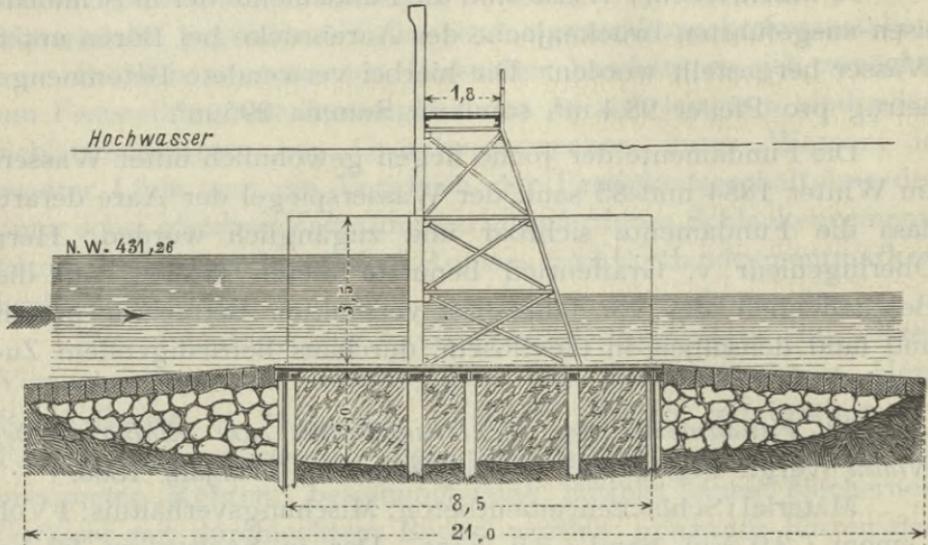
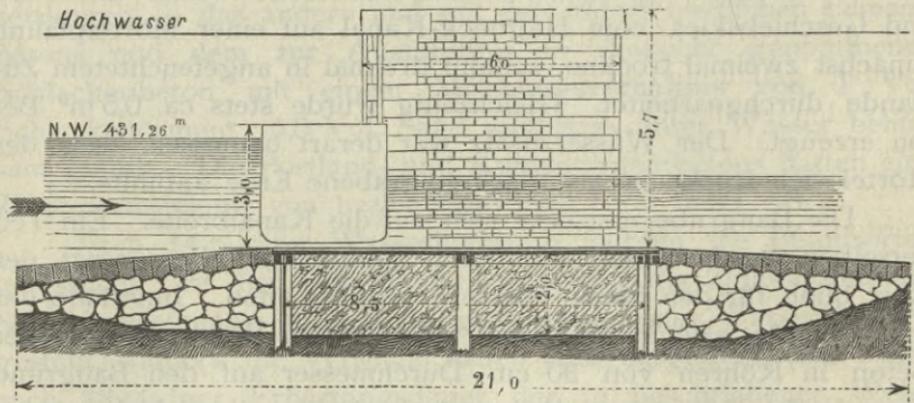


Fig. 7. Querschnitt für Mittelöffnung.



1 : 200

wurden mit Béton gefüllt gehalten und nur während des Aufgebens frischer Portionen fand bei gleichzeitiger Bewegung des Rohres das Austreten und Ausbreiten des Bétons auf der Baugrube statt. Da letzteres stets nur allmählich und Schuttkegelartig abgeböschet vor sich ging, fand auch ein Auslaugen des

Cementes in kaum merklicher Weise statt. Das Wasser zwischen den Spundpfählen blieb klar und auch an der flussabwärts situirten Spundwand war nur eine schwache milchige Trübung des Wassers sichtbar.

Das Fundament der Schleuse hat eine Breite von	8,5 m
und eine Länge von	87,4 m
Die Fundamentdicke beträgt	2,0 m
Die erforderliche Bétonmenge ist somit rund . .	1500,0 m ³

Die Bétonage erfolgte schichtenweise; die einzelnen Schichten sind beziehungsweise

0,8, 0,7 und 0,5 m stark.

Die oberste, 0,5 m starke Schicht wurde im Herbste 1886 abgeglichen und zur Befestigung des Sohlenbelags der Schleuse hergerichtet. Letzterer ist unter Anwendung komprimierter Luft unter einer Art Taucherglocke stückweise hergestellt worden.

Über den Zustand des Bétons nach 1/2-jähriger Erhärtung verdanken wir Herrn Bauunternehmer *Ritter-Egger* folgende Notiz:

»Bezüglich Schleusenwerk »Nidau« resp. dessen Bétonfundierung in Schlackencement berichte Ihnen, dass die Oberfläche sozusagen keine Schlammabsonderung, Cementauswaschungen etc. zeigte, ausser an zwei Orten, wo die Spundwand Öffnungen von über ca. 10 cm hatte. Auch ist solche bezügliche Höhe ziemlich genau und glatt; weniger unter den Pfeilern, wo eben die vielen Pfahlköpfe bei der Ausführung hinderlich waren. Wir gleichen diese Unebenheiten jeweilen im Caisson aus; einige etwas hohe Stellen konnten nur mit *Spitzeisen* weggebracht werden, wie bei der Steinhauerei. Mit dem Pickel wurde nur bei ganz scharfer, stählerner Spitze etwas ausgerichtet.«

δ. Ausführungen in Zürich und Umgebung.

23. *Fundamente eines Wohngebäudes des Herrn Hiltpolt in Oberstrass*, ausgeführt Ende März 1886.

Material: Komprimierter Schlackencementbéton; Mischverhältnis: 1 Vol. Cement : 1,5 Vol. Sand : 6,5 Vol. Flusskies. Stärke der Fundamente: 0,6 m; die verbrauchte Bétonmenge beträgt ca. 46,0 m³. Als Ersatz für die in Aussicht genomme Steinpackung mit Wolfsplatten zur Konsolidierung der stellenweise mit Grundwasser bedeckten Fundamente wurde mit Vor-

teil der genannte Schlackencementbéton angewandt. Das ziemlich sauber gewaschene Füllmaterial wurde auf einer Mörtelpfanne ohne separierte Mörtelbereitung direkt mit dem Cement gemischt, stark nass angemacht und in die Baugrube geworfen. Absichtlich ist das Grundwasser nicht entfernt worden. Zur Bétonage ins Wasser wurde der Béton weniger stark genetzt und mit einiger Vorsicht in die Baugrube eingeführt.

Nach 24 Stunden war der Cementkonkret abgebunden und hinreichend fest, um darauf das, über Trottoir noch vier Stockwerk hohe, aufgehende Gemäuer des genannten Wohngebäudes aufzusetzen.

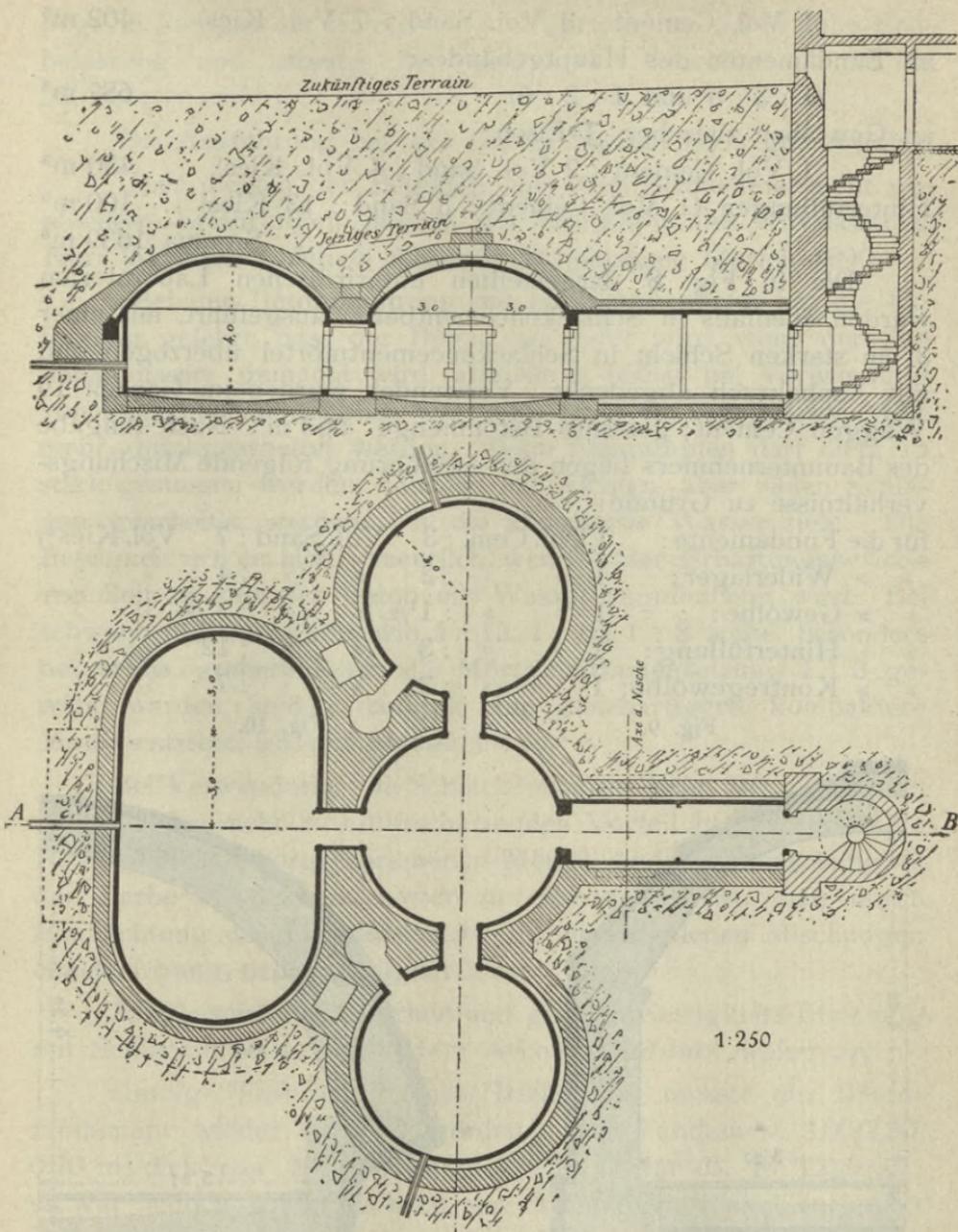
Am 28. April 1886, nachdem das Gebäude bis auf den inneren Ausbau erstellt war, liess der Verfasser in Gegenwart des Bauleiters das Fundament öffnen. Zu diesem Zwecke wurde in einer Kellerecke ein kleiner Schacht auf Fundamenttiefe abgeteuft und der Zustand des Bétons über dem Grundwasser untersucht. Es konnte festgestellt werden, dass der Béton in tadellosem Zustande sich befand und einen sehr ansehnlichen Grad der Versteinerung erreicht hat.

Im Hause des Herrn *Hiltpolt* sind sämtliche Kellerräume mit Cementboden versehen worden. Die ca. 8 bis 10 cm starke Unterbettung ist in Schlackencementkonkret 1 : 10, der ca. 3 cm starke Überzug der Hauptsache nach in Mörtel 1 : 3 hergestellt worden. Das Bindemittel des Überzuges besteht aus einem Gemenge von 0,5 Schlackencement und 0,5 Portlandcement.

25. *Chemiebau des Schweiz. Polytechnikums, Zürich.*

Versuchsweise wurde die Umfassung des Behälters für Kondensationswasser der Sulzer-Heizung, sowie die Bettung der Teer-Abzugsrinnen in den Fussböden der grossen Arbeitssäle des Chemiebaues in Schlackencementmörtel hergestellt. Die Bettung ist ziemlich gut ausgeführt und während der ersten Periode der Erhärtung sorgfältig genetzt worden. Die Konstruktion hatte sich überraschend lange rissfrei erhalten; beim Eintritte der trockenen Sommerhitze haben sich indessen auch eine grössere Anzahl von Schwindrissen in der Querrichtung der fraglichen Bettung eingestellt. Die an der Ebene des Asphaltbodens liegenden, zur Aufnahme der Abzugsrinnen-Deckel mit Nut versehenen Einfassungen der Cementschalen zeigen jetzt vielfach Beschädigungen, wie: Schwindrisse, Kantenbrüche u. d. m.

Fig. 8.



25. Physikgebäude des schweiz. Polytechnikums, Zürich.

Beim Bau des Physikgebäudes des Schweiz. Polytechnikums hat der Schlackencement eine umfassende Anwendung gefunden. Es wurden in Schlackencement ausgeführt:

an Fundamenten von Stützmauern:

(1 Vol. Cement : 3 Vol. Sand : 7 Vol. Kies) . 402 m³

an Fundamenten des Hauptgebäudes:

(1 : 3 : 5 und 1 : 2 : 6) 687 m³

an Gewölben zwischen I-Eisen:

(1 Vol. Cement : 2 Vol. Sand : 4 Vol. Kies) . 450 m³

Hinterfüllungen (1 Vol. Cement : 3 Sand : 13 Kies) . 100 m³

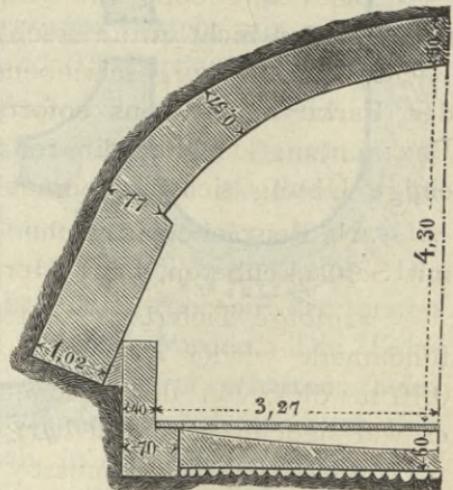
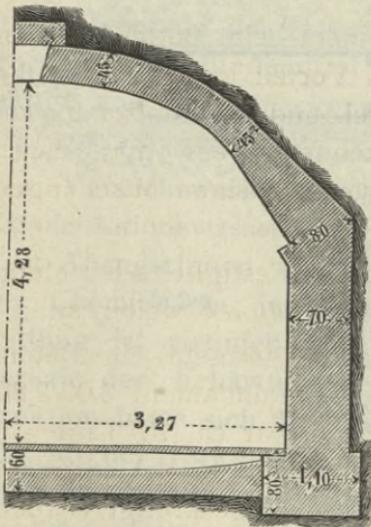
Summa 1639 m³

Die in Fig. 8 dargestellten unterirdischen Laboratorien wurden ebenfalls in Schlackencementbéton ausgeführt, mit einer 3 cm starken Schicht in Schlackencementmörtel überzogen und mit Asphalttuch abgedeckt. Verwendet wurden im Ganzen 19 Waggon Cement; gesamte Bétonmenge: 563 m³. Nach Angabe des Bauunternehmers liegen der Ausführung folgende Mischungsverhältnisse zu Grunde:

für die Fundamente:	1 Vol. Cem. :	3	Vol. Sand :	7	Vol. Kies*)	
» » Widerlager:	1	»	: 2	»	»	»
» » Gewölbe:	1	»	: 1½	»	: 3½	»
» » Hinterfüllung:	1	»	: 3	»	: 12	»
» » Kontregewölbe:	1	»	: 3	»	: 7	»

Fig. 9.

Fig. 10.



Das Objekt, von welchem Fig 9 einen Schnitt durch eine der seitlichen kuppelförmigen Räume, Fig. 10 einen Schnitt durch

*) Rundes Geschiebskies.

den cylindrischen, mit Calotten begrenzten Raum vergegenwärtigt, liegt in kompaktem Glacialschutt, trägt eine ca. 5,0 m hohe Erdbelastung und arbeitet im Scheitel der Gewölbe mit 16 bis 20 kg pro cm².

Die Ausführung hat sich bis zur Stunde recht gut bewährt.

Über die bei der Bétonage mit dem Schlackencement gemachten Erfahrungen machte der Bauführer des Physikbaues, Herr Architekt *Münch*, folgende Mitteilungen (Zürich 1890):

»Bei der Bétonbereitung mit Schlackencement hat die Erfahrung gelehrt, dass der Béton viel fester wird, wenn derselbe etwas nasser gemacht wird, als wie es bisher bei Verwendung von Portlandcement üblich war; auch muss die Bétonmasse etwas mehr durchgearbeitet werden. Beim Einstampfen darf nicht zu stark gestossen werden, sondern mit leichten, aber vielen Schlägen gearbeitet werden, bis die Oberfläche Wasser zieht. Die Festigkeit erhöht sich wesentlich, wenn in der Erhärtungsperiode von Zeit zu Zeit der Béton mit Wasser angefeuchtet wird. Bei schwachen Mischungen, wie 1 : 12, 1 : 10, 1 : 8 sollte, besonders bei etwas grobem Kies, die Mörtelzusammensetzung 1 : 3 gewählt werden, indem dadurch eine gleichartigere, kompaktere Masse entsteht, als mit Mörtel 1 : 2.

Bei Verwendung von Schlackencement beim Béton hat man überdies den nicht zu unterschätzenden Vorteil in der Hand, die Richtigkeit der vorgeschriebenen Mörtel- und Bétonmischung an der Farbe des Bétons sofort zu erkennen, wenn man durch Beobachtung der Farbdifferenzen bei verschiedenen Mischungen einige Übung sich angeeignet hat.«

Als Beispiel einer raschen und grossen Festigkeits-Erzielung mit Schlackenbéton, führt Herr Architekt *Münch* weiter an:

»Infolge Tieferlegen eines Heizkanales musste ein Bétonfundament wieder entfernt werden. Das Fundament 3,00/2,80, 0,70 m dick von der Mischung 1 : 3 : 5 war ca. 10 Tage alt; es war jedoch schon zu hart, um es mit dem Pickel entfernen zu können. Der Klotz musste erst mit Pulver gesprengt werden, wozu 7 Pfund erforderlich waren; 2 Mann hatten 2¹/₂ Tage mit der Entfernung dieses Fundamentbétons zu thun.«

26. *Fundamente und Umfassungswände* der Arbeiterhäuschen, System Schindler-Escher in Wipkingen bei Zürich.

Im Juli 1886 liess Herr *Schindler-Escher* zwei Arbeiterhäuschen nach seinem Systeme («Klein aber Mein») in Wipkingen bei Zürich versuchsweise erbauen. Fundamente, sowie das gesamte an Umfassungs- und Scheidewänden vorhandene Gemäuer wurden in Schlackencementbéton ausgeführt. Besagte Wände haben beziehungsweise 40, 30 und 15 cm Stärke, sind teils an den gewachsenen Boden angelehnt, teils erheben sie sich auf 1,5 beim andern Häuschen auf ca. 3 m Höhe frei über das Terrain.

Fundamente sind in ca. 1 : 9 bis 1 : 10, das aufgehende Gemäuer, soweit dasselbe an der Luft liegt, wurde in einem Mischungsverhältnis von ca. 1 : 8 bis 1 : 9 ausgeführt. Das an sich kostspieligere Sandmaterial, die Kosten, die sein sachgemässes Verarbeiten bedingt, thunlichst zu sparen, wurde in den angeführten Bétonmischungen der Sandgehalt zu $1\frac{3}{4}$ bis 2 Vol. Teile angenommen.

Die an beiden Arbeiterhäuschen verwendete Bétonmenge betrug: 75 bis 80 m³. Die Ausführung war eine recht befriedigende, obschon die Reinheit der Füllstoffe zu wünschen übrig liess. Die erste Zeit über wurde bei windstiller Luft und vorwiegend bedecktem Himmel gearbeitet; der Schlackenbéton erhielt auch hin und wieder mal etwas Regen.

Eine Ecke des unteren Häuschens wurde dagegen durch Sonnenstrahlen insofern beschädigt, als dort das vorzeitige Verdampfen des Wassers die normale Erhärtung störte und zu einer merklichen Schwindrissigkeit des Cementes Veranlassung gab. Das ca. Taubenei grosse Kiesmaterial sass an dieser Ecke auffallend locker im Mörtel, welcher überdies Haarrisse zeigte. Eine Rekonstruktion der schadhafte Ecke war indessen nicht nötig gewesen.

Am 1. Oktober gleichen Jahres hatte der Verfasser den Zustand des Schlackenbétons untersucht und gefunden, dass derselbe im grossen und ganzen nichts zu wünschen übrig lässt. Der Béton war löchrig und gleicht in dieser Hinsicht der jüngeren Nagelfluh (Konglomerat). Seine Festigkeit an der Oberfläche ist geringer als in der Mitte der Mauer, der dort die charakteristische, grüne Färbung des Bindemittels zeigte. Der grün gefärbte Mauerkerne liess sich relativ schlecht pickeln und um die Mauer zu durchbrechen, musste zum Spitz Eisen gegriffen werden.

27. *Deckeldohlen und Güterschuppen-Fundamente* der Bahnhof-Anlage zu Horgen (Schweiz. Nordostbahn), ausgeführt im Monat Mai-Juni 1888 (vergl. Fig. 11 und 12).

Material: Komprim. Schlackencementbéton; Mischungsverhältnis: 1 Vol. Cement : 9 bis 10 Vol. Füllmaterial. Als solches diente ein von Altendorf am Obersee bezogenes Gemenge aus Sand und Kies (ca. 2 : 3), welches mit Rücksicht auf seine Reinheit ungewaschen zu Bétonbereitung verwendet wurde. Die Menge des Anmachwassers war derart gewählt, dass der Béton in der Baugrube noch gehörig eingerammt werden konnte. Fig. 12 stellt den Querschnitt einer Deckeldohle — Fig. 11 den Fundamentquerschnitt eines inneren Bundständers — dar. Der Querschnitt der Fundamente der Schuppenumfassung ist Fig. 11 ähnlich.

Die Fundamente vorerwähnter Bauwerke liegen in aufgefülltem Boden; der Untergrund ist auch nicht vollständig sicher. Daher die Wahl der Pfahlfundation mit Bétonschüttung, welche ca. 0,8 m unter Terrain durchweg aus Schlackencementkonkret besteht.

Am 7. August 1886 hatte der Verfasser in Gegenwart des bauleitenden Ingenieurs die Prüfung der Beschaffen-

heit des Bétons an mehreren Orten vorgenommen und feststellen können, dass überall, wo der Béton unter einer vor vorzeitiger

Fig. 11.

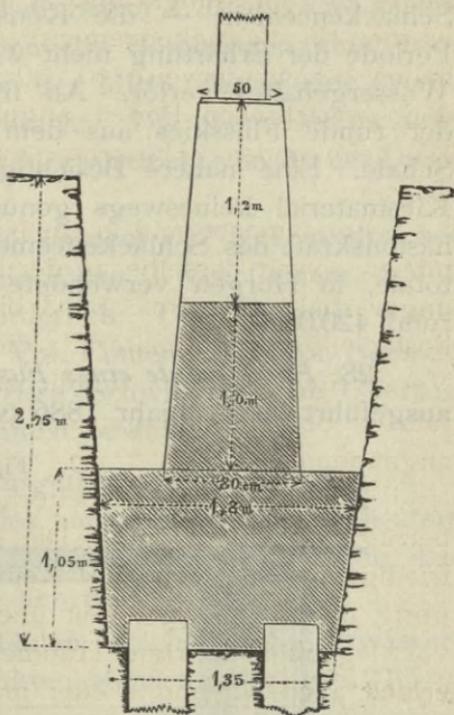
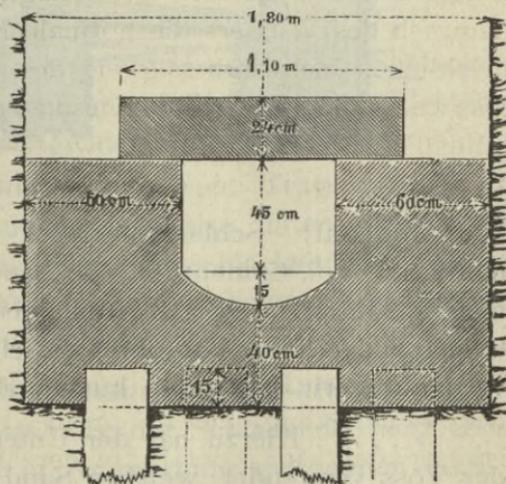


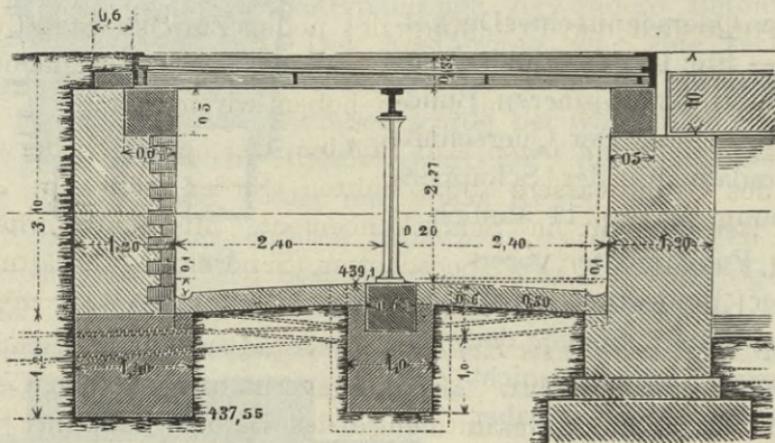
Fig. 12.



Austrocknung schützenden Erdschicht erhärten konnte, grüne Färbung, normale Härte und erhebliche Widerstandsfähigkeit gegen das Anpickeln zeigte. Weniger befriedigte die Festigkeit des Bétons dort, wo schützende Erdecken fehlten und der Schlackencement — die Konstruktionen waren in der ersten Periode der Erhärtung nicht weiter genetzt — einen Teil seines Wassergehaltes verlor. An frischen Anbruchflächen löste sich der runde Flusskies aus dem Mörtel, wie die Nuss aus der Schale. Eine nähere Besichtigung ergab, dass das Oberdorfer Kiesmaterial keineswegs genügend rein gewesen, um die Adhäsionskraft des Schlackencementes ordentlich auszunutzen. Das totale, in Horgen verwendete Schlackenbétonquantum beträgt rund 420,0 m³.

28. *Fundamente eines Fussgängerdurchlasses* in Winterthur; ausgeführt im Frühjahr 1886 (vergl. Fig. 13).

Fig. 13.



Material: Schlackencement - Rammbéton; Mischungsverhältnis: 1 Vol. Cement : 3 Vol. Sand : 6 Vol. Kies. Totale Bétonmasse. 245 m³. Fig. 13 stellt den Querschnitt des fraglichen Objectes dar. Dem Bauführer desselben, Herrn Ingenieur *Leganyi*, verdanken wir folgenden kurzen Bericht:

» Hierzu hat der Unternehmer ein Kiesmaterial aus der Töss verwendet, welches Sand und Kies angenähert in den vorgeschriebenen Verhältnissen besass und dazu noch sehr rein war. Dieser Béton ist vorzüglich geworden.«

29. *Rekonstruktion des Einlaufkanals der Papierfabrik an der Sihl*; ausgeführt 1890 durch das Baugeschäft Locher & Co., Zürich.

Das Kanalprofil ist in Schlackencementbéton ausgeführt. Es wurde das Erdreich auf 6,0 m Breite 1,70 m Tiefe angehoben, hierauf in Absätzen gegen die Böschungen eine erste Bétonlage von 0,60 m Stärke in der Mitte, darauf eine zweite Schicht von 0,30 m Stärke eingebracht. Die obere Bétonschicht wurde mit einer Schlackencement-Mörtelschicht von 3,0 cm Dicke überzogen.

Für die untere Lage (1 Vol. Cement : 12 Vol. sandreicher Seeschotter) waren 74,3 m³, für die obere (1 Vol. Cement : 6 Vol. Seeschotter) 37,0 m³ Béton erforderlich. Der Überzug wurde in einem Mischungsverhältnis 1 Vol. Cement : 2,5 Vol. Seesand ausgeführt. Bis auf einige Haarrisse (Schwindrisse) im Überzug hat die Ausführung sich vollkommen bewährt.

30. *Theaterbaute Zürich*; ausgeführt 1891—92.

Anlässlich der Erstellung des neuen Züricher Stadttheaters hat der Schlackencement von Choindez eine mannigfache Anwendung gefunden. Von diesen heben wir hervor:

a. *Die Fundamente*. Auf Pfählen, welche auf Niederwasserhöhe des Grundwassers abgeschnitten wurden, ruht eine 2,25 m hohe Bétonschicht in Schlackencement. Mischungsverhältnis: 1 Vol. Cement : 10 Vol. Seeschotter (Sandreich; Verhältnis von Sand : Kies = 1 : 4) Gesamtmenge des Bétons: 2050 m³.

b. *Die Wände im Kellergeschoss* sind zum Teil in Schlackencementbéton ausgeführt. Mischungsverhältnis: 1 Vol. Cement : 8 Vol. Seeschotter; Gesamtmenge des Bétons: 880,0 m³.

c. *Sämtliche Böden* zwischen eisernen Trägern incl. das Gewölbe über dem Proscenium. Teilweise unter Anwendung von Kleinkies, teilweise mit Steinkohlenschlacken als Füllstoff ausgeführt. Mischungsverhältnis nach örtlichen Verhältnissen verschieden. Summa 7040 m² H.-P.

31. *Schweizerisches Landesmuseum*. (1893—1894).

Im Schweiz. Landesmuseum ist der Schlackencement ebenfalls in umfassendster Weise in Anwendung gekommen u. z.

a. An Fundamenten:

1 Vol. Cement : 2 Vol. Sand : 6 Vol. grobes Kies = 1720 m³.

b. An Kellergeschossmauern:

1 Vol. Cement : 2 Vol. Sand : 5 Vol. grobes Kies = 2900 m³.

c. An Gewölben (Gurten):

1 Vol. Cement : 2 Vol. Sand : 4 Vol. grobes Kies = 1900 m³.

An Gewölben zwischen Trägern:

1 Vol. Cement : 3 Vol. Sand : 8 Vol. kleines Kies = 1900 m³.

Über die an Gewölben zwischen **I**-Trägern beziehungsweise zwischen Mauerwände gespannten Kappengewölben ausgeführten Belastungsproben, vergl. die speziellen Mitteilungen in No. 14 des vorliegenden Heftes.

Im Frühjahr 1896 traten an den verputzten Leibungsflächen der Schlackencementgewölbe des schweiz. Landesmuseums sowie an jenen der mit der Museumsbaute zusammenhängenden Kunstgewerbeschule, Rissbildungen auf, die die Bauleitung veranlassten, einzelne dieser Gewölbe neuerdings Belastungsproben zu unterwerfen, zu welchen der Berichterstatter zugezogen wurde. Vom Bauvorstand der Stadt Zürich wurde derselbe überdies aufgefordert den Zustand der in Schlackencementbéton ausgeführten Böden- und Deckengewölbe der vorerwähnten Bauwerke zu untersuchen und Bericht zu erstatten. Einige Bruchstücke dieses Berichtes lassen wir hier folgen, weil dieselben vielleicht einiges Beachtenswerte enthalten.

„ . . . Bevor ich indessen auf meinen eigentlichen Gegenstand eintrete, bitte ich die Bemerkung zu erlauben, dass ich mit der gegenwärtig herrschenden Sucht, alles in Cement erstellen zu wollen, nicht ganz einverstanden bin; ich bin es insbesondere bei solchen Objekten und Bauausführungen nicht, die einer ausschliesslichen Lufterhärtung unterworfen sind und wo durch die Lage und Natur der Ausführung des Objektes die Erfüllung jener Bedingung ausgeschlossen bleibt, die die wirksame Versteinerung jedes Konkrets in Cement fordert, nämlich die Feuchthaltung in den ersten Phasen der Erhärtung. Man beginnt durch manche gute Erfahrung aufgemuntert zu übersehen, dass die Cemente hydraulische Bindemittel sind, die namentlich in den ersten Phasen der Erhärtung schon deshalb eine dauernde Feuchthaltung fordern, weil sie beim Anmachen und in den ersten Tagen ihrer Verfestigung, nur einen relativ geringen Prozentsatz derjenigen Wassermenge aufnehmen, welche zur Bildung der Kalkhydro-Silicate, denen fast allein die Nacherhärtung zukommt, erforderlich ist. Wird dem Bindemittel das zur Bildung der Hydrate nötige Wasser in der ersten Erhärtungsphase entzogen oder hindern die Umstände und örtlichen Verhältnisse die Zufuhr der erforderlichen Wassermengen, so wird der schliesslichen Kraftentfaltung Abbruch gethan und man darf sich nachträglich nicht wundern, dass die erwartete, rechnerungsmässig erhoffte Festigkeit der Konstruktion

nicht erreicht wird. Beim Schlackencemente liegen die Verhältnisse im Vergleiche zum Portland- und Romancemente, in sofern ungünstiger als bei diesem Bindemittel die die Hydrosilicate bildenden Komponenten, nämlich der Kalk und das Silicat räumlich relativ weit getrennt sind und das Wasser bei diesem Bindemittel überdies noch die Rolle des Transportvermittlers der Cementbestandteile besorgt. Fehlt hier das Wasser in der ersten Phase der Erhärtung, kann die Konstruktion vor Abtrocknung nicht bewahrt werden, mit andern Worten, kann die Konstruktion in der Zeit nach ihrer Ausführung nicht dauernd nass gehalten werden, so wird eben die Kalkhydrosilicatbildung nur unvollkommen vor sich gehen und der Mörtel erdig-körnig, sandig, leicht zerreiblich bleiben.“

„Alle Erfahrungen mit Schlackencement stimmen darin überein, dass zu deren vollen Kraftentfaltung eine wirksame Nasshaltung der Konstruktion in der ersten Zeit unentbehrlich ist. Diese Nasshaltung ist jedoch mit einem Anspritzen oder Begiessen, sobald der Béton abgetrocknet ist nicht erreicht; im Gegenteil, alternierendes Netzen und Trocknen des Cementes ergibt ein Spiel von Ausdehnung und Kontraktion der Masse, welches leicht zur Quelle der Schwindrissigkeit des Bindemittels werden kann. Es stimmen ferner alle Erfahrungen mit Schlackencement auch darin überein, dass das Mass seiner Schwindung und damit das Auftreten von Schwindrissigkeit grösser sei, als bei Roman- und Portlandcementen. Diese Eigenschaft des Schlackencementes sowie seine wesentlich grössere Empfindlichkeit bei Wassermangel in der ersten Phase der Erhärtung stellen die Verwendbarkeit des Schlackencementes hinter jene des Portland- und des guten Romancementes, obschon beide als hydraulische Bindemittel in erster Linie zur Ausführung solcher Bauwerke gehören, die die Feuchthaltung überhaupt, oder doch wenigstens in den ersten Phasen der Erhärtung ermöglichen. Dass auch der Schlackencement unter solchen Umständen Hervorragendes leistet, beweisen zahlreiche Ausführungen. Fatal für den Schlackencement wäre es, wenn etwa nachgewiesen werden sollte, dass derselbe das einmal chemisch gebundene Wasser im Laufe der Zeit bei gewöhnlichen Lufttemperaturen wieder abgeben könnte. In dieser Hinsicht fehlen noch direkte Beobachtungen; das vorhandene Versuchsmaterial bezüglich des Verhaltens des Schlackencementes bei ausschliesslicher Luftlagerung reicht bis auf 2 Jahre und zeigt widersprechendes Verhalten, und wo eine Abminderung der Kohäsion konstatiert wurde, bleibt überhaupt unentschieden, ob dieselbe vom nachträglichen Wasserverlust oder von der Schwindrissigkeit herrührt. Nach der bisherigen Erfahrung giebt das Hydrosilicat sein Wasser erst bei Rotglut ab, so dass der Rückgang der Festigkeit gegenwärtig als Folge der Schwindrissigkeit des Bindemittels angesehen wird. Für alle Fälle hat der Schlackencement mit jenen Erscheinungen nichts gemein, die bei dolomitischen (magnesiareichen Portlandcementen) oder bei solchen magnesiafreien Portlandcementen beobachtet wurden, die sorglos aufbereitet, mangelhaft gebrannt oder aus mangelhaft sortierten Klinkern fabriziert wurden und die an der Luft unter Wasser- und Kohlen-säureaufnahme, zu Folge Molekularspannungen, von Aussen nach Innen allmählig fortschreitend zu Pulver zerfallen können.“

Sodann heisst es weiter:

„Bezüglich der Gewölbe des schweiz. Landesmuseums, welche ich Dank dem Entgegenkommen des Herrn *F. Locher* vor einigen Tagen zu untersuchen Gelegenheit fand, habe ich 3 Beobachtungen gemacht nämlich:

„*Querrissigkeit, Längsrissigkeit* und stellenweise *mürbe, lockere Kohäsionsbeschaffenheit*. Die beiden ersten sind Folge der Schwindung des Mörtels; die *Querrissigkeit* kommt der Hauptsache nach an den Bahnanschlüssen vor, wo auch der Mörtel an Kohäsion meist zu wünschen übrig lässt und zwar dies namentlich dann, wenn der ältere Béton während eines Arbeitsstillstandes, z. B. von Samstag auf den Montag abtrocknen konnte und die Feuchtigkeit des anstossenden, frisch eingebrachten Bétons mehr oder weniger abgesogen wurde. Dass wir es hier thatsächlich mit Schwindungserscheinungen zu thun haben, geht aus dem Umstande hervor, dass klaffende Querrisse nur in geheizten Lokalitäten beobachtet wurden und der Béton hier von den eisernen Trägern deutlich abgelöst erscheint, wie dies nachträglich z. B. auch an den Decken der Kunstgewerbeschule thatsächlich konstatiert wurde. *Längsrisse* folgen in der Regel der Scheitellinie der Gewölbe, treten unregelmässig auf und umfassen in der Regel einzelne Teile der Bahnen. Es ist nicht konstatiert, dass all' diese Risse den Béton durchsetzen; einzelne können sehr wohl im Putz liegen, andere nicht. Für den Unterfertigten haben die Quer- und Längsrisse nichts überraschendes; es wäre im Grunde genommen auffallend, wenn solche Risse im luftlagernden Schlackencementbéton nicht vorgekommen wären. Für die Tragfähigkeit der Böden halte ich diese Risse von untergeordneter Bedeutung, und erinnere in dieser Hinsicht an die Versuche vom Jahre 1894, anlässlich welcher eine zwischen T-Eisen gespannte Kappe ähnlicher Konstruktion und Erstellungsart, wie die Deckengewölbe der Museumsbaute, nachdem dieselbe selbst durch eine Belastung von 6,0 t pro m² nicht gebrochen werden konnte, ausgeschalt längs einem Scheitelriss selbstthätig in 2 fast symmetrische Hälften zerfiel. Dieser Riss hat nicht gehindert, dass die Kappe zwischen den T-Trägern tadelloses Verhalten zeigte. Wir haben es bei diesen Kappen mit der Gewölbe- und nicht mit einer Balkenwirkung zu thun; eine Scheitelfuge aber wird auf die Stabilitätsverhältnisse des Gewölbes keinen nachteiligen Einfluss ausüben können. Immerhin geht meine Ansicht dahin, es möchten an verschiedenen Stellen, die Quer- und Längsrisse zeigen, Belastungsproben ausgeführt werden, welche die Kohäsionsverhältnisse des Bétons, bezw. das Tragvermögen der Konstruktion auszuweisen hätten.“

„An verschiedenen zugänglichen Stellen wurde der Béton mittelst Hammer, an einzelnen mittelst Spitzseisen und Hammer untersucht und ist selbst in ein und demselben Lokale verschiedenwertig angetroffen worden. So z. B. in dem, an den grossen Mittelbau angrenzenden Lokale, in welchem angeblich die eiserne Säule nachträglich eingezogen wurde. Hier war der Boden an 2 Stellen durchbrochen; während der Béton an der, der Mittelbauscheidewand benachbarten Stelle mürbe, locker, zerreiblich war, erschien die Kohäsion an der anderen, dem Eingange benachbarten Stelle völlig normal. Im Mittelbau war ein Stück der oberen Leibung der Bodengewölbe frei

gelegt; der Béton erschien von normaler Beschaffenheit. Gleiches wurde an der Stelle konstatiert, die der ersten Probelastung unterworfen wurde; ähnlich an mehreren anderen Stellen.

„Im Ganzen und Grossen scheint der Béton zu Befürchtungen keinen Anlass zu geben; auch muss bemerkt werden, dass nach den Erfahrungen, die anlässlich den Belastungsproben vom Jahre 1894 gesammelt wurden, die Baufähigkeit der Bétongewölbe sich durch *Ablösungen* einzelner Bétonbrocken kenntlich macht und man gegebenen Falls immer noch zeitgerecht Vorsorge für Inventar und Menschenleben treffen kann. Ich bemerke indessen, dass eine Ursache zu Bedenken dieser Art derzeit nicht besteht.“

Die von der Bauleitung der Landesmuseumsbaute an mehreren Gewölben mit und ohne Rissbildungen ausgeführten Belastungsproben haben den vorstehenden Schlusssatz unseres Berichtes vollkommen bewahrheitet. Die Tragfähigkeit der Schlackencementgewölbe entsprach völlig derjenigen, welche zur Zeit der Entscheidung über die Zulassung dieser Bauweise ausgeführt wurden; vergl. die Mitteilungen in Nr. 14 des vorliegenden Heftes.

Das Bauamt der Stadt Zürich hat in Schlackencement eine grössere Anzahl von kleinern und grössern Objekten in Ausführung gebracht, die sich bis zur Stunde gut bewährten. Zu diesen gehören auch die unter No. 32, 33, 34 u. 35 angeführten Ausführungen.

32. *Erweiterungsarbeiten des Züricher Niederdruckreservoirs.* Hier fand der Schlackencement versuchsweise eine zweifache Verwendung, nämlich als Maurer-Mörtel (1 : 4) und als Bindemittel im Béton (1 : 5 bis 1 : 6). Ersterer diente zur Herstellung einiger Scheidewände der Reservoirkammern in Backsteinmauerwerk; der Béton dagegen wurde zum Abgleichen einiger in Portlandcement erstellten Abschlussgewölbe und zu andern nebensächlichen Bétonarbeiten verwendet. Die Backsteine der Reservoirscheidewände wurden in wassersattem Zustande vermauert; der Mörtel war wurfgerecht. Trotzdem trat die Verfestigung des Mörtels nicht im erwarteten Masse ein. Die Zugfestigkeit dieses, in die Formen lose eingefüllten, also nicht eingestampften Mörtels betrug nach 28 Tagen bloss 8 bis 9 kg pro cm²; seine Adhäsion am Backstein war bedeutend. Bei einem probeweise erbauten Blocke, sowie anlässlich des Abbruches eines 5 Tage alten Stückes einer Reservoirscheidemauer, sind beim gewaltsamen Ablösen der einzelnen Backsteine gewöhnlich die letztern gebrochen.

Die Beschaffenheit des Schlackencementbétons wurde hier zufälligerweise untersucht (4. September 1896). Infolge Rekonstruktion einer elektrischen Leitung, welche zwischen Reservoir und Wärterhaus unterirdisch liegt, wurde ein Schacht abgeteuft und dabei ein Schlackenbétón angefahren, welcher durchbrochen werden musste. Die Erhärtung dieses 1½ bis 2 Monate alten Schlackencementkonkrets war soweit vorgeschritten, dass mit dem Pickel nichts auszurichten war und man sich genötigt sah, zum Spitz Eisen und zur Brechstange zu greifen. Die an den Tag geförderten Bruchstücke zeigten kompaktes Gefüge und die grüne Farbe des in feuchter Atmosphäre erhärtenden Schlackencementes. An der Luft verloren die Bruchstücke die charakteristische Färbung und einen Teil ihrer ursprünglichen Kraft.

33. *Korrektion des Linmatquais in Zürich (1890)*. Anlässlich dieser Arbeit wurden in Schlackencementbétón erstellt:

Ein *Überfallwehr*; neue *Ufer- und Kanalmauern*; die Böden im *Freikanal* und in der *Schiffahrtsschleuse*; vergl. Fig. 14 und 15.

Fig. 14.

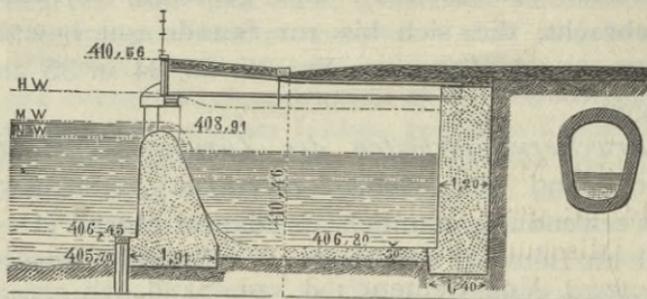
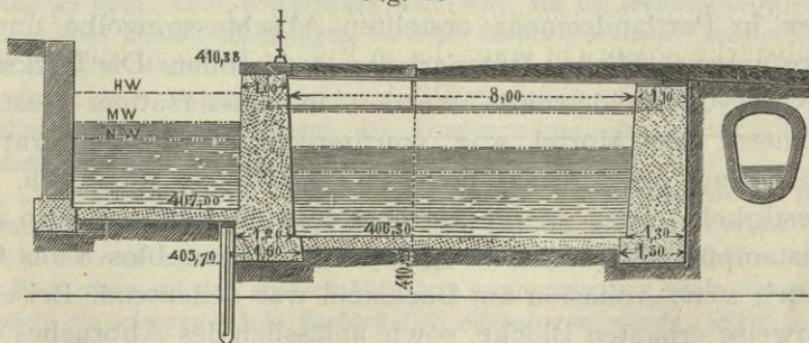


Fig. 15.



Gesamte Bétónmenge 1120 m³; Mischungsverhältnis: 1 Vol. Cement : 3 Vol. Sand : 6 Vol. Kies, welche Mischung pro m³ Bétón einem Cementsaufwande von 135 kg entspricht.

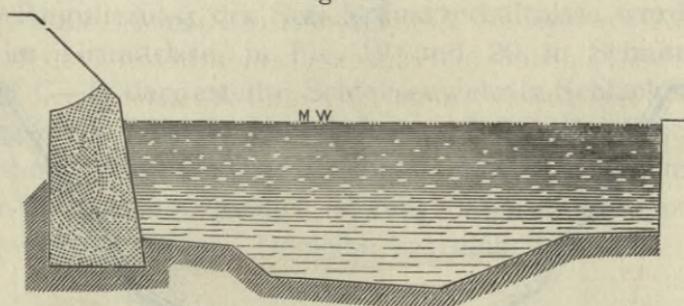
An der Verwendungsstelle erzeugte Bétonwürfel (1 : 3 : 6) ergaben nach 8-tägiger Luftlagerung 72,0 kg Druckfestigkeit.

Das Bauwerk ist vollkommen gelungen; der Béton erreichte ansehnliche Härte und Festigkeit. Anlässlich der nachträglichen Erstellung eines Rechs hatte man Mühe gehabt mit dem Spitz-eisen die zur Befestigung der eisernen Rahmstücke des Rechs erforderlichen Löcher in den Wehrkörper zu brechen.

Eine im Monate März 1894 durchgeführte Untersuchung des Zustandes des Wehrkörpers ergab für dessen zugänglich gewesenen Teile einen tadellosen Bestand.

34. *Neue Ufermauer am Sihlkanal*, vergl. Fig. 16, ausgeführt im Jahre 1890.

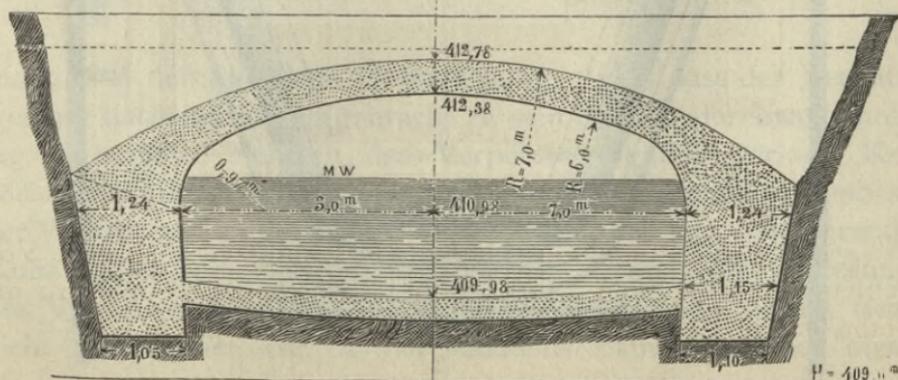
Fig. 16.



Länge der Mauer 101,6 m; Mauerhöhe 2,25 m; mittlere Stärke ca. 1,0 m; gesamte Bétonmenge 193 m³; 200 m² verputzte Stirnfläche. Mischung des Bétons: 1 Vol. Cement : 9 Vol. Füllstoff; Verputz: 1 Vol. Cement : 3 Vol. Sand.

35. *Brücken über den Sihlkanal* vergl. Fig. 17, ausgeführt im Jahre 1890; dito *Überwölbung des Sihlkanals*. (37 m lang; Profil und Gewölbstärke entspricht jener der in Fig. 17 dargestellten Brücke).

Fig. 17.



Es erforderten an Béton:

	Brücke I	Brücke II	Sihlüberwölbung
für Sohle u. Widerlager (1 : 9)	40,0 m ³	43,0 m ³	181 m ³
für das Gewölbe (1 : 7) . . .	37,0 m ³	44,3 m ³	164 m ³
Der Verputz (1 : 3) umfasst .	180,0 m ²	83,0 m ²	520 m ²

36. *Die neue Gasometerumfassung (1891)*; das bedeutende Objekt ist bloß teilweise in Schlackencementbéton erstellt. Eine Lieferung treibenden Cementes veranlasste die Bauleitung zum Wechsel des Bindemittels. Der in Schlackencement erstellte Teil zeigt durchaus normales Verhalten, u. s. w.

37. *Wehrbaute am oberen Limmat-Mühlesteig in Zürich*, ausgeführt im Auftrage des kantonalen Ingenieuramtes, 1891.

Fig. 18.

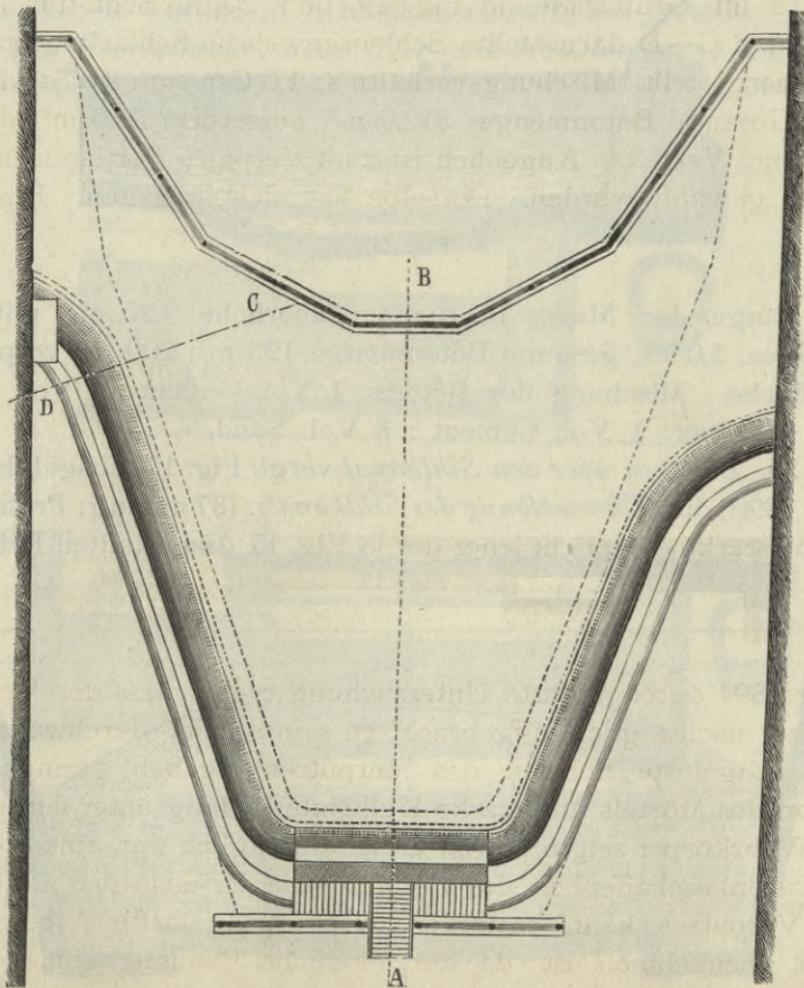
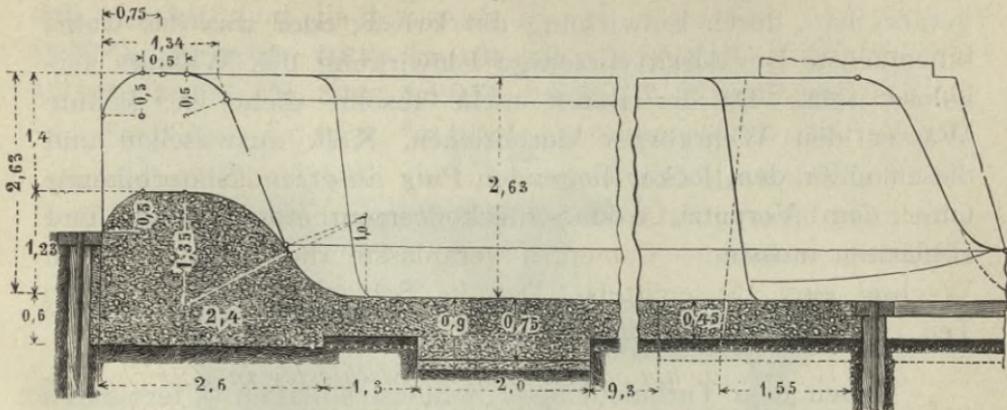
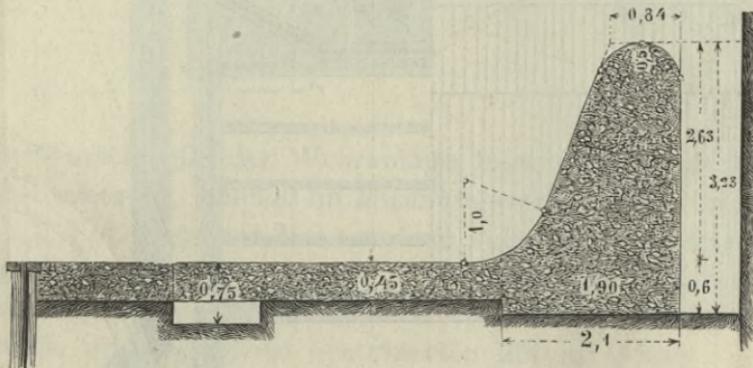


Fig. 19.



Zur Regulierung der See-Abflussverhältnisse wurde das in Fig. 18 im Grundrisse, in Fig. 19 und 20 in Schnitten nach A—B und C—D dargestellte Schleusenwehr in Schlackencementbétón hergestellt. Mischungsverhältnis: 1,0 Cement : 2,0 Sand : 5,0 Kies. Gesamte Bétónmenge: 312,0 m³, ausserdem 22,0 m³ Mörtel 1 : 3, zum Verputz. Angeblich ist zum Verputze Portlandcementmörtel gewählt worden. Derselbe hat nicht gehalten. Eine im

Fig. 20.



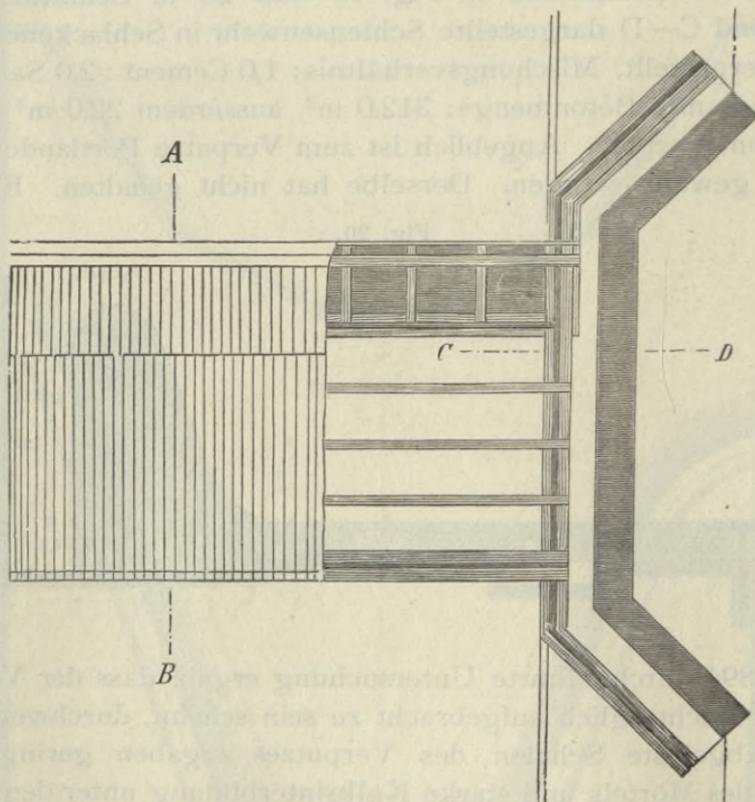
März 1894 durchgeführte Untersuchung ergab, dass der Verputz, welcher nachträglich aufgebracht zu sein scheint, durchwegs hohl lag. Abgelöste Schalen des Verputzes ergaben geringe Kohäsion des Mörtels und starke Kalksinterbildung unter denselben; der Wehrkörper zeigte, soweit dieser zugänglich war, eine normale Kohäsionbeschaffenheit des Bétóns. Die Ursache der Ablösung des Verputzes kann entweder durch mangelhafte Arbeit (was nicht anzunehmen ist, da der nämliche Bauunternehmer diese

Baute sowie die unter No. 33 angeführten Arbeiten ausgeführt hat), durch Einwirkung der Fröste, oder was das wahrscheinlichste ist, durch vorzeitige Einwirkung des Wassers veranlasst sein. Da der Béton nicht absolut dicht ist, konnte Wasser den Wehrkörper durchziehen, Kalk auswaschen und diesen unter dem locker liegenden Putz absetzen (Sinterbildung unter dem Verputz), wodurch der Verputz rissig wurde und abblättern musste.

38. *Stauanlage und Uferschutzbauten der Seidenweberei des Hrn. Kölliker in Bremgarten (1887).*

Neben dem Turbinenhouse, Schleusenanlagen, Ufermauern am Auslaufkanal, diversen Böden etc. wurde auch die Stauanlage

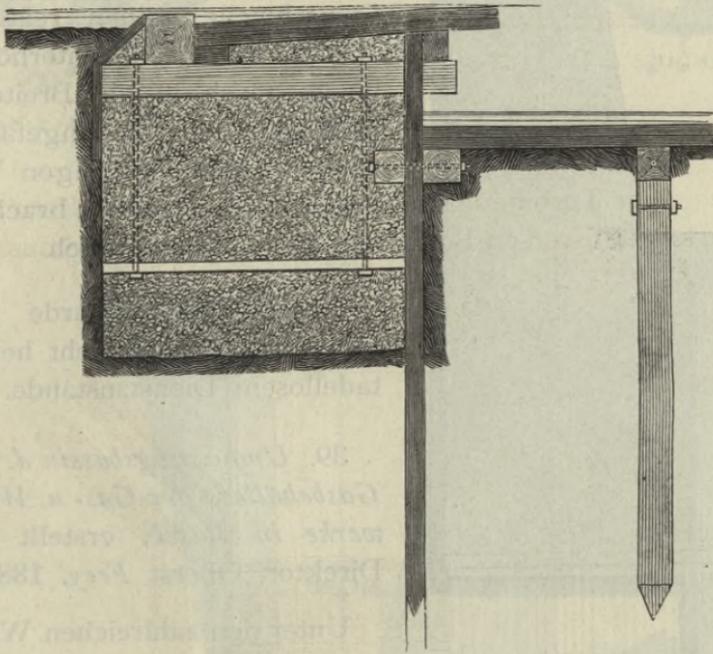
Fig. 21.



in der Reuss, sowie die Ufermauern in Schlackencementbéton durch das Baugeschäft der Herren *Locher & Cie.* in Zürich ausgeführt. Fig. 21 giebt im Massstabe 1 : 200 den Grundriss eines

Teilstückes der Stauanlage mit Wehrkörper samt Stauschwellen, das Sturzbett und die Konstruktion der Wehrkante. Im Massstabe 1 : 50 geben wir in Fig. 22 einen Schnitt durch den Wehrkörper, in Fig. 23 einen solchen durch das Widerlager.

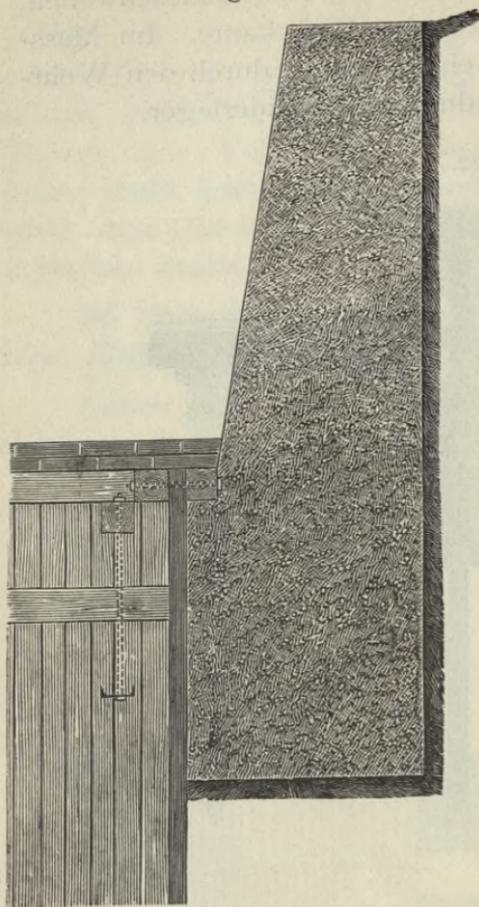
Fig. 22.



Die Stauschwelle der Wehranlage lagert auf einem 1,80 m breiten Bétonkörper, welcher im Mischungsverhältnisse von 1 Vol. Cement : 2 Vol. Sand : 4 Vol. grobem Kies (Flussgeschiebe) in variabler Höhe ausgeführt wurde. Die Höhe des Bétonkörpers schwankt mit der Bodenbeschaffenheit zwischen 1,7 m und 5,5 m. Stauschwelle und Wehrkopf absorbieren 260 m³ Béton.

Die Anlage wurde 1887 hergestellt. Kurz nach Erstellung der Anlage hatte ein ausserordentliches Hochwasser die Konstruktion in einer Weise beschädigt, welche ein beredtes Zeugnis für die Festigkeit und Zähigkeit des Schlackencementbétons abgibt. Die ursprünglich in Ausführung gebrachten Spundwände am Wehrkörper waren zu schwach und wohl auch ungenügend tief gerammt. Das Hochwasser hatte dieselben gelockert, unterspült und schliesslich fortgerissen. Der Bétonkörper des Wehres

Fig. 23.



wurde blossgelegt, allmählig derart unterhöhlt, dass sich der hoch angeschwollene Strom eine Durchflussöffnung unter dem Wehrkörper erbrochen hatte und nun teils unter, teils über der Stauschwelle seinen reissenden Abfluss fand. Die Unterhöhlung wuchs rasch in die Breite und Tiefe und erst als ungefähr ein Drittel des 48 m langen Wehrkörpers frei schwebte, brach auch der Bétonkörper durch.

Die Anlage wurde später rekonstruiert und steht heute in tadellosem Dienstzustande.

39. *Umfassungsbassin d. neuen Gasbehälters der Gas- u. Wasserwerke in Basel*, erstellt durch Direktor, Oberst *Frey*, 1888.

Unter den zahlreichen Wasserbehältern, Reservoirs von städtischen Wasserversorgungen. etc., die in Schlackencement ausgeführt wurden und die wir hier übergehen müssen, weil über dieselben nichts von Interesse zu berichten wäre, heben wir bloss das Umfassungsbassin des neuen Gasbehälters der Gas- und Wasserwerke hervor, welches aus mehrfachen Gründen verdient, beschrieben zu werden.

Lichte Weite des Bassins: 40,6 m; Innen-Umfang: 127,5 m; Höhe der Umfangswände incl. Fundamente: 10,5 m; Kronenstärke derselben: 1,50 m; Stärke am Fundament: 4,0 m. Das Bassin ist kreisförmig; die Umfassungswand hat Stützmauerprofil mit konstanten Abmessungen. Strebepfeiler liegen also nicht vor. Fig. 24 giebt einen Vertikalschnitt durch das Bassin; Fig. 25 das Détail der Umfassungswand mit dem Einsteigschacht.

Bétonmenge für Sohle und Kegel	. 1296 m ³
» » die Umfassung	. 4679 »
Summa	. 5975 m ³ .

Menge des Anmachwassers: Die Wassermenge war reichlich gewählt; die Bétonkonsistenz war halbflüssig und nicht mehr gut stampffähig.

Nach Fertigstellung des Bassins wurde dasselbe unter Einhaltung besonderer Vorsichtsmassregeln gegen vorzeitige Schwindrissigkeit, Einwirkung der Sonnenstrahlen etc. mit einem *Portlandcementmörtel* (ca. 1 : 2 bis 1 : 3 in Vol.) sorgfältig verputzt.

Über die beim Verarbeiten des Schlackencementes (von Choindez) gemachten Erfahrungen giebt der Nachfolger des Herrn Oberst *Frey*, Herr Direktor *Miescher* folgende Auskünfte:

Abbindeverhältnisse des Materials: 12—24 Std.; *Bildsamkeit des Grobmörtels*: gut; *Widerstandsfähigkeiten gegen Witterungseinflüsse*:

»Frost wurde gut ausgehalten; es kann bis jetzt (24. Dez. 1890) keinerlei Nachteil desselben für die Bétonkonstruktion beobachtet werden.« (Die Ausführung des Objektes fällt in den Zeitraum vom September bis Ende November 1888).

Bezüglich Schwindrissigkeit und Treibschäden:

»Treiben wurde nirgends beobachtet. Ob die Schwindrisse im Verputz (Portland) von Schwindrissen des Schlackenbétons herrühren oder ob der Portlandcementverputz für sich allein reisst, konnte nicht festgestellt werden.*) Der Verputz zeigt ein grobmaschiges Netz von Schwindrissen, durch welches *zeitweise viel Wasser* verloren geht!! Da der Verputz fast überall zu beiden Seiten der Schwindrisse fest am Béton haftet, so muss man annehmen, dass die Zusammenziehung in beiden gleichmässig und gleichzeitig stattgefunden hat.**)

*) Selbstredend hat die Schwindrissigkeit des Verputzes mit dem Schlackencementbéton nichts gemein.

**) Dies ist nicht der Fall und auch zur Erklärung der Schwindrissigkeit und Durchlässigkeit des Portlandcementverputzes unnötig. Es ist übrigens bekannt, dass ein Verputz reissen kann, ohne die Grundmasse nachteilig zu beeinflussen.

Beschaffenheit des Reservoirs nach einjähriger Dienstleistung:

»Die Durchlässigkeit ist im Sommer sehr gering; ca. 7 mm Niveausenkung pro Tag und nimmt beim Eintritt der Winterkälte zu. Im letzten Winter (1889) erreichte die Niveausenkung pro Tag 80—90 mm; im laufenden Jahre (1890) 50—60 mm. Im Winter 1891 stieg der Wasserverlust wegen anhaltender Kälte auf 160 mm. Diese Erscheinung ist Folge der Kontraktion und Ausdehnung des Bétons (soll wohl heissen des Verputzmörtels) bedingt durch den Wechsel der Wassertemperatur, denn der Béton ist an sich nicht dicht und daher unter allen Umständen wasserdurchlässig.«

»Die Festigkeit des Bétons scheint durchwegs nichts zu wünschen übrig zu lassen; die Oberflächenbeschaffenheit entzieht sich der Beobachtung. Jedenfalls ist dieselbe ebenso gut, wie ein guter Béton aus Portlandcement ihn zeigen würde.«

Besondere Erfahrungen:

»Der Schlackencement zeigt sich in der Verarbeitung fetter als der Portlandcement, scheint aber einen ebenbürtigen Béton zu ergeben. Für den Verputz konnte er nicht verwendet werden, da damit im November versehene Flächen im Frühjahr kein ausreichendes Haften zeigten. Die Mischung war 1 Vol. Cement: 2 Vol. Sand«. Der Beschreibung nach scheint der Verputz vom Frost zerstört worden zu sein.

Schluss: »Dem Wasserverlust in Winterszeiten zu steuern, wurde der Verputz ausgebessert, schliesslich mit einem Theeranstrich versehen. Die ganze Konstruktion lässt seither kaum etwas zu wünschen übrig.«

40. *Einwölbung der Steinach in St. Gallen. (1893—94).*

Unter der Leitung und nach Plänen des Herrn Baudirektor *Kilchmann* ist vor ca. 2½ Jahren in St. Gallen ein grösseres Bauwerk zu Ende geführt worden, welches aus sanitären und aus Gründen der Gewinnung örtlich besserer Kommunikationsverhältnisse im Frühjahr 1893 in Angriff genommen wurde und bei welchem der Schlackencementbéton eine umfassende Verwendung fand. Es handelte sich um die Einwölbung der Steinach, auf deren Rücken ein Strassenzug liegt. Das korb-bogenförmige Profil mit Sohlengewölbe hat bei einer lichten Weite von 5,10 m, eine lichte Höhe von 3,10 m. Die Scheitel-

stärke des Gewölbes misst 0,40 m; die Widerlagerstärke auf der Sohle 1,0 bis 1,1 m; das Durchflussprofil 11,84 m²; der Bétonquerschnitt des Gewölbes 6,25—7,10 m². Die Länge des in Schlackencementbéton ausgeführten Gewölbes ca. 600 m; Mischungsverhältnisse des Bétons:

Für die Widerlager: 1 Vol. Cement : 2—3 Vol. Sand : 6—5 Vol. Kies
 » » Gewölbe: 1 » » : 2—3 » » : 5—4 » »
 Bétonmenge der Widerlager mit Verstärkungen: ca. 2100 m³.
 » » Sohle und Gewölbe: » 1900 »
 » für Stützmauern etc.: » 400 »

Die Bétonbereitung geschah auf maschinellem Wege.

41. Wasserwerke der Stadt St. Gallen. (1893—94).

Das neue Wasserwerk der Stadt St. Gallen liegt im *Riet* am Bodensee, ca. 10 Minuten von Rorschach entfernt und besteht aus einem Maschinengebäude und einer gedeckten Filteranlage, die nach Plänen und unter Aufsicht des Herrn Baudirektor *Kilchmann* in mustergiltiger Weise ausgeführt wurden. Bei beiden Objekten fand der Schlackencement eine ausgedehnte Anwendung für Fundamente, das aufgehende Mauerwerk, Pfeiler, Gewölbe, Hahnenkammern, Böden und Decken.

Die Fundamente des Maschinenhauses (1 : 11), das aufgehende Mauerwerk (1 : 8 bis 1 : 9) incl. Böden absorbierte ca. 950 m³
 Die Filteranlage (1 : 7 bis 1 : 8; Fundamente 1 : 9) forderten ca. 1500 m³
 Gesamtmenge . ca. 2450 m³

42. Bau des städtischen Elektrizitätswerkes und der Tram-bahn (1895).

Für diese Bauten ist Schlackencementbéton für die Fundationen der Umfassungsmauern, für die Maschinenfundamente, Bétonböden, Schächte, Pfeiler etc. in folgenden Quantitäten verwendet worden:

Béton 1:12 50 m³ (für grössere Fundamente),
 » 1:9 300 » (Fundirung von Umfassungsmauern und Pfeilern)
 » 1:8 960 » (Maschinenfundamente und freistehende Bétonkörper, sowie Fussböden auf Steinbettungen und zwischen I Balken)

Zusammen 1310 m³.

Die Gesichtsflächen sind mit Portlandcementmörtel 1:2 bis 1:3 verputzt. Dabei hat sich gezeigt, dass magerer Verputz weniger und selten schwindrissig wird als fetter Verputz. Putz von der Mischung 1:1 bis 1:1½ oder mit purem Cement hat sich auf den Flächen des Schlackencementbéton nicht so gut gehalten wie 1:3 oder 1:2.

43. *Ausmauerung des Goldachstollens* (im Bau). Über diese Arbeit schreibt Herr Kilchmann:

»Diese Arbeit wird fast ausschliesslich in Schlackencementbéton ausgeführt. Mischungsverhältnis 1:3 bis 1:10. Gesamtbedarf ca. 2510 m³. Die Gewölbe des Profils werden bis gegen den Gewölbeschluss gegossen. Als Schlussstein werden dann 1 bis 3 ebenfalls aus Schlackencementbéton hergestellte Formsteine verwendet. — Das Profil vollständig zuzugiesen, geht in einem Stollen in der Grösse unserer Ausführung mit *breiförmigem* Béton nicht leicht. Mit Stampfbéton lässt es sich eher — aber auch nicht zuverlässig ausführen. Die Erstellung der Formsteine ist übrigens eine leichte Sache.«

Über die bisherigen Erfahrungen mit Schlackencementbéton berichtet Herr Baudirektor *Kilchmann* folgendes:

»Soweit meine Erfahrungen betr. Schlackencement in der allerdings etwas kurzen Beobachtungszeit von kaum 2 Jahren reichen, kann ich nur bestätigen, dass ich mit demselben sehr zufrieden bin. Die Qualität des Bétons steht demjenigen aus den besten Portlandcementen gefertigten, durchaus nicht nach. Für Wasserbauten eignet sich der Schlackencementbéton ganz vorzüglich. Nicht minder scheint mir dies nach meinen bisherigen Erfahrungen der Fall zu sein für Bétonmauerwerk, das trocken liegt, namentlich wenn man die Vorsicht des ständigen Feuchthaltens bis zur vollständigen Abbindung (Erhärtung) nicht ausser Acht lässt. — Putz aus Schlackencement darf nicht zu fett gemacht werden. 1:3 bis 1:5 giebt einen ganz guten Putz, während fettere Mischungen gern schwindrissig werden. Letzterem kann jedoch durch Zusatz von etwas Fettkalk leicht abgeholfen werden.«

»Eine Hauptsache bei Verwendung von Schlackencement ist natürlich — wie bei allen übrigen Bindemitteln — die, dass man mit äusserster Strenge auf möglichste Reinlichkeit und Verwendung nur reiner, gewaschener Beimischungsmaterialien,

sowie genügender Durcharbeitung hält. Auch darf nie unterlassen werden, die Bindemittel vor deren Verwendung einer Prüfung (auf Volumenbeständigkeit) zu unterwerfen. Es ist mir bei verschiedenen Cementen vorgekommen, dass dieselben die ersten Volumenbeständigkeitsproben nicht bestanden und dann auch grössere Probekörper in Béton sich wirklich schlecht gehalten haben, dass dann aber der nämliche Cement bei oft nur 3—4wöchentlicher Lagerung tadellose Proben und Béton ergeben hat. — So mag es hie und da vorkommen, dass das eine oder andere Bindemittel leichthin als schlecht qualifiziert wird, während demselben eigentlich nichts anderes fehlt, als etwelche Lagerung.«

Drei Jahre später schreibt Hr. Kilchmann (22. X. 1897):

»Bezüglich der gemachten Erfahrungen kann ich Ihnen meine früheren Mitteilungen nur bestätigen. Der in den Jahren 1893/94 für das Steinachgewölbe und die Filterbauten erstellte Béton ist sehr hart geworden, namentlich derjenige, auf den beständig Feuchtigkeit, sei es durch Berührung mit Wasser direkt, oder durch Erdüberdeckung, einwirkt. Auch die frei im Trocknen stehenden Bétonkörper (Pfeiler, Maschinenfundationen, Böden) haben sich nicht minder gut gehalten.«

»Ein Treiben habe ich nie beobachtet. Gegen Frost ist Widerstandsfähigkeit vollkommen da, sobald der Béton abgebunden und getrocknet hat. Mit etwas Salzzusatz kann auch bei mehreren Graden unter Null ohne Nachteile betoniert werden, wenn die Vorsicht eines raschen Überdeckens gehandhabt wird.«

»Zum Anmachen wurde immer reichlich Wasser verwendet. Die Einbringung in Form eines dickflüssigen Breies scheint das richtigste zu sein. Bei dieser Konsistenz ist allzu starkes Stampfen schädlich, weil sich dadurch zu viel sogenannte Milch auf die Oberfläche zieht und das Binden mit späteren Aufschichtungen erschwert. Sehr wichtig ist, den Béton nach dem Abbinden lange Zeit durch fleissiges Begiessen feucht zu halten und vor der direkten Einwirkung der Sonne zu schützen.«

e. Über einige Ausführungen in Schlackencement der Schlackencement-Fabrik A. Süss & Co. in Witkowitz (Mähren).

Die österreichische Schlackencement-Industrie ist naturgemäss wenig entwickelt. Im Allgemeinen sind die österr. Hochofenschlacken sauer, also unbrauchbar, und da wo basische fallen,

sind sie zu stark magnesiahaltig. Von den beiden uns bekannt gewordenen Fabriken heben wir diejenige der Herren *A. Süss & Co.* in Witkowitz hervor, weil uns verschiedene Ausführungen mit Produkten dieser Fabrik aus eigener Anschauung bekannt wurden. *Süss & Co.* fabrizieren Schlackencement, Schlackentrass, Schlackentrass- und Schlackencementwaren aller Art. Insbesondere Dachsteine, Röhren, Wandbekleidungsgegenstände, feine Marmor-, Porphyr-, Serpentin-Imitationen von seltener Schönheit. Die Industrie der Herren *A. Süss & Co.*, welche wir im Jahre 1889 kennen zu lernen Gelegenheit hatten, folgt der hochentwickelten, österreichischen Keramik auch auf dem Gebiete der monumentalen und dekorativen Kunst und liefert in der That Überraschendes. Wir sahen eine grössere Anzahl kunstvoll gearbeiteter Grabdenkmäler, das Centralmonument eines neuen Friedhofs, geschliffene und blank polierte Säulen, Obelisken, Pyramiden, Statuen, Gebrauchsgegenstände, Tischplatten, Waschtischplatten u. a. m. Die meisten dieser Objekte waren in tadellosem Zustande; weniger befriedigten die der rauhen, mit schwefliger Säure geschwängerten Atmosphäre ausgesetzten Gegenstände, welche naturgemäss ihre ursprüngliche Politur verloren und rauh, oft unansehnlich wurden.

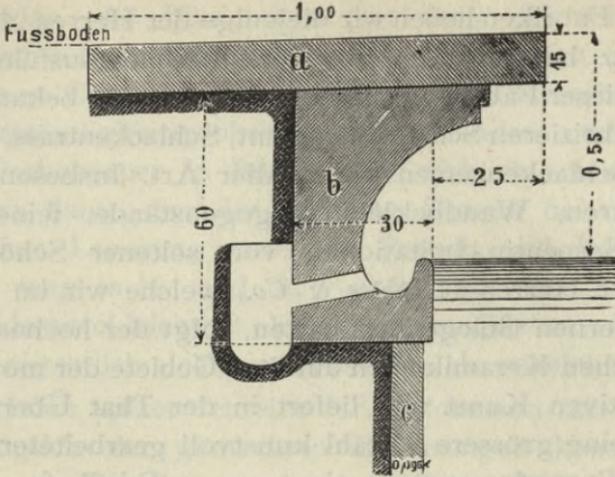
Von den in Augenschein genommenen Gegenständen sei gestattet, an dieser Stelle nur die folgenden, wenigen hervorzuheben:

Werkshôtel und *Kasino* in Witkowitz. Treppen, Baluster, Belagsplatten, die Säulen im Theatersaale, unzählige Tischplatten (bei ca. 3—3,5 cm Dicke bis 110 cm Breite und 4—5 m Länge in einem Stück, blank geschliffen, poliert), Waschtisch- und Nachttischplatten u. d. m. Die meisten Platten waren in Serpentin- und Porphyrimitation gearbeitet.

Zum innern Ausbau des St. Anna-Bades des Hrn. *F. Gros* in Lemberg hat nach Zeichnungen des Herrn Architekten *J. Schulz* die Fabrik der Herren *A. Süss & Co.* folgende Gegenstände geliefert (1888):

Einfassungen des Schwimm- und Wasserbassins in Serpentin- und Porphyr-Imitation; die Bekleidungsplatten der Bassins in Serpentin-Imitation; Saumplatten auf Bodenhöhe in weisser Marmor-Imitation; vergl. Fig. 26.

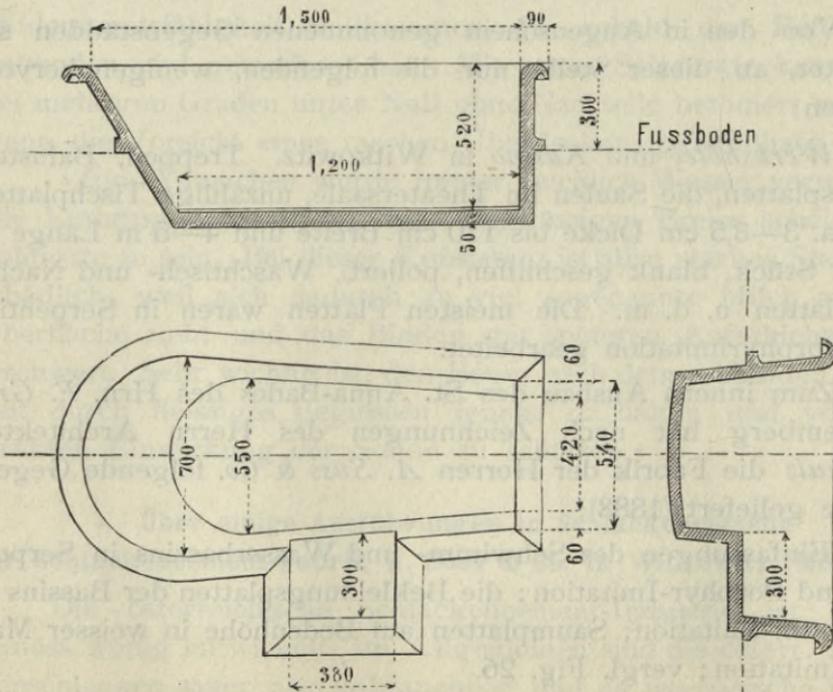
Fig. 26.



Ferner die Bodenbelagsplatten in der Wannenabteilung, in den Dampf- und Heissluft-Bädern, in den Douchen- und Frottierkammern u. s. w.

15 Stück Badewannen nach Fig. 27. Bei 2,5 cm Wandstärke und 5,0 cm Bodenstärke sind die Wannen mit einer Einsteigestufe ausgerüstet, fugenlos, geschliffen und blank poliert.

Fig. 27.



Es wurden in's Annabad geliefert:

- 9 Stück Wannen, Imitation weissen Marmors.
- 2 » » » roten Marmors.
- 2 » » » Serpentin.
- 2 » » » roten Porphyrs.

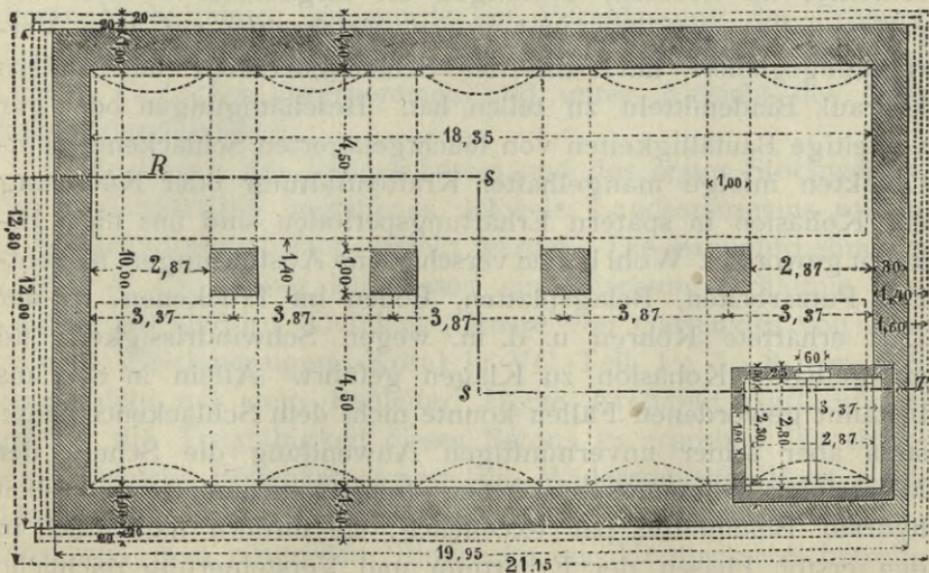
Herr Prof. *v. Thulie* in Lemberg hatte die Gefälligkeit, den Zustand dieser Ausführungen im Mai 1894, also nach 6-jähriger Dienstleistung, zu besichtigen und über den Befund folgende Mitteilungen zu machen:

» . . . Die im Jahre 1888 in Schlackencement von Witkowitz im hiesigen St. Annabade ausgeführten, grösseren Cementarbeiten haben sich sehr gut erhalten und bedurften bis jetzt keinerlei Reparatur, noch sind irgend welche Risse sichtbar. Von den 15 Badewannen ist nur eine beschädigt; es sind kleine Risse am Boden sichtbar und hat die Wanne den Glanz auf der Innenseite verloren und einen gelblichen Ton (vom eisenhaltigen Wasser herrührend) angenommen. Indessen wird diese Wanne, sowie auch alle übrigen anstandslos weiter benützt.«

Zu den bedeutenderen Arbeiten, zu welchen der Schlackencement von Witkowitz mit angeblich gutem Erfolge verwendet wurde, gehören:

Schachtausmauerungen in Béton in Bergwerken; die Fundamente einer Hochofenanlage in Witkowitz; die Fundamente

Fig. 28.



Wasserzufuhr. Ihre Anwendung wird daher stets eine mangelhafte bleiben und zu Klagen überall dort Veranlassung geben, wo die Bedingung der Feuchthaltung der Konstruktion gar nicht oder doch nur in ungenügender Masse erfüllt werden können. Schlackencemente sind daher im Allgemeinen bei allen Ausführungen mit ausschliesslicher Luftlagerung, bei Luftarbeiten, die eine wirksame Feuchthaltung der Konstruktion verhindern, sowie überall dort auszuschliessen, wo es insbesondere auf Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnutzung und Vermeidung von Schwindrissigkeit ankommt.

14. Resultate von Belastungsproben einiger Bétongewölbe.

Über die Wirkungsweise und verbunden damit über das Tragvermögen von Bétongewölben zwischen Mauerwänden oder eisernen Trägern herrschen mannigfache Anschauungen. Die grössere Mehrzahl der ausführenden Technikerschaft huldigt der Meinung, dass ein wesentlicher Unterschied zwischen der, den Gesetzen der Biegungslehre folgenden, frei gelagerten Monolithplatte und dem flachen oder scheinrechten, zwischen Mauerwerk oder eisernen Träger gespannten Bétonbogen nicht bestehe. Die nachstehend mitgeteilte Untersuchung bezweckt die Abklärung dieser Verhältnisse; sie wurde auf Veranlassung der Erbauer des schweiz. Landesmuseums, der Herren Architekt *Gull* und Oberst *F. Locher* unternommen und unter Aufsicht des Verfassers durchgeführt.

Die Böden des Erdgeschosses und des ersten Stockwerkes des in Ausführung begriffenen schweiz. Landesmuseums sollten in Schlackencementbétón erstellt werden. Die Bauunternehmung *Locher & Co.* schlug für diesen ein Mischungsverhältnis von Cement zu Sand zu Kleinkies (Grösse von Gartenkies von ausgesucht gleichmässigem Korn) in Vol.-Teil. 1 : 3 : 8 vor und verabredete mit dem Bauleiter, Herrn Architekt *Gull*, vorangehend die Tragfähigkeit dieses Bétóns zu erproben, da einerseits etwelche Bedenken gegen die Widerstandsfähigkeit eines derart magern Schlackencementbétóns laut geworden sind, anderseits weil man unter dem Eindrucke der Ungewissheit betreffs

der Wirkungsweise von zwischen Mauerwände oder eisernen Trägern gestampften Bétonmassen in Bogenform mit geringem Pfeil stand, und abzuklären wünschte, ob diese Gewölbe den Gesetzen der Biegungslehre oder der Gewölbetheorie folgen. Gleichzeitig sollte durch Versuche der relative Wert des gefugten Bétons zwischen Mauerwänden oder eisernen Trägern dadurch erprobt werden, dass man im Gegensatze zu den in einem Zuge fertig gestellten Bétonkörpern, etwa in den Gewölbedritteln, künstlich radiale Fugen erstellte, dabei die Mischung der Seitenstücke auf 1 : 3 : 9 erhöhte, während für das Schlusstück eine Mischung von 1 : 3 : 6 in Volumen-Teilen vorgesehen war.

Der Schlackencement, gewöhnliche Handelsware, ergab nach 28-tägiger Wasserlagerung, 1 : 3 in Gewichts-Teilen,

eine Zugfestigkeit von . . . 22,5 kg pro cm²

» Druckfestigkeit von . . . 214,3 » » »

Zur Zeit der Ausführung der Belastungsproben hatte der Cement annähernd (durch Interpolation bestimmt)

eine Normenmörtelfestigkeit von 27,0 kg pro cm² Zug

und 277,0 » » » Druck.

Der verwendete Portlandcement stammt aus einer schweiz. Fabrik, die schöne, kräftige Cemente liefert. Die mit dem Material ausgeführten Normenproben, 1 : 3 in Gewichts-Teilen, Wasserlagerung, ergaben:

an Zugfestigkeit . . . 26,4 kg pro cm²

an Druckfestigkeit . . . 278,4 » » »

Zur Zeit der Ausführung der Belastungsproben hatte der Cement annähernd folgende Normenmörtelfestigkeiten:

Zug: 31,6 kg pro cm², Druck: 333,4 kg pro cm²,

d. h. unter sonst gleichem Verhältnis überragt die Bindekraft des Portlandcementes diejenige des Schlackencementes im Mittel um c. 18,8 %.

Bei Vergleichung der nachstehenden Versuchsergebnisse ist die Unterschiedlichkeit der Volumengewichte der Bindemittel in Anschlag zu bringen. Eine direkte Vergleichbarkeit des Tragvermögens der in Schlacken- und Portlandcement ausgeführten Konstruktionen wäre nur möglich, wenn auf den m³ Kies gleich grosse Gewichtsmengen Bindemittel verwendet worden wären; — eine Rechnungs- und Mischungsweise der Bétonkomponenten, die in Frankreich fast allgemein üblich, bedauerlicher Weise bei uns sich nicht einbürgern will.

Bringt man die Volumengewichte und zwar für den Schlackencement mit 1,07 kg, für den Portlandcement mit 1,40 kg pro Liter in Anschlag und berücksichtigt, dass nach direkten Versuchen das Volumen des im Verhältnisse von 1 : 3 : 8 in Volumenteilen gemischten Bétons fast genau 8,0 Volumenteile festen Béton liefert, so ergibt sich für die Versuchsobjekte im schweizerischen Landesmuseum, dass

	im Schlackencementbéton :		im Portlandcementbéton :
	auf 8,0 m ³ Béton : 1,07 t Cement;		auf 8,0 m ³ Béton : 1,40 t Cement,
d. h. dass „ 1,0 „ „ :	134 kg „ „	„ 1,0 „ „ :	175 kg „ „
entfallen.			

Der grössern Menge Bindestoff in den Portlandcement-Objekten entspricht auch eine grössere Tragkraft, welche vermehrt wird um etwa 20% der absolut grössern Bindekraft des verwendeten Portlandcementes gegenüber dem Schlackencement. Schätzungsweise war danach zu erwarten, dass die in Portlandcement ausgeführten Versuchsobjekte bei gleichem Alter und der nämlichen Behandlungsweise etwa 45% mehr Tragvermögen ergeben würden, als diejenigen in Schlackencement. Wenn das Resultat der Belastungsproben für den Portlandcement wesentlich günstigere Resultate ergab, so liegt dies in der grösseren Kiesfestigkeit des Portlandcementes gegenüber dem Schlackencement, wie dies *Druckversuche* an würfelförmigen Probekörpern mit 14 bis 20 cm Kantenlänge, welche aus scheinbar intakt gebliebenen Bruchstücken der zertrümmerten Gewölbe herausgeschrotet wurden, bestätigen. Fragliche, nachträglich ausgeführte Versuche ergaben für den

	Schlackencement- béton	Portlandcement- béton
mit 1 : 3 : 6 Mischungsverhältnis:	136 kg/cm ²	176 kg/cm ²
» 1 : 3 : 8 » :	84 »	130 »
» 1 : 3 : 9 » :	98 »	92 »

Für die massgebenden Mischungsverhältnisse 1 : 3 : 6 und 1 : 3 : 8 erreicht somit der Mehrbetrag der *Kiesfestigkeit des Portlandcementes* im Mittel 43% von jenem des Schlackencementes, welcher Betrag noch zu erhöhen wäre, wenn man den Alters-Unterschied der Probekörper der Versuchskörper berücksichtigen würde. Bringt man diese Verhältnisse in Anschlag, so hat die ausgewiesene grössere Tragkraft der Gewölbe in Portlandcementbéton nichts auffallendes an sich. Ohne Zweifel ist aber

der Portlandcement in nachstehend ausgeführten Gewölbe-Belastungsproben durch das Alter und die herrschenden Temperaturverhältnisse, unter welchen er erstarrte, in einem Vorteil, der sich zahlenmässig nicht feststellen lässt. Die Portlandcement-Gewölbe sind eben in den ersten Tagen des Monats April erzeugt, haben sich also in warmer Witterung rascher versteinern können, als der Schlackencement in den Schlackencement-Objekten, die Ende Januar hergestellt wurden.

1. Serie: *Fugenloses Béton-Kappengewölbe zwischen stark belasteten Mauerwänden.*

Lichte Spannweite 3,95 m; gesamt Länge 4,37 m; Pfeilhöhe 0,11 m; Scheitelstärke 0,12 m. Breite der Gewölbe 1,65 bis 1,69 m; obere Leibung eben und horizontal. Mischungsverhältnis 1 : 3 : 8 in Vol. In einem Zug erstellt; die ersten 8—10 Tage feucht gehalten; Alter der Proben zur Zeit ihrer Belastung 58 bzw. 60 Tage. Die Belastung erfolgte durch Auflegen von Sandsäcken zu 50 kg Gewicht, nebst gewogenen Eisenmasseln

	Schlacken- cementbéton	Portland- cementbéton
Totale Belastung beim Bruch	33,00 t	69,60 t
Bruchbelastung pro m ² der H.-Projektion	4,46 t	9,65 t
Beginn der Durchbiegung bei	16,50 t	etwa 17,50 t
Eine Scheitelsenkung von 1,0 cm war erreicht bei	28,00 t	etwa 49,00 t
Zuletzt gemessene Scheitelsenkung	2,55 cm	2,10 cm

Die Zertrümmerung erfolgte durch Zermahlen des Materials in Nähe der Gewölbemitte beim Schlackencementbéton bei gleichzeitiger Ablösung von grössern, plattenförmigen Schiefern der untern Gewölbeleibung; unter zahlreichen in der Nähe der Mitte und der Widerlager aufgetretenen Rissen beim Portlandcementbéton.

2. Serie: *Gefugtes Béton-Kappengewölbe zwischen stark belasteten Mauerwänden.*

Spannweite, Länge, Pfeilhöhe, Scheitelstärke und Gewölbbreite wie vorher. Obere Leibung eben und horizontal, Fugen radial; Abstand von der Gewölbmitte 60 cm. Fugenmaterial: Carton. Mischungsverhältnis für das Schlusstück 1 : 3 : 6 in Vol.; für die Seitenstücke 1 : 3 : 9. Behandlung der Objekte wie vorher. Alter der Proben zur Zeit ihrer Belastung 57 Tage beim Schlackenbéton, 71 Tage beim Portlandbéton. Die Belastungsart wie vorher.

	Schlacken- cementbéton	Portland- cementbéton
Totale Belastung beim Bruch	22,00 t	51,50 t
Bruchbelastung pro m ² der H.-Projektion . .	3,08 t	7,09 t
Beginn der Durchbiegung bei	etwa 3,0 t	etwa 3,0 t
Eine Scheitelsenkung von 1,0 cm war erreicht bei	etwa 16,0 t	etwa 25,0 t
Zuletzt gemessene Scheitelsenkung	5,45 mm	4,15 mm

Die Zertrümmerung erfolgte durch Rissbildung und Zermalmen des Materials an den Fugen und durch Ablösungen des Materials der Seitenstücke beim Schlackenbéton; durch Zermalmen des Schlusstückes in Nähe der Mitte und Reissen des einen der Seitenstücke beim Portlandbéton.

3. Serie: *Gefugtes Béton-Kappengewölbe zwischen stark belasteten Mauerwänden.*

Spannweite, Länge, Pfeilhöhe, Scheitelstärke und Gewölbebreite, sowie Beschaffenheit der obern Leibung und Mischungsverhältnisse des Schlusstückes und der beiden Seitenstücke, wie vorher. Seitenstücke wurden zunächst erstellt, die radialen Fugenflächen abgeebnet. Nach 24 Stunden wurde das Mittelstück ohne Fugeneinlagen zwischenbétoniert. Behandlung des Objektes wie vorher. Alter der Proben zur Zeit ihrer Belastung 56 Tage beim Schlackenbéton und 72 Tage beim Portlandbéton. Belastungsart wie vorher.

	Schlacken- cementbéton	Portland- cementbéton
Totale Belastung beim Bruch	21,00 t	60,30 t
Bruchbelastung pro m ² der H.-Projektion . .	2,95 t	8,28 t
Beginn der Durchbiegung bei	etwa 7,5 t	etwa 9,5 t
Eine Einsenkung des Scheitels um 1,0 cm war erreicht bei	etwa 18,0 t	etwa 51,0 t
Zuletzt gemessene Scheitelsenkung	1,95 cm	2,60 cm

Die Zertrümmerung erfolgte unter Rissbildungen in den Seitenstücken und im Scheitelstück, durch Zermalmen des Materials an einer der Fugenflächen beim Schlackenbéton; durch Zermalmen des Mittelstücks in Nähe des Scheitels, bei gleichzeitiger Rissbildung in beiden Seitenstücken und Oeffnen der Fugenflächen beim Portlandbéton.

Bei sämtlichen Objekten erfolgte der schliessliche Einsturz plötzlich, jedoch stets erst nach Eintritt erheblicher Scheitelsenkungen, einzelner Rissbildungen, beim Schlackenbéton überdies nach Ablösung einzelner Teilchen.

4. Serie: *Fugenloses Béton-Kappengewölbe zwischen eisernen Trägern.*

Spannweite 1,20 m; Pfeilhöhe 0,10 m; Scheitelstärke 0,10 m; Breite der Gewölbe 1,0 m; obere Gewölbeleibung eben und horizontal; Mischungsverhältnis 1:3:9 in Vol.-Teil.; Bindemittel: Schlackencement. Die I-Eisen waren mit zwei Stück 1,20 m auseinander liegenden schmiedeisernen Schlaudern von 1,9 cm Dicke verbunden, so dass die Kappe mit Spielraum von je 10 cm zwischen diesen lag. Die Kappe wurde in einem Zuge erstellt und etwa 7 Tage lang feucht gehalten. Belastung erfolgte mittelst eiserner Masseln. Alter der Probe zur Zeit ihrer Belastung 61 Tage.

Totale Belastung beim Bruch	8,00 t
Belastung pro m ² der Horizontal-Projektion	6,68 t
Beginn der Rissbildung in der Scheitelebene, untere Leibung, bei etwa 1,00 t	

Die Zertrümmerung erfolgte durch Zermalmen des Materials in Nähe der Gewölbemitte, nachdem sich die I-Eisen in horizontaler Richtung fassförmig ausgebaucht hatten und der Scheitel des Gewölbes eine vertikale Senkung von etwa 5 cm vollführt hatte.

5. Serie: *Fugenloses Béton-Kappengewölbe zwischen eisernen Trägern.*

Konstruktion, Ausführung und Behandlung wie vorher. Mischungsverhältnis 1 : 3 : 12 in Vol.-Teil. Belastung mittelst eiserner Masseln. Alter der Probe zur Zeit ihrer Belastung 32 Tage.

Totale Belastung beim Bruch	7,72 t
Belastung pro m ² der Horizontal-Projektion	6,42 t
Beginn der Rissbildung in der Scheitelebene, untere Leibung, bei etwa 1,00 t	

Die Zertrümmerung erfolgte analog und unter gleichen Erscheinungen wie zuvor.

Bei der 4-ten und 5-ten Versuchs-Serie haben also die Gewölbewiderlager (I-Eisen) in horizontalem Sinne nachgegeben und ist damit der experimentelle Nachweis der Existenz von Schubwirkung in zwischen Mauerwände oder eiserne Träger gespannten Bétongewölben erbracht, *welche somit nicht als bogenförmige Monolithplatten nach der Biegungslehre, sondern nach der Gewölbetheorie zu dimensionieren und konstruktiv zu verwerten sind.*

15. Untersuchung der Bindekraft einiger Trasssorten der vulkanischen Eifel.

Zur Untersuchung der chemischen Zusammensetzung, der Hydraulicität und der Bindekraft der Trasssorten der Eifelgegend haben wir uns, Dank der gefälligen Vermittlung des Herrn *G. Herfeldt*, Tuffsteingrubenbesitzer in Andernach, im Jahre 1886 in grösseren Mengen die folgenden charakteristischen vulkanischen Auswurfsmassen beschafft:

- No. I Trass aus grauen Steinen von Plaidt (grauer Steintrass).
 » II: » » gelben » » » (gelber Steintrass).
 » III: » » gelben, brohler Knuppen (Knuppentrass).
 » IV: » » gelben, brohler Pfeiffen (Pfeiffentrass).
 » V: » » gelber, brohler Tuffasche (Aschenttrass).
 » VI: Bimstein von Plaidt.

Nach ungefähr 2¹/₂-jähriger Lagerung dieser Materialien in unserer Anstalt, wurde von den Sorten I, II, III und V je die eine im Ablieferungszustande, die andere nach vorangegangener Zerkleinerung auf Mehlfeinheit in Kalkmischungen mit schweizerischem Normalstand zu Mörtel verarbeitet und deren Kohäsionsverhältnisse, Zug und Druck, in unterschiedlichen Altersklassen, soweit das Material reichte, in der Regel bis auf eine 3-jährige Erhärtungsdauer bei Luft- und Wasserlagerung verarbeitet. Nachstehende Zusammenstellungen enthalten die gewonnenen Resultate.

a. Ergebnisse der chemischen Analysen,

bezogen auf bei 110° C getrockneten Zustand der Materialien.

Lauf. No.	Bezeichnung der Trasssorten	Bei Behandlung mit ClH-Säure	Chem. Zusammensetzg. im Anlieferungszust.							Summa
			SiO ₂ 0/0	Al ₂ O ₃ 0/0	Fe ₂ O ₃ 0/0	CaO 0/0	MgO 0/0	Alkalien 0/0	H ₂ O + Bit. 0/0	
I	I. Grauer Steintrass	lösl. Stoffe	1,54	12,88	5,28	2,15	0,65	—	—	22,50
		unlösl. „	63,95	2,71	1,53	0,59	0,34	—	6,61	75,73
		Gesamtmenge	65,49	15,59	6,81	2,74	0,99	1,77*)	6,61	100,00

*) Als Differenz bestimmt.

Lauf. No.	Bezeichnung der Trasssorten	Bei Behandlung mit ClH-Säure	Chem. Zusammensetzung im Anlieferungszust.							
			SiO ₂ 0/0	Al ₂ O ₃ 0/0	Fe ₂ O ₃ 0/0	CaO 0/0	MgO 0/0	Alkalien 0/0	H ₂ O + Bit. 0/0	Summa
2	II. Gelber Steintrass	lösli. Stoffe	1,39	10,17	6,40	1,09	0,84	—	—	19,89
		unlösli. „	64,02	2,91	1,46	0,71	0,45	—	6,85	76,40
		Gesamtmenge	65,41	13,08	7,86	1,80	1,29	3,71*)	6,85	100,00
3	III. Brohler Knuppentrass	lösli. Stoffe	11,76	18,83	10,44	3,73	1,91	3,12	—	49,79
		unlösli. „	39,79	3,84	0,72	1,26	0,21	0,42	3,58	49,82
		Gesamtmenge	51,55	22,67	11,16	4,99	2,12	3,54	3,58	99,61
4	IV. Brohler Pfeiffentrass	lösli. Stoffe	7,25	16,45	4,25	4,14	1,92	5,16	—	39,17
		unlösli. „	48,12	3,94	0,77	1,30	0,55	1,27	4,66	60,61
		Gesamtmenge	59,47	20,39	5,02	5,44	2,47	6,43	4,66	99,78
5	V. Aschentrass von Plaidt	lösli. Stoffe	2,00	15,44	3,35	0,89	Spur	9,42	—†)	31,77
		unlösli. „	57,47	4,90	0,86	0,79	0,30	—	3,12	67,44
		Gesamtmenge	59,47	20,34	4,21	1,68	0,30	9,42	3,12	99,21
6	VI. Bimstein von Plaidt	lösli. Stoffe	14,40	18,23	2,42	1,48	0,40	11,64	—	48,57
		unlösli. „	42,38	4,97	0,57	0,21	—	0,30	2,62	51,05
		Gesamtmenge	56,78	23,20	2,99	1,69	0,40	11,94	2,62	99,62

In einer 2. Versuchsreihe, unter zu Grundelegung anderer Durchschnittsproben, fanden wir an

	SiO ₂	R ₂ O ₃ **)	CaO	H ₂ O+Bit.
im gelben Steintrass von Plaidt	60,12 0/0	29,23 0/0	4,54 0/0	6,17 0/0
im Knuppentrass von Brohl	60,14 „	30,30 „	4,82 „	3,60 „
im Aschentrass von Brohl	61,51 „	29,07 „	5,84 „	2,93 „
im Bimstein von Brohl	57,96 „	31,71 „	6,10 „	3,04 „

Aus den zuletzt angeführten Durchschnittsproben wurden durch Kalilauge folgende Mengen SiO₂ extrahiert:

Gelber Steintrass	Knuppentrass	Aschentrass	Bimstein
19,42 0/0	21,12 0/0	13,80 0/0	—

Vorstehende Versuchsergebnisse bestätigen die alte Erfahrung, dass die unterschiedlichen Trasse keine homogenen Massen bilden und selbst in ein und derselben Bank (z. B. im gelben Trassstein

*) Als Differenz bestimmt. **) Enthält auch geringe Menge FeO u. MnO.

†) SO₃ = 0,67.

von Plaidt) in verschiedenen Höhenlagen verschiedene chemische Zusammensetzung besitzen, dass somit bei der Gütebestimmung des Trasses als hydraulischer Zuschlag die chemische Zusammensetzung keine massgebende und ausschlaggebende Rolle spielen kann. Dagegen kennzeichnet, wie bereits durch die Arbeiten *Herfeldt's, van der Klöses'* u. A. bekannt, die Menge des chemisch gebundenen Wassers (Glühverlust der bei 110° C bis zum konstanten Gewicht getrockneten Probe) den edlen, durch mechanische Zerkleinerung des kohärenten Trasssteines gewonnenen Trass von den minderwertigen Trassgattungen. Der edle Trassstein entstammt versteinerten Schlammlaven, wie solche Terrainmulden des Nettethals füllen, der Thalsole des Brohlthals folgen und entstanden sind, als zufällig vulkanische Eruptionen durch heftige vulkanische Platzregen begleitet waren. Offenbar verdankt der Trassstein dem Prozesse des Abschreckens seine Hydraulicität, die ähnlich derjenigen geartet ist, die wir beim Granulieren basischer Hochofenschlacken beobachten und technisch verwerten. Als Produkte trockener vulkanischer Eruptionen sind die mehr oder weniger knolligen, oft pulverförmigen oder durch Wasserdampf aufgetriebenen, porösen Auswurfsmassen anzusehen, die die edlen Trasslager überlagern und die meistens schwankende, oft minderwertige hydraulische Eigenschaften zeigen.

b. Ergebnisse der Untersuchung der Kraftentfaltung.

Wie bereits eingangs erwähnt, wurden die Trasssorten No. I, II, III und V im Anlieferungszustande, sowie in mehlfeinem, auf Kugelmühlen der eidgen. Festigkeitsanstalt zerkleinertem (auf einer Kugelmühle homogenisiertem) Zustande den Versuchen zu Grunde gelegt. Folgende Tabelle gibt den Feinheitsgrad der Zerkleinerung der Versuchsmaterialien.

Rückstand am	Grauer Steintrass		Gelber Steintrass		Knuppen-trass		Aschen-trass	
	Orig. Ware	homo-genisiert	Orig. Ware	homo-genisiert	Orig. Ware	homo-genisiert	Orig. Ware	homo-genisiert
900-Sieb	29,0%	0,0%	28,0%	1,0%	30,3%	1,3%	28,2%	0,0%
2500-Sieb	45,4 "	6,2 "	48,5 "	7,5 "	46,0 "	7,8 "	45,0 "	5,0 "
4900-Sieb	53,0 "	8,0 "	51,8 "	10,0 "	53,7 "	10,0 "	53,1 "	8,5 "

Sämtliche Trasssorten wurden zunächst mit trocken gelöschtem, ausgelagertem Luft- oder Weisskalk im Verhältnisse von 2 Gew.-T. Trass : 1 Gew.-T. Kalkhydrat

gemischt und diese Mischungen im Verhältnisse 1:1 bezw. 1:3 in Gew.-T. mit schweiz. Normalsand zu Mörtel verarbeitet.

Der hier verwendete Kalk ist der gleiche, wie er zur Untersuchung der Kalkkapazität von Hochofenschlacken benützt wurde.

Lauf. No.	Mischungsverhältnis in Gew.-Teilen			Festigkeitsverhältnisse des Trass-Kalk-Mörtels, kg/cm ² , nach:									
				7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		1 Jahr		2 Jahren	
	Trass	Kalk	Sand	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

I^a Grauer Steintrass von Plaidt. Originalware.

1. Normengemässe Wasserlagerung.

1	0,66	0,33	3,00	c.1,0	16,9	10,2	46,6	17,2	72,8	17,8	91,9	18,1	107,1
2	0,66	0,33	1,00	2,6	13,6	11,3	48,4	22,7	84,8	20,0	133,4	20,8	146,1

2. Wasserlagerung nach 7-tägiger Lufterhärtung.

3	0,66	0,33	1,00	—	—	12,1	47,6	18,4	90,3	19,3	137,6	18,5	149,0
---	------	------	------	---	---	------	------	------	------	------	-------	------	-------

3. Gänzliche Luftlagerung.

4	0,66	0,33	1,00	3,7	15,9	12,2	47,6	10,3	67,3	7,6	79,9	10,9	74,8
---	------	------	------	-----	------	------	------	------	------	-----	------	------	------

I^b Grauer Steintrass von Plaidt. Homogenisiert.

1. Normengemässe Wasserlagerung.

5	0,66	0,33	3,00	4,6	43,1	17,1	94,8	24,5	129,5	22,1	172,3	22,6	171,2
6	0,66	0,33	1,00	7,9	46,9	13,4	75,1	18,9	142,9	22,8	174,9	25,1	198,0

2. Wasserlagerung nach 7-tägiger Lufterhärtung.

7	0,66	0,33	1,00	—	—	16,0	92,0	22,4	158,9	22,8	203,0	23,8	199,1
---	------	------	------	---	---	------	------	------	-------	------	-------	------	-------

3. Gänzliche Luftlagerung.

8	0,66	0,33	1,00	5,3	30,5	8,9	67,0	13,9	102,8	11,5	118,3	10,4	103,5
---	------	------	------	-----	------	-----	------	------	-------	------	-------	------	-------

II^a Gelber Steintrass von Plaidt. Originalware.

1. Normengemässe Wasserlagerung.

9	0,66	0,33	3,00	2,8	20,5	12,6	52,1	16,5	77,7	15,9	103,9	18,6	116,3
10	0,66	0,33	1,00	3,9	18,0	16,0	49,3	19,8	85,0	20,2	124,1	20,3	137,2

2. Wasserlagerung nach 7-tägiger Lufterhärtung.

11	0,66	0,33	1,00	—	—	13,5	52,3	17,5	79,2	18,9	122,6	17,2	132,6
----	------	------	------	---	---	------	------	------	------	------	-------	------	-------

3. Gänzliche Luftlagerung.

12	0,66	0,33	1,00	5,6	22,9	12,7	57,8	16,4	85,1	15,4	97,9	14,7	101,0
----	------	------	------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

Lauf. No.	Mischungsverhältnis in Gew.-Teilen			Festigkeitsverhältnisse des Trass-Kalk-Mörtels, kg/cm ² , nach:									
				7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		1 Jahr		2 Jahren	
	Trass	Kalk	Sand	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

II^b Gelber Steintrass von Plaidt. Homogenisiert.

i. Normengemässe Wasserlagerung.

13	0,66	0,33	3,00	4,0	28,3	18,0	87,0	20,7	127,3	21,1	173,2	20,5	179,6
14	0,66	0,33	1,00	2,9	18,3	15,8	83,9	19,0	135,1	19,8	171,1	—	—

2. Wasserlagerung nach 7-tägiger Lufterhärtung.

15	0,66	0,33	1,00	—	—	16,7	93,5	20,0	130,0	19,4	160,9	19,3	167,0
----	------	------	------	---	---	------	------	------	-------	------	-------	------	-------

3. Gänzliche Luftlagerung.

16	0,66	0,33	1,00	4,3	20,1	7,4	49,7	9,8	100,1	9,0	105,4	13,0	76,6
----	------	------	------	-----	------	-----	------	-----	-------	-----	-------	------	------

III^a Knuppentrass von Brohl. Originalware.

i. Normengemässe Wasserlagerung.

17	0,66	0,33	3,00	0,5	16,3	6,2	43,1	11,4	64,0	15,0	79,7	14,4	92,8
18	0,66	0,33	1,00	4,2	20,7	11,5	46,1	15,9	68,0	18,5	94,1	20,3	105,0

2. Wasserlagerung nach 7-tägiger Lufterhärtung.

19	0,66	0,33	1,00	—	—	9,5	52,0	16,7	73,5	16,5	99,3	18,7	118,4
----	------	------	------	---	---	-----	------	------	------	------	------	------	-------

3. Gänzliche Luftlagerung.

20	0,66	0,33	1,00	4,6	24,9	10,3	53,8	12,9	70,7	14,9	73,4	11,0	64,1
----	------	------	------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

III^b Knuppentrass von Brohl. Homogenisiert.

i. Normengemässe Wasserlagerung.

21	0,66	0,33	3,00	5,6	40,4	17,1	85,3	21,1	126,0	19,8	147,2	18,6	108,4
22	0,66	0,33	1,00	8,1	35,5	17,9	85,6	20,8	117,8	19,3	154,4	17,0	148,1

2. Wasserlagerung nach 7-tägiger Lufterhärtung.

23	0,66	0,33	1,00	—	—	17,3	87,9	18,6	112,2	20,4	121,7	20,4	165,8
----	------	------	------	---	---	------	------	------	-------	------	-------	------	-------

3. Gänzliche Luftlagerung.

24	0,66	0,33	1,00	7,3	37,8	14,0	88,5	13,8	103,2	7,7	49,3	8,4	72,1
----	------	------	------	-----	------	------	------	------	-------	-----	------	-----	------

V^a Aschentrass von Brohl. Originalware.

i. Normengemässe Wasserlagerung.

25	0,66	0,33	3,00	1,2	16,3	4,7	32,7	8,9	48,5	14,8	78,1	17,2	91,3
26	0,66	0,33	1,00	1,9	16,6	5,8	30,1	12,2	42,2	18,7	102,0	22,9	117,4

2. Wasserlagerung nach 7-tägiger Lufterhärtung.

27	0,66	0,33	1,00	—	—	5,9	31,0	10,9	49,9	17,1	99,6	22,7	134,3
----	------	------	------	---	---	-----	------	------	------	------	------	------	-------

3. Gänzliche Luftlagerung.

28	0,66	0,33	1,00	2,4	14,6	7,5	35,6	10,9	66,0	14,0	80,7	13,8	76,3
----	------	------	------	-----	------	-----	------	------	------	------	------	------	------

L.auf. No.	Mischungsverhältnis in Gew.-Teilen			Festigkeitsverhältnisse des Trass-Kalk-Mörtels, kg/cm ² , nach:									
	Trass	Kalk	Sand	7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		1 Jahr		2 Jahren	
				Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
V^b Aschentrass von Brohl. Homogenisiert.													
i. Normengemässe Wasserlagerung.													
29	0,66	0,33	3,00	0,7	12,4	6,6	44,0	11,9	70,4	20,2	114,6	18,3	118,6
30	0,66	0,33	1,00	1,4	8,3	7,8	28,5	14,3	64,1	19,9	127,6	19,4	132,8
2. Wasserlagerung nach 7-tägiger Lufterhärtung.													
31	0,66	0,33	1,00	—	—	6,8	35,6	16,0	81,8	23,4	143,0	20,4	129,9
3. Gänzliche Luftlagerung.													
32	0,66	0,33	1,00	2,7	9,7	6,7	32,4	10,3	64,5	9,3	69,5	9,6	64,5

16. Resultate der Untersuchung der Bindekraft einiger italienischer Puzzolanen.

Dank dem Entgegenkommen des Herrn *C. Zschokke*, Professor der Ingenieur-Wissenschaften am schweiz. Polytechnikum, konnten wir uns im Jahre 1892 grössere Mengen folgender Puzzolanen beschaffen:

- No. I: eine hellgraue, neapolitanische, angeblich aus den Gruben von Bacoli bei Puzzuoli;
- » II: eine rote, römische;
- » III: eine schwärzlich-graue, römische.

Vorstehend bezeichnete Puzzolan-Sorten wurden getrocknet, auf einer Kugelmühle der Anstalt gemahlen, hierauf in Mischungsverhältnissen von 1,5 Gew.-T. Puzzolanmehl auf 1 Gew.-T. trocken gelöschten Ätzkalk bis 4,5 Gew.-T. Puzzolanmehl auf 1 Gew.-T. Kalkhydrat teils zu Brei, teils zu Normenmörteln (1 Gew.-T. der Puzzolan-Kalkmischung auf 3 Gew.-T. Normalsand) der Zug- und Druckfestigkeit, Luft- und Wasserlagerung verarbeitet. Der Wasserlagerung der Probekörper gieng stets eine, der Bindezeit der Puzzolan-Kalkgemenge angemessene, in den nachstehenden Zusammenstellungen Fall für Fall näher bezeichnete Luftlagerung

voraus. Die sämtlichen Probekörper der normengemässen Sandfestigkeit wurden übungsgemäss maschinell eingerammt, während diejenigen der Selbstfestigkeit in der Konsistenz feuchter Garten-erde angemacht, von Hand eingestampft wurden.

a. Ergebnisse der chemischen Analysen,

bezogen auf bei 105 bis 110° C. getrockneten Zustand der Materialien. Angemessene Mengen der Puzzolanen wurden am 900-Sieb abgeseibt und die feinen und groben Bestandteile gesondert den Analysen unterworfen.

Lauf.No.	Bezeichnung der Puzzolansort.	Bei Behandlung mit ClH-Säure	Chem. Zusammensetzg. im Anlieferungszust.							Summa
			Si ₂ O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Alkalien	H ₂ O + Bit.	
			0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1	No. I, feine Bestandteile	lösl. Stoffe	0,64	2,35	1,37	1,01	0,47	10,31	6,41	22,56
		unlösl. „	58,01	14,86	2,36	1,65	0,57	—	—	77,45
		Gesamtmenge	58,65	17,21	3,73	2,66	1,04	10,31	6,41	100,01
2	No. I, grobe Bestandteile	lösl. Stoffe	0,90	2,40	1,78	0,84	0,35	12,36	4,27	22,90
		unlösl. „	58,19	14,71	2,69	1,41	0,10	—	—	77,10
		Gesamtmenge	59,09	17,11	4,47	2,25	0,45	12,36	4,27	100,00
3	No. II, feine Bestandteile	lösl. Stoffe	6,91	16,31	9,41	8,07	2,68	4,32	6,81	54,51
		unlösl. „	39,17	1,06	1,63	2,58	1,28	—	—	45,72
		Gesamtmenge	46,08	17,37	11,04	10,65	3,96	4,32	6,81	100,23
4	No. II, grobe Bestandteile	lösl. Stoffe	7,08	15,82	10,34	7,92	3,04	3,85	6,52	54,57
		unlösl. „	38,37	1,83	1,40	2,08	2,14	—	—	45,82
		Gesamtmenge	45,45	17,65	11,74	10,00	5,18	3,85	6,52	100,39
5	No. III, feine Bestandteile	lösl. Stoffe	1,31	18,49	10,11	7,82	3,01	2,99	6,47	50,49*)
		unlösl. „	43,13	1,42	1,01	2,42	1,53	—	—	49,51
		Gesamtmenge	44,44	19,91	11,12	10,24	4,54	2,99	6,47	100,00*)
6	No. III, grobe Bestandteile	lösl. Stoffe	2,94	20,38	9,26	7,21	1,09	5,85	5,04	52,07**)
		unlösl. „	42,64	1,02	0,87	1,99	1,40	—	—	47,92
		Gesamtmenge	45,58	21,40	10,13	9,20	2,49	5,85	5,04	99,99**)

*) SO₃ = 0,29 0/0. **) SO₃ = 0,30 0/0.

b. Ergebnisse der Untersuchung der Kraftentfaltung.

Die der Prüfung der Bindekraft unterworfenen Puzzolan-sorten wurden zunächst auf angenähert Portlandcement-Feinheit, also auf folgende Mahlfeinheit zerkleinert:

Puzzolane:	No. I.	No. II.	No. III.
Rückstand am 900-Sieb:	5,4 0/0;	7,7 0/0;	8,0 0/0.
„ „ 4900-Sieb:	24,7 „	34,5 „	32,7 „

Der zur Erzeugung der Puzzolankalkgemenge benutzte Kalk war gleicher Herkunft wie der bei der Untersuchung der Kalkkapazität von Hochofenschlacken und der Prüfung der Bindekraft der rheinischen Trasssorten verwendete. Derselbe wurde in Stückform bezogen, trocken gelöscht, mehrere Wochen gelagert und durch ein 900-Maschensieb abgeseiht. Vor der Erzeugung der Probekörper wurden die Puzzolan-Kalkgemenge angefertigt und von Hand durchgemischt; es fand also keine maschinelle Homogenisierung statt.

Mischungsverhältnis in Gew.-Teilen			Festigkeitsverhältnisse der Puzzolankalkgemenge und Mörtel, kg/cm ² ; nach:											
			7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		210 Tagen		1 Jahr		2 Jahren	
Puzz.	Kalk	Sand	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
No. I. Hellgraue, neapolitanische Puzzolane.														
i. Wasserlagerung nach 12-tägiger Lufterhärtung.														
0,600	0,400	—	—	—	5,1	28,9	11,1	63,3	19,0	111,1	19,8	146,6	22,5	181,0
„	„	3,000	—	—	4,7	25,2	9,7	48,8	19,9	95,1	22,7	114,1	25,8	167,4
0,666	0,334	—	—	—	4,3	29,1	11,1	59,0	19,1	124,3	20,9	159,0	21,0	206,0
„	„	3,000	—	—	4,2	27,6	11,2	56,3	19,8	99,6	22,7	123,3	25,5	177,1
0,714	0,286	—	—	—	3,9	29,8	12,2	62,3	19,0	131,1	19,4	166,6	23,3	212,1
„	„	3,000	—	—	4,6	28,9	9,3	50,4	16,6	98,9	19,9	123,3	24,7	173,8
0,750	0,250	—	—	—	5,6	31,9	10,4	70,1	21,3	153,0	20,6	152,4	23,4	231,7
„	„	3,000	—	—	5,1	31,9	11,6	56,9	17,0	107,0	20,3	123,5	24,1	167,5
0,777	0,223	—	—	—	6,5	31,8	13,7	72,5	19,6	146,5	16,6	166,0	24,9	220,1
„	„	3,000	—	—	4,6	31,6	12,1	61,5	20,9	118,3	21,2	142,2	27,1	190,7
0,818	0,182	—	—	—	6,4	33,6	13,3	77,8	20,5	165,3	21,3	195,9	20,8	236,2
„	„	3,000	—	—	4,6	33,9	10,8	65,3	16,1	124,4	17,7	144,0	20,6	182,4

Mischungsverhältnis in Gew.-Teilen			Festigkeitsverhältnisse der Puzzolankalkgemenge und Mörtel, kg/cm ² ; nach:											
			7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		210 Tagen		1 Jahr		2 Jahren	
Puzz.	Kalk	Sand	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
2. Ausschliessliche Luftlagerung.														
0,600	0,400	—	1,7	8,7	4,9	27,6	7,3	40,6	10,2	51,5	14,0	52,0	16,5	—
"	"	3,000	1,5	11,4	3,7	23,9	6,1	33,5	5,5	34,0	7,8	48,5	7,6	64,6
0,666	0,334	—	2,9	9,5	3,7	32,4	3,8	55,3	9,4	55,4	12,2	58,9	13,1	94,2
"	"	3,000	1,5	13,6	5,6	30,8	6,4	37,5	6,3	33,8	9,1	51,0	8,6	63,0
0,714	0,286	—	2,0	10,1	4,7	29,3	9,9	52,1	12,2	99,4	13,2	74,8	11,7	86,1
"	"	3,000	1,9	13,7	3,5	34,4	5,2	39,3	8,9	45,6	8,9	55,6	7,3	66,0
0,750	0,250	—	1,0	11,0	6,1	37,4	9,3	71,4	16,3	97,3	15,0	99,7	14,3	92,8
"	"	3,000	2,9	15,7	3,3	25,2	2,7	30,6	4,9	37,0	4,7	47,0	5,0	53,0
0,777	0,223	—	2,2	8,9	5,0	34,8	10,3	67,9	12,2	93,4	15,3	91,1	16,3	86,5
"	"	3,000	1,7	16,5	5,3	35,3	8,0	49,5	7,8	64,1	8,8	66,9	8,6	61,8
0,818	0,182	—	1,9	11,1	6,5	30,9	14,3	59,8	13,2	91,9	12,2	91,9	12,6	72,6
"	"	3,000	1,5	15,0	4,6	35,4	6,2	58,1	5,4	68,5	5,8	63,3	5,6	62,3

No. II. Rote, römische Puzzolane.

I. Wasserlagerung nach 4-tägiger Lufterhärtung.

0,600	0,400	—	4,2	14,8	11,8	68,0	18,6	103,5	17,2	173,0	21,3	203,8	21,6	197,9
"	"	3,000	2,5	22,2	10,8	60,4	16,9	93,5	21,8	129,0	22,5	144,5	26,0	162,8
0,666	0,334	—	4,3	18,5	14,5	71,4	17,3	110,3	20,3	177,8	19,3	202,4	21,5	234,3
"	"	3,000	2,6	19,3	11,3	61,3	17,0	94,0	20,4	136,9	20,9	144,6	25,3	169,9
0,714	0,286	—	6,0	34,5	16,0	83,1	19,7	135,5	21,6	192,9	22,3	215,4	22,9	236,8
"	"	3,000	3,4	21,4	11,3	61,9	16,9	100,5	20,0	156,5	23,3	170,6	24,9	195,9
0,750	0,250	—	5,9	36,4	17,2	96,6	16,6	142,6	20,0	188,1	22,5	227,1	19,5	258,1
"	"	3,000	3,8	26,4	13,0	70,3	16,1	103,4	19,1	137,8	25,5	167,5	25,3	189,2
0,777	0,223	—	5,4	50,1	15,8	90,5	19,1	124,3	21,5	171,0	18,7	224,0	17,5	241,5
"	"	3,000	3,7	28,3	14,8	76,6	20,1	105,1	21,3	141,3	25,2	164,3	28,2	194,5
0,818	0,182	—	5,9	36,5	11,8	91,8	16,9	116,0	19,6	160,9	20,9	178,0	21,6	239,6
"	"	3,000	5,6	35,7	13,7	80,6	17,7	108,0	20,3	137,6	24,3	152,5	25,6	175,7

Mischungsverhältnis in Gew.-Teilen			Festigkeitsverhältnisse der Puzzolankalkgemenge und Mörtel, kg/cm ² ; nach:											
			7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		210 Tagen		1 Jahr		2 Jahren	
Puzz.	Kalk	Sand	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck

2. Ausschliessliche Luftlagerung.

0,600	0,400	—	5,3	22,4	10,0	71,3	13,4	93,0	10,5	101,0	14,8	150,3	17,7	145,0
"	"	3,000	3,5	28,4	4,0	60,4	5,1	85,8	5,6	104,8	8,3	127,6	8,4	106,9
0,666	0,334	—	5,6	26,7	11,0	69,3	12,5	101,5	10,0	129,4	15,9	135,5	17,2	139,9
"	"	3,000	4,1	27,3	6,6	68,5	10,6	60,4	9,9	106,0	8,2	91,0	7,2	96,5
0,714	0,286	—	6,1	35,5	13,9	101,4	22,6	124,6	15,9	159,8	18,5	156,5	24,2	150,6
"	"	3,000	5,6	27,8	7,6	68,5	6,3	87,4	6,9	78,1	6,4	89,4	6,4	90,8
0,750	0,250	—	6,7	40,6	14,8	95,3	20,5	130,0	13,7	141,5	12,8	144,4	13,2	131,2
"	"	3,000	3,4	25,2	7,2	68,9	8,8	95,0	6,6	95,0	6,4	89,8	5,4	76,5
0,777	0,223	—	5,5	68,8	16,9	109,6	16,6	132,0	10,9	136,6	13,3	141,6	15,1	135,4
"	"	3,000	4,4	35,8	8,2	72,5	10,0	92,6	9,5	102,4	8,2	84,5	7,3	71,0
0,818	0,182	—	4,8	40,9	9,3	76,4	11,0	109,3	8,4	129,0	12,3	109,3	10,1	87,4
"	"	3,000	4,2	37,1	6,9	59,4	7,9	69,0	6,7	69,3	4,2	71,0	4,2	57,4

No. III. Schwarze, römische Puzzolane.

I. Wasserlagerung nach 4-tägiger Luftlagerung.

0,600	0,400	—	5,0	40,8	15,8	85,3	18,5	113,1	19,7	113,1	19,4	137,4	—	153,3
"	"	3,000	4,2	34,3	14,6	77,1	19,5	100,3	16,6	113,2	19,5	134,4	21,7	149,4
0,666	0,334	—	8,1	47,9	17,5	110,8	21,4	149,9	22,0	179,7	18,0	194,7	20,9	232,8
"	"	3,000	4,9	41,4	14,3	83,6	19,4	109,0	20,9	127,6	22,8	148,8	20,3	164,9
0,714	0,286	—	10,4	69,6	19,1	126,5	21,5	188,5	18,8	191,6	22,8	228,6	24,8	252,8
"	"	3,000	5,1	41,6	17,0	91,5	19,6	121,4	22,2	138,8	20,8	156,2	22,4	179,4
0,750	0,250	—	7,5	33,5	16,0	115,0	18,3	156,6	19,0	190,2	17,0	168,1	22,4	237,2
"	"	3,000	5,6	37,0	14,1	93,5	19,9	113,3	19,1	130,6	24,7	150,0	20,9	164,8
0,777	0,223	—	7,9	39,4	17,3	123,5	19,2	164,5	21,7	196,6	21,9	213,4	18,5	231,7
"	"	3,000	5,0	42,2	14,4	88,9	19,6	112,8	26,9	123,3	20,6	138,8	20,6	142,4
0,818	0,182	—	11,0	54,5	18,2	130,1	19,0	162,9	15,4	171,7	18,6	196,5	19,3	202,2
"	"	3,000	3,5	25,5	15,5	79,9	15,6	93,3	16,4	98,9	20,9	102,9	18,5	112,6

Mischungsverhältnis in Gew.-Teilen			Festigkeitsverhältnisse der Puzzolankalkgemenge und Mörtel, kg/cm ² ; nach:											
			7 Tagen		28 Tagen		84 Tagen		210 Tagen		1 Jahr		2 Jahren	
Puzz.	Kalk	Sand	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
2. Ausschliessliche Luftlagerung.														
0,600	0,400	—	5,5	39,6	14,8	81,5	16,2	100,5	20,2	113,1	14,6	120,6	13,7	139,6
"	"	3,000	5,1	38,6	11,5	75,0	13,6	95,0	14,7	114,3	10,8	99,3	10,1	99,3
0,666	0,334	—	7,4	61,0	15,0	104,4	16,9	132,5	17,7	166,7	12,6	161,4	14,3	158,2
"	"	3,000	5,0	49,8	11,3	87,1	14,3	102,4	9,2	118,9	11,6	104,6	10,2	98,8
0,714	0,286	—	8,3	77,4	16,4	122,3	19,5	139,0	18,5	156,3	14,6	154,4	15,5	154,0
"	"	3,000	6,0	44,9	11,6	84,5	11,2	84,9	11,1	101,9	8,6	97,3	8,4	86,7
0,750	0,250	—	8,3	50,4	—	115,4	14,4	132,4	15,4	160,8	9,8	154,5	18,5	132,3
"	"	3,000	5,9	44,9	11,4	88,6	10,9	96,2	8,8	106,1	7,0	84,3	5,7	69,2
0,777	0,223	—	8,4	47,3	13,4	117,3	14,2	146,6	19,6	165,6	15,5	164,7	15,5	145,5
"	"	3,000	4,9	41,4	10,0	76,9	11,2	86,5	10,3	84,6	6,6	65,5	5,9	59,0
0,818	0,182	—	9,9	63,9	16,4	140,5	15,5	169,9	18,4	188,9	13,9	174,2	16,1	150,9
"	"	3,000	4,9	32,0	9,6	68,0	6,0	77,0	6,6	73,3	4,9	59,3	4,0	50,5

17. Über das Verhalten dolomitischer Kalke als Komponenten von Puzzolan-Mörteln in Meerwasser.

Im Februar 1897 ersuchte S^e Excellenz der Herr Minister der öffentlichen Arbeiten des Königreichs Rumänien den Berichterstatter um Begutachtung der Frage der Zulässigkeit dolomitischer Kalke in Santorin-Mörtel für Meeresbauten. Dem abgelieferten Gutachten sind die nachfolgenden Mitteilungen entnommen, welche hinlängliches Interesse besitzen, um an dieser Stelle veröffentlicht zu werden.

„ Bevor der Unterzeichnete auf die Beantwortung der aufgeworfenen Fragen eintreten könnte, erscheint es nötig, einen Rückblick auf die Vorgänge zu werfen, welchen viele Ausführungen in hydraulischen Bindemitteln sowohl im mittelländischen als im atlantischen Meere zum Opfer fielen. Dieselben sind seit längerer Zeit hinreichend aufgeklärt; dessen ungeachtet bestehen in den Kreisen der Technikerschaft, welchen die letzte Entscheidung über das Wohl und Wehe von Meeresbauten in hydraulischen Bindemitteln zusteht, vielfach noch irrtümliche Ansichten über jene Vorgänge und erklären das vorherrschende Gefühl der Unbehaglichkeit, der Unsicherheit, der Unentslossenheit, sowie die Entstehung solcher Massnahmen, welche häufig genug den dauernden Bestand der Ausführung im Meerwasser nachteilig beeinflussen.

Unter denjenigen Stoffen des Meerwassers, welche den Bestand von Bétonarbeiten in hydraulischen Bindemitteln gefährden, spielt in erster Linie die Schwefelsäure (SO_3), des Bittersalzes (MgSO_4) die ausschlaggebende Rolle*). Von untergeordneter Bedeutung sind die Chloride, von welchen hier zunächst das Chlormagnesium (MgCl_2) und das Chlornatrium (NaCl) in Betracht fallen.

Irrtümlicher Weise wurde bis vor kurzem der *Magnesia* die zerstörende Wirkung auf das versteinerte Bindemittel zugeschrieben. Wir haben es hier offenbar mit einer gänzlich unzulässigen Übertragung der Wirkung der totgebrannten *Magnesia* im Portlandcemente zu thun, die durch nachträgliche Hydratisierung und der damit verbundenen Volumenvergrösserung bei ausreichenden Mengen allerdings im Stande ist, weitgehende Verheerungen hervorzurufen. Quellungsvorgänge dieser Art sind im Meerwasser nur dann möglich, wenn magnesiareiche Portlandcemente zur Anwendung gelangen, was indessen gegenwärtig so gut wie vollkommen ausgeschlossen ist. Andererseits mochte der Umstand verleitet haben, die *Magnesia* für den Übelthäter anzusehen, dass in sämtlichen durch Meerwasser zerstörten Bauwerken in mehr oder weniger erheblichen Mengen plastisches, oft schleimiges Magnesiahydrat angetroffen wurde. Allein fragliche *Magnesia* ist lediglich nur ein Abscheidungsprodukt der chemischen Vorgänge, die das Zerstörungswerk einleiten, sie füllt vorhandene Poren oder solche Hohlräume, die durch die Lockerung des Mörtelgefüges entstanden sind.

Der freie Kalk des Bindemittels wirkt zersetzend auf die *Bittersalzlösung* des Meerwassers ein. Unter Abscheidung von Magnesiahydrat entsteht zunächst *Calciumsulfat* und durch Wasseraufnahme Gyps. Andererseits besteht die Möglichkeit der Bildung des *Kalk-Aluminat-Sulfats* nach *Dr. W. Michaëlis*: $\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{CaO} + 3(\text{CaO}, \text{SO}_3) + 30\text{H}_2\text{O}$ oder nach *Candlot*: $2(\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{CaO}) + 5(\text{CaO}, \text{SO}_3) + 120\text{H}_2\text{O}$], eines Doppelsalzes, durch dessen Volumenvergrösserung in viel höherem Maasse als durch Gyps, Molekularspannungen entstehen, welche den in Versteinierung begriffenen Mörtel zu zerstören im Stande sind. Hier ist zu bemerken, dass *der beschriebene*

*) Meines Wissens hat auf diesen Umstand zuerst *Dr. W. Michaëlis* aufmerksam gemacht; vergl. insbesondere auch die *Berliner-Verhandlungen internationaler Konferenzen zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden von Bau- und Konstruktionsmaterialien*; *Bauschinger*, Mitteilungen, Heft XXVI, S. 320.

Prozess unverändert bliebe, sofern der freie Kalk nicht rein, sondern magnesienschüssig wäre; denn die Magnesia ist dem Bittersalze gegenüber vollkommen indifferent. Basische Magnesiumsulfate kommen in der Natur nicht vor und sind auch als chemische Präparate unbekannt.

Die Chloride des Meerwassers fallen bloß insofern in Betracht, als sie eine Abminderung der Mörtelfestigkeit dem Süßwasser gegenüber erzeugen, im Übrigen zur Bildung von *Chlorcalcium* und dadurch zur *Poren-erweiterung* Veranlassung geben können, durch welche das Meerwasser in erhöhtem Maße Angriffsstellen für seine verheerende Wirkung gewinnt. Eine treibende oder zersetzende Wirkung auf die Cementkomponenten besitzen die Chloride in den vorhandenen Mengen nicht. Somit gilt von diesen die Bemerkung, dass sie wohl nur eine Abschwächung der Mörtelfestigkeit, sowie eine Erweiterung der Porenkanäle erzeugen können, gleichviel, ob der freie Kalk des Bindemittels magnesiarein oder magnesiaführend gewesen sei. Bringt man in Anschlag, dass die Gefährdung des dauernden Bestandes einer Bétonbaute in Meerwasser in erster Linie von der Einwirkung des freien Kalkes auf das Bittersalz abhängig ist, der Thonerdegehalt des Bindemittels die zersetzende Wirkung des Meerwassers durch die Möglichkeit der Bildung des Kalk-Aluminat-Sulfats fördern kann, bringt man ferner in Erwägung, dass unter sonst gleichen Umständen die Wechselwirkung dieser Stoffe mit wachsender Angriffsfläche des Meerwassers ebenfalls wächst, dass die freie Magnesia keinen Einfluss auf den Prozess besitzt, die Karbonate sich ebenfalls indifferent verhalten, so folgt hieraus unmittelbar, dass:

1. zu Meeresbauten unter sonst gleichen Umständen diejenigen Species einer Gattung Bindemittel, bezw. denjenigen Mörteln der Vorrang gebührt, die möglichst kalkarm sind; dass

2. die löschfähige Magnesia im freien Kalke dieser Bindemittel, bezw. Mörtelsorten keinen nachteiligen Einfluss auszuüben vermag; dass

3. den gemauerten und sorgfältig verfügten Blöcken vor den stets mehr oder weniger porösen Stampfbétonblöcken der Vorrang gebührt; dass

4. der zur Herstellung von Mauerwerkblöcken zu verwendende Bruchstein und der, namentlich zum Verfugen benützte Mörtel dicht, also wasserundurchlässig sein soll; dass

5. die Zusammensetzung des Bétons für Stampfbétonblöcke nach Art der sog. übersatten Bétons zu wählen sei, welche bekanntlich durch einen Überschuss an Bindemittel gegenüber den Sandhohlräumen, durch einen Überschuss an Mörtelsubstanz gegenüber den Schotterhohlräumen gekennzeichnet sind. Soll der Bétonblock einen Kern in einem mageren Mischungsverhältnis erhalten, so sollte dieser allseitig doch mindestens auf 0,45 m Tiefe von einem satten, wasserundurchlässigen Béton umschlossen sein.

Wird der Block aus einem Gemenge von Bindemittel und Sand, oder aus Trass, Puzzolanerde oder Santorinerde und Kalkteig in Stampfmörtel hergestellt, so empfiehlt sich die Mischung unter Wahrung der Bedingung der Wasserundurchlässigkeit möglichst mager zu wählen und die Mörtelbereitung auf maschinellm Wege unter Anwendung von Kollergängen (Mörtelmühlen) mit mindestens 800 kg Läufergewicht vorzunehmen. Endlich

wäre dafür zu sorgen, dass die gemauerten, wie die in Stampfbéton oder Stampfmörtel erstellten Blöcke eine mehrmonatliche Erhärtung in feuchter Luft erfahren, bevor sie der Einwirkung des Meerwassers ausgesetzt werden. Waren hiebei die Blöcke allseitig mit Luft umspühlt, *so wird der freie Kalk bezw. die freie Magnesia des Mörtels der Blockmasse auf eine allerdings beschränkte Tiefe, von Aussen nach Innen fortschreitend, in das im Wasser unlösliche Kalk- bezw. Magnesiakarbonat übergeführt, wodurch der Stampfbéton bezw. die Mörtelfuge der gemauerten Blöcke oberflächlich gegen Angriffe des Meerwassers wesentlich widerstandsfähiger wird.*

Durch ein zeitweises Spritzen der Blöcke mit einer ca. 10%igen Ammonkarbonatlösung kann der Prozess der Überführung des freien Kalkes und der Magnesia in das Karbonat beschleunigt werden.

Vorstehende Darlegungen enthalten die Grundlagen zur Beantwortung der aufgeworfenen Fragen.

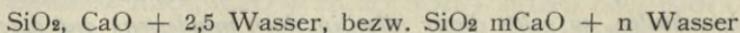
Sub I. *Santorinmörtel aus reinem und dolomitischem Kalk werden sich unter sonst gleichen Verhältnissen ähnlich verhalten; insbesondere liegt kein Grund zur Annahme vor, dass die Anwendung dolomitischer Kalke die Qualität und damit die Lebensdauer des Santorinmörtels in Meerwasser nachteilig beeinflussen würde.*

Die Begründung dieser Antwort ist in der Antwort auf Frage II enthalten. Dabei wird stillschweigend vorausgesetzt, dass bei der Mörtelbereitung, der Mörtelverarbeitung, sowie während der Dauer der Lufthärtung jene Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, deren Erfüllung die Natur der dolomitischen Kalke fordert.

Sub II. *Als Komponenten der Santorinerde-Mörtel sind dolomitische Kalke den Weisskalcken zwar nicht gleichwertig, dürfen jedoch zur Ausführung von Bétonblöcken oder zur Mörtelbereitung zugelassen werden, weil:*

a) in Berührung mit dem Meerwasser nicht die Magnesia, wohl aber der freie Kalk zerstörenden Einfluss auf den Bestand des Mörtels bezw. des Bétons auszuüben vermag;

b) bei gleichen Mischungsverhältnissen und gleichen Umständen der unter zu Grundelegung eines dolomitischen Kalkes gewonnene Santorinmörtel eine geringere Menge *frei bleibenden Kalkes* aufweisen wird, als der mit reinem Kalke erzeugte Mörtel, denn nach den bisherigen Erfahrungen geht in Gegenwart von Feuchtigkeit die verbindungs-fähige Kieselsäure in Berührung mit Kalk-Magnesia-Gemengen, in erster Linie mit dem Kalke Verbindungen ein. Es entstehen Kalkhydrosilikate nach der Formel



wo m eine zwischen 1 und 3 liegende Zahl bedeutet. Die zurückbleibende Magnesia kann mit der Zeit Magnesiahydro-Silikate geben, wie solche in der Natur ebenfalls vorkommen (Serpentin, Speckstein etc.) oder durch Übergang in feste Aggregatform, zur Verkittung der Mörtelkomponenten beitragen. In keinem Falle besitzt die reine Magnesia eine nachweisbare schädliche Wirkung;

c) in Berührung mit der Atmosphäre, oder beim Spritzen der Blöcke mit Ammonkarbonatlösung nimmt in erster Linie der Kalk, dann die

Magnesia Kohlensäure auf, wasserunlösliche Karbonate bildend. Kalk und Magnesia verhalten sich somit ähnlich; beide tragen dazu bei, durch Bildung unempfindlicher Krusten der Bétonblöcke, oder die Mörtelfugen der Blöcke gegen die Einwirkung des Meerwassers zu schützen.

Vorstehende Darlegungen bestätigt die Erfahrung der Praxis. Zu sämtlichen Blöcken der Hafenbaute, sowie zur Bétonbereitung für die Trockendocks zu Genua wurde der Dolomit von *Sestri* mit bisher tadellosem Erfolg verwendet. *Zschokke* und *Terrier* verwendeten bei Erstellung der Trockendocks und Quaimauern zur Kalkbereitung einen Dolomit aus dem Bruche von *Panigaro* mit folgender Zusammensetzung:

Kieselsäure und Silikate	0,60 ‰
Sesquioxide	0,35 „
Kohlensaurer Kalk	76,60 „
Kohlensaure Magnesia	22,10 „
Differenz	0,35 „
	<hr/>
	100,00 ‰

Die Zusammensetzung der Dolomite von *Sestri* schwankt mit der Lage des Steinbruchs, und wird wohl auch im gleichen Bruche von einer Bank zur andern nicht unerhebliche Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung zeigen.

Ein von *Zschokke* und *Terrier* s. Z. an die schweizer. Materialprüfungs-Anstalt eingesandtes Dolomitmuster ergab folgende Zusammensetzung:

	ungebrannt		in gebranntem Zustande
Kieselsäure	0,70 ‰	Kieselsäure	1,29 ‰
Sesquioxide	5,33 „	Sesquioxide	9,86 „
Kohlensaurer Kalk	56,02 „	Kalk	58,06 „
Kohlensaure Magnesia	33,89 „	Magnesia	29,86 „
Schwefelsaurer Kalk	0,49 „	Schwefelsaurer Kalk	0,92 „

Das Alter der ältesten ins Meer versenkten Bétonblöcke zu Genua ist uns nicht genau bekannt. *Zschokke's* Arbeiten datieren aus dem Ende der achtziger Jahre und reichen bis 1892. Die älteren Hafen- und Quaimauern in Genua lassen auch nicht viel zu wünschen übrig. Wo Beschädigungen vorliegen, liegen auch nachweisbare Gründe vor, die mit der *Kalkqualität* nichts gemein haben.

Im Vergleiche zu den projektierten Arbeiten am Schwarzen Meer sind die *Genueser* Ausführungen durch den wesentlich höheren Gehalt an schädlichen Salzen des Wassers des Mittelländischen Meeres im Nachteil, vergl. nachfolgende Zusammenstellung der chemischen Analysen einiger Meerwasser:

	Mittell. Meer	Adriat. Meer	Schwarzes Meer
NaCl	25,973 ‰	27,200 ‰	14,020 ‰
KCl	—	—	0,189 „
MgCl ₂	2,932 „	6,100 „	1,304 „
CaSO ₄	0,930 „	0,150 „	0,105 „
MgSO ₄	2,810 „	7,200 „	1,470 „
CaCO ₃	0,034 „	0,200 „	2,386 „
MgCO ₃			

In Genua wurde neben der grauen Puzzolane von Baccoli vorwiegend die rote, römische Puzzolane verwendet, während für die Arbeiten am Schwarzen Meer die Santorinerde in Aussicht steht. Nun enthalten weder die Santorinerde, noch die genannten Puzzolane Stoffe, die im Beisein der Magnesia des dolomitischen Kalkes auf nassem Wege irgendwelche Verbindungen liefern könnten, welche den dauernden Bestand des Mörtels oder Bétons nachteilig beeinflussen würden; vergl. die folgende Zusammenstellung der fraglichen hydraulischen Zuschläge.

	Puzzolan-Erde		Santorin-Erde
	von Baccoli (grau)	Rom (rot)	grau
SiO ₂	58,65 0/0	46,03 0/0	68,50 0/0
Al ₂ O ₃	17,21 „	17,37 „	13,31 „
Fe ₂ O ₃	3,73 „	11,04 „	5,50 „
CaO	2,66 „	10,65 „	2,36 „
MgO	1,04 „	3,96 „	0,25 „
H ₂ O	6,41 „	6,81 „	1,45 „
Alkal. als Diff.	10,30 „	4,14 „	1,63 „
	100,00 0/0	100,00 0/0	100,00 0/0

Die Santorin-Erde ist im Vergleiche zu den italienischen Puzzolanen auch noch insofern im Vorteil, als bei ihr der Kieselsäuregehalt höher, der Kalk- und Thonerdegehalt dagegen niedriger liegt. Die Gefahr der Bildung des *Kalk-Aluminat-Sulfates* im Meerwasser ist somit bei Anwendung der Santorinerde geringer, als bei den Puzzolanen, obschon bei beiden die Thonerde der Hauptsache nach an Kieselsäure gebunden ist, somit an der Bildung jenes gefährlichen Doppelsalzes des Kalksulfats überhaupt keinen Anteil nehmen kann.

Bezüglich der bei Verarbeitung der Santorin-Erde und des dolomitischen Kalkes einzuhaltenden Vorsichtsmassregeln haben wir folgende Bemerkungen:

a) *Santorin-Erde.* Dieselbe besteht bekanntlich

zu $\frac{1}{5}$ aus mörteltechnisch wertlosen, durch Wasserdampf aufgetriebenen Silicaten, aus *Bimstein*;

zu $\frac{1}{5}$ aus mörteltechnisch, ebenfalls wertlosen, dichten, glasig-muschlig brechenden Silicaten, aus *Obsidian*;

zu $\frac{3}{5}$ aus einem grauen, sandigen Mehl, das allein hydraulische Eigenschaften besitzt.

Während der *Obsidian* lediglich die *Rolle von Sand* im Mörtel spielt, besitzt der *Bimstein* durch seine poröse Beschaffenheit eine ansehnliche Wasserdurchlässigkeit und wirkt somit der Forderung, für Meeresbauten *dichten Mörtel* zu verwenden, direkt entgegen. Es wird sich somit empfehlen, die Santorinerde durch Werfen auf Drahtgitter von allen grösseren *Bimstein- und Obsidianstücken* zu befreien, die kleinen Stücke durch eine *maschinelle Mörtelbereitung unter zu Grundelegung von Kollergängen (Mörtelmühlen)* mit ca. 800 kg. Läufergewicht, welche die Mörtelkomponenten nicht nur mischen, sondern auch gleichzeitig wirksam zerkleinern, unschädlich zu machen.

Versuche werden darüber belehren müssen, ob das Werfen durch Gitter unterbleiben kann; man wird davon Abstand nehmen, wenn der auf Kollergängen gewonnene Mörtel sich als ausreichend fest und wasserundurchlässig erweisen sollte.

b) *Der dolomitische Kalk* ist unterhalb der Grenze der Sinterung zu brennen, da sonst die Magnesia ihre Löslichkeit verliert und infolge der nachträglichen Wasseraufnahme und der damit verbundenen Volumenvergrößerung Tribschäden erzeugen kann.

Der dolomitische Kalk muss derart gebrannt werden, dass sich derselbe ohne griesige, körnige Rückstände mit kaltem Wasser zu einem fettigen, weichen, griesfreien Kalkteig löschen lässt.

c) *Der gelöschte Kalk* ist einzusumpfen und im Sumpfe bis zur vollen Reife (stichgerechte Konsistenz) zu belassen. Die Bauleitung ist anzuhalten, gesumpfte griesige Bestandteile enthaltende Kalkmassen von der *Weiterverarbeitung* auszuschliessen.

d) *Zur Mörtelbereitung* sind die *vor erwähnten Kollergänge* zu verwenden. Dieselbe hat derart zu geschehen, dass zunächst das vorgemessene Quantum Santorinerde aufgegeben und durch 5—6 Passagen des Läufers zerkleinert wird; hierauf ist die erforderliche Menge Kalkbrei zuzuwerfen und die Mörtelmühle so lange in Bewegung zu lassen, bis die Mörtelmasse ein völlig homogenes, d. h. gleichmässiges Ansehen erlangt. Zeitweise sind Proben des Mörtels zu nehmen und die Kontroll-Proben auf deren Festigkeit und Dichte nach 28 tägiger Erhärungsfrist (Luftlagerung) durchzuführen.

e) Den gemauerten Blöcken wäre der Vorzug zu geben! Sollen unbedingt Bétonblöcke erzeugt und versenkt werden, so wird man diese nach den Regeln des Bétonstampfbaues herstellen, die Mischung von 3 Volumen Teilen Santorinerde auf 1 Volumen Teil Kalkbrei, sofern sie der Forderung der Dichte entspricht, beibehalten, und die ausgeschalteten Blöcke bei möglichst vollkommener Luftumspühlung mindestens 3—4 Monate an feuchter Luft belassen, bevor sie der Einwirkung des Meerwassers ausgesetzt werden. Das zeitweise Spritzen der Bétonblöcke mit einer ca. 10%igen Ammonkarbonatlösung wird die Bildung einer, die chemischen Einflüsse des Meerwassers abschwächenden Blockkrusten, vorteilhaft beeinflussen. Andere Mittel, wie z. B. die *Kessler'schen Fluats*, dürfen der Kosten wegen ausser Betracht fallen.

Sub III. Meeresbauten in Santorinerde und dolomitischen Kalk sind unseres Wissens bisher nicht ausgeführt worden.

18. Resultate der Untersuchung der Produkte der schweiz. Industrie hydraulischer Bindemittel im Zeitraume von der Züricher (1883) bis zur Genfer (1896) Landesausstellung.

Folgende Zusammenstellungen geben eine Übersicht über die Ergebnisse der Untersuchungen der Wertverhältnisse der hydraulischen Bindemittel schweiz. Herkunft aus dem Zeitraume von der Zürcher bis zur Genfer Landesausstellung. Die Untersuchung geschah Fall für Fall nach den schweiz. Normen und sind die gewonnenen Resultate, im Benehmen und auf Wunsch der Mitglieder des Vereins schweiz. Cement-, Kalk- und Gyps-fabrikanten, in Epochen vom Jahre 1883 bis einschliesslich 1886, vom Jahre 1886 bis einschliesslich 1889 eingeteilt und von da ab von Jahr zu Jahr zusammengestellt, ohne Rücksicht darauf, ob die geprüfte Waare vom Erzeuger oder Materialverbraucher herrühre, in Rechnung gestellt worden. Das Mittel der sämtlichen Versuchsergebnisse der einzelnen Zeitperioden wurde in die nachstehenden Tabellen eingesetzt; wir bemerken hiezu, dass Weglassungen nur für solche Materialsendungen eingetreten sind, für welche im Sinne des Reglementes der schweiz. Materialprüfungs-Anstalt Vorbehalte vorlagen, bzw. welche der Erzeuger zur eigenen Instruktion amtlich prüfen liess.

Bis zum Jahre 1887 wurden sämtliche Probekörper der Zug- und Druckfestigkeit von Hand erzeugt. Mit 1. Januar 1887 begann die regelmässige maschinelle Förmerei der Probekörper, so dass in den Tabellen dem Übergange von Hand- zur Maschinenarbeit Rechnung getragen erscheint. Zur Prüfung der Bindekraft der hydraulischen Bindemittel diente stets der schweiz. Normsand, und sind Versuchsergebnisse mit anderen Sandsorten in nachstehenden Tabellen nicht berücksichtigt.

Prinzipiell wurde bei der Hand- und der Maschinenarbeit gleiche Mörtelkonsistenz angestrebt. Dies Prinzip führte bei

Handarbeit zu verschiedenen Wassermengen und veränderlichen Dichten der Probekörper; mit der Einführung der maschinellen Förmerei der Probekörper kamen diese Unterschiede in Wegfall; wir arbeiten seither mit konstanter Rammarbeit pro Gramm trockener Mörtelsubstanz, mit gleicher Wassermenge für die Zug- und Druckproben und gleicher Dauer der Durcharbeitung des angemachten Mörtels. Über alle weiteren Einzelheiten der Erzeugung der Probekörper und der in der schweiz. Materialprüfungs-Anstalt eingebürgerten Prüfungsmethoden sei auf das V. und VI. Heft der offiziellen Mitteilungen verwiesen.

Datum der Aus-führung	Anzahl der Einzel-proben	Spec. Ge-wicht γ	Glüh-ver-lust %	Gewichts-verhältnisse, kg/l			Abbindeverhältnisse						
				masch. ein-gesiebt δ_1	lose ein-gefüllt δ_2	masch. einge-rüttelt δ_3	Tem-peratur °C	An-mach-wasser %	Tempe-raturer-höhung °C	Erhärt-ungs-beginn St. Min.	Binde-zeit St. Min.		
Kategorie I: Hyd-													
1. Bergwerk-Ver-													
1886	1	2,69	15,5	—	0,79	1,23	13,8	45,0	0,0	1	20	16	—
1886—89	2	2,71	14,6	0,77	0,81	1,26	16,3	43,0	4,3	1	28	27	—
2. Cement- und Gypsfabrik													
1887	1	2,82	9,0	0,78	0,84	1,34	18,0	45,0	5,1	—	11	3	—
3. Coulin & Petitpierre, Kalk-													
1886	2	2,85	10,5	0,83	0,88	1,33	18,1	41,8	0,6	3	45	17	30
4. Divol & Némoz, Kalk- und													
1891	1	2,75	13,6	0,88	0,99	1,41	16,0	35,0	0,0	6	—	120	—
1892	1	2,81	10,4	0,89	0,97	1,46	16,5	37,0	0,0	6	—	24	—
1893	1	2,84	8,8	0,90	1,09	1,49	15,5	36,0	0,0	—	35	96	—
5. Duvanel & Co., Cement-													
1896	1	2,76	11,5	0,82	0,88	1,33	17,0	47,0	0,0	6	30	24	—
6. Fabriques de Ciment-Portland et Chaux hydrau-													
1892	1	2,82	6,9	0,87	1,00	1,44	16,5	31,5	0,0	3	45	22	—
1894	1	2,83	9,4	0,78	0,93	1,25	12,5	40,0	0,0	5	30	30	—
1896	1	2,72	14,2	0,81	1,09	1,46	14,7	33,0	0,0	9	—	30	—
7. Fabriques de Ciment-Portland et Chaux													
1896	1	2,65	15,8	0,84	1,00	1,41	16,0	33,5	0,0	10	—	120	—
8. Farine, J., Kalk-													
1894	3	2,75	13,3	0,85	1,04	1,38	16,2	43,8	0,0	1	45	122	—
1895	1	2,72	10,4	0,92	1,07	1,54	15,3	39,5	0,0	—	30	c. 8 Tage	—

Volumenbeständig-keitsverhältnisse		Mahlungs-feinheit		Zugfestigkeit, kg/cm ² nach				Druckfestigkeit, kg/cm ² nach				
Wasser-lagerung nach 28-tägiger Beobachtungsdauer	Luftla-gerung nach 28-tägiger Beobachtungsdauer	Warm-bad-probe*)	Rückstand am 900-Sieb %	4900-Sieb %	7 Tagen		28 Tagen		7 Tagen		28 Tagen	
					Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit
raulische Kalke.												
waltung, Käpfnach.												
best.	best.	—	11,8	—	2,21	4,4	2,23	10,6	—	0,0	—	c. 40,0
»	»	—	13,6	—	2,22	5,0	2,23	8,9	2,26	33,9	2,26	77,0
Niederwyl von Jost Wirz, Solothurn.												
best.	best.	—	7,8	—	2,20	8,1	2,21	16,0	2,19	56,9	2,19	89,4
und Cementfabrik, Convers.												
best.	best.	—	15,5	—	2,21	4,0	2,22	9,3	—	0,0	2,24	51,5
Cementfabrik, Vouvry.												
best.	best.	—	21,8	—	2,23	0,0	2,25	3,7	2,23	9,8	2,24	21,1
»	»	best.	12,2	—	2,25	1,8	2,26	5,4	2,22	21,8	2,24	37,1
»	»	»	10,1	—	2,29	0,0	2,25	4,8	2,24	9,7	2,25	25,3
und Kalkfabrik, Noiraigue.												
best.	best.	best.	19,5	—	2,17	3,5	2,16	7,4	2,18	28,1	2,19	55,8
liques Châtel-St-Denis et Vouvry, Châtel-St-Denis.												
best.	best.	best.	3,9	—	2,28	4,4	2,29	10,1	2,26	47,8	2,26	85,3
»	»	»	1,7	—	2,31	6,3	2,33	13,5	2,30	44,3	2,28	77,5
»	»	»	4,3	—	2,23	1,9	2,25	4,5	2,23	16,0	2,23	29,9
hydrauliques Châtel-St-Denis et Vouvry, Vouvry.												
best.	best.	best.	15,4	—	—	—	2,21	3,8	2,22	10,4	2,22	27,8
fabrik, Soyhières.												
best.	best.	2 best.	11,5	—	2,25	0,0	2,29	5,4	2,25	11,2	2,27	30,5
»	»	best.	6,4	—	2,19	0,0	2,18	4,2	2,20	9,5	2,21	23,5

*) Für Kalke und Roman-Cemente: 50°C.

Datum der Ausführung	Anzahl der Einzelproben	Spec. Gewicht γ	Glühverlust $\%$	Gewichtsverhältnisse, kg/l			Abbindeverhältnisse						
				masch. eingeseiht δ_1	lose eingefüllt δ_2	masch. eingerüttelt δ_3	Temperatur $^{\circ}\text{C}$.	Anmachwasser $\%$	Temperaturerhöhung $^{\circ}\text{C}$.	Erhärtungsbeginn St. Min.	Bindezeit St. Min.		
9. Fleiner & Co., Cement-													
1883—86	3	2,79	10,3	—	0,97	1,57	14,7	33,3	1,7	1	51	16	30
1886—89	13	2,77	10,9	0,88	0,98	1,44	18,0	37,6	0,1	6	33	33	14
1890	6	2,75	11,6	0,90	0,98	1,46	14,1	34,8	0,0	8	59	37	40
1891	7	2,70	11,9	0,90	0,99	1,42	16,6	35,1	0,0	8	20	28	50
1892	3	2,74	9,3	0,89	1,01	1,48	18,4	34,1	0,0	5	40	35	—
1893	9	2,74	12,3	0,83	0,99	1,42	16,1	37,0	0,0	3	40	36	15
1894	1	2,78	8,2	0,88	1,08	1,52	14,2	34,0	0,0	7	—	22	—
1895	3	2,78	11,9	0,88	1,09	1,45	16,4	33,6	0,0	2	50	23	—

10. Gebr. Gresly, Martz & Co.,

1894	1	2,61	13,7	0,87	0,97	1,43	14,4	33,3	0,0	24	—	144	—
------	---	------	------	------	------	------	------	------	-----	----	---	-----	---

11. Hartmann, C., Wwe., Kalk-

1896	3	2,80	11,0	0,81	0,97	1,39	15,8	41,9	0,0	3	25	26	40
------	---	------	------	------	------	------	------	------	-----	---	----	----	----

12. Hürlimann, K.,

1884	1	2,73	—	—	0,78	1,17	14,0	48,0	1,4	5	—	40	—
1886—89	11	2,78	9,7	0,88	0,95	1,45	17,4	36,5	0,0	4	03	35	10
1891	4	2,73	10,1	0,86	0,95	1,38	16,0	38,6	0,0	7	40	57	—
1892	3	2,70	11,1	0,80	0,91	1,34	17,3	36,8	0,0	2	35	48	20
1893	2	2,72	9,4	0,82	0,95	1,33	17,0	36,8	0,0	—	45	22	—
1894	3	2,78	7,7	0,88	1,08	1,51	15,1	33,6	0,0	1	15	19	40
1895	10	2,80	9,5	0,87	1,02	1,46	17,0	38,5	0,0	2	58	26	54
1896	3	2,74	11,4	0,78	0,97	1,32	14,8	39,5	0,0	3	10	58	20

13. Hydraulische Kalkfabrik

1895	2	2,74	13,3	0,85	1,03	1,36	16,7	29,0	0,0	5	15	28	30
1896	4	2,74	15,0	0,84	1,06	1,55	15,3	36,4	0,0	3	11	32	45

14. Jacquet & Maulini, Cement-

1891	1	2,80	9,8	0,86	0,97	1,32	16,0	35,0	0,0	5	—	120	—
1893	2	2,77	15,6	0,91	1,04	1,43	14,1	33,2	0,0	7	15	132	—

Volumenbeständigkeitsverhältnisse			Mahlungsfeinheit		Zugfestigkeit, kg/cm ² nach				Druckfestigkeit, kg/cm ² nach			
Wasserlagerung nach 28-tägiger Beobachtungsdauer	Luftlagerung nach 28-tägiger Beobachtungsdauer	Warmbadprobe	Rückstand		7 Tagen		28 Tagen		7 Tagen		28 Tagen	
			900-Sieb $\%$	4900-Sieb $\%$	Spec. Gew.	Festigkeit	Spec. Gew.	Festigkeit	Spec. Gew.	Festigkeit	Spec. Gew.	Festigkeit
und Kalkfabrik, Aarau.												
best.	best.	—	11,9	—	—	1,3	—	7,5	—	0,0	—	0,0
»	»	—	14,8	—	2,26	3,5	2,27	7,4	2,23	25,3	2,24	44,1
»	»	—	11,4	—	2,30	3,0	2,32	6,6	2,23	20,5	2,24	36,7
»	»	—	18,4	—	2,23	4,2	2,24	10,0	2,24	26,0	2,25	45,2
»	»	best.	15,0	—	2,21	3,3	2,22	7,1	2,22	24,2	2,22	43,5
»	»	»	13,6	—	2,22	3,7	2,23	7,7	2,21	23,5	2,22	40,9
»	»	»	14,4	—	2,27	4,5	2,26	8,9	2,24	29,0	2,26	51,3
»	»	»	8,2	—	2,23	4,4	2,26	8,9	2,26	33,5	2,28	59,6

Cement- und Kalkwerke, Liesberg.

best.	best.	best.	19,4	—	2,23	0,0	2,26	3,2	2,20	7,7	2,22	23,6
-------	-------	-------	------	---	------	-----	------	-----	------	-----	------	------

und Gipsfabrik, Leissigen.

best.	best.	best.	11,9	—	2,23	3,2	2,24	6,8	2,22	26,3	2,21	50,2
-------	-------	-------	------	---	------	-----	------	-----	------	------	------	------

Kalkfabrik, Brunnen.

best.	best.	—	9,5	—	—	3,9	—	11,0	—	52,2	—	86,2
»	best.	—	13,4	—	2,27	3,1	2,27	6,3	2,24	27,1	2,25	42,7
»	best.	—	14,2	—	2,25	4,2	2,25	8,0	2,25	33,4	2,26	58,6
»	»	best.	12,2	—	2,22	3,2	2,24	6,6	2,21	24,5	2,26	44,8
»	»	»	11,9	—	2,25	3,7	2,26	7,2	2,23	26,9	2,24	46,0
»	»	»	14,3	—	2,26	3,5	2,26	7,3	2,26	32,8	2,26	57,6
»	»	»	13,8	—	2,21	3,6	2,23	7,1	2,24	34,3	2,25	60,9
»	»	»	11,2	—	2,24	3,6	2,26	8,3	2,25	33,1	2,26	59,7

Holderbank-Wildeg, Holderbank.

best.	best.	best.	7,5	—	2,24	3,0	2,26	7,3	2,25	22,2	2,26	49,7
»	»	»	11,9	—	2,22	2,5	2,24	6,9	2,23	20,6	2,25	44,9

und Kalkfabrik, Vouvry.

best.	best.	—	20,5	—	2,24	0,0	2,26	3,3	2,24	8,8	2,25	21,8
»	»	best.	16,9	—	2,25	0,0	2,25	2,5	2,24	8,4	2,23	19,9

Datum der Aus-führung	Anzahl der Einzel-proben	Spec. Ge-wicht γ	Glüh-ver-lust %	Gewichts-verhältnisse, kg/l			Abbindeverhältnisse							
				masch. ein-gesiebt δ_1	lose ein-gefüllt δ_2	masch. ein-gesiebt δ_3	Temp-eratur °C.	An-mach-wasser %	Tempe-raturer-höhung °C.	Erhärt-ungs-beginn St. Min.	Binde-zeit St. Min.			
15. Kalk- und Cement-														
1894	I	2,74	14,7	0,87	0,91	1,38	14,5	38,5	0,0	2	30	96	—	
16. Kalk- und Cementfabriken (vorm.)														
1886	I	2,68	13,0	0,70	0,74	1,21	15,2	50,0	0,5	3	30	0	80	—
1886—89	38	2,69	14,2	0,79	0,87	1,28	17,9	43,0	0,3	1	49	48	10	
1890	14	2,67	14,8	0,73	0,85	1,26	15,4	44,8	0,0	2	30	70	20	
1891	5	2,68	15,2	0,77	0,86	1,28	14,1	41,1	0,0	3	24	73	24	
1892	21	2,65	14,8	0,72	0,84	1,25	16,8	43,3	0,0	4	18	82	49	
1893	15	2,71	12,0	0,77	0,91	1,28	16,7	43,1	0,0	2	37	73	12	
1894	10	2,67	14,5	0,80	0,94	1,35	16,6	37,1	0,0	2	45	55	30	
1895	6	2,74	12,7	0,78	0,93	1,33	16,6	42,9	0,0	3	06	32	—	
1896	6	2,70	13,5	0,78	0,95	1,32	15,4	40,5	0,0	1	45	44	10	
17. Kalk- und Gips-														
1886	I	2,94	6,1	—	0,97	1,61	14,4	34,0	3,7	—	15	22	—	
1886—89	4	2,86	8,3	0,87	0,96	1,44	15,8	38,9	3,5	—	17	58	45	
1892	I	2,67	13,7	0,63	0,73	1,05	17,0	55,5	0,0	—	45	108	—	
1893	I	2,83	15,2	0,91	1,07	1,50	18,0	35,0	0,0	—	25	144	—	
1894	I	2,94	9,7	0,81	1,04	1,44	14,5	39,5	0,0	—	15	50	—	
18. Leuba & Co. (vorm. Gebr. Leuba),														
1886	I	2,71	14,4	0,83	0,86	1,30	17,3	40,0	4,0	1	35	15	—	
1893	I	2,71	12,7	0,91	0,98	1,32	16,3	40,0	0,0	—	25	7	30	
1896	4	2,77	12,1	0,76	0,91	1,28	17,0	39,1	0,0	—	52	8	22	
19. Moos, J., Ziegelei und														
1895	I	2,89	13,4	0,74	0,94	1,37	15,0	48,0	0,0	—	05	45	—	
20. Peck, Ed., Cement- und														
1894	2	2,79	12,6	0,90	1,01	1,43	16,0	38,0	0,0	1	18	18	—	
21. Portland-Cementfabrik														
1894	2	2,88	8,6	0,95	1,14	1,63	16,3	31,5	0,0	—	34	12	30	
1895	4	2,93	7,7	0,96	1,14	1,72	15,5	31,1	0,0	—	59	7	45	

Volumenbeständig-keitsverhältnisse			Mahlungs-feinheit		Zugfestigkeit kg/cm ² nach				Druckfestigkeit, kg/cm ² nach			
					7 Tagen		28 Tagen		7 Tagen		28 Tagen	
Wasser-lagerung nach 28-tägiger Beobachtungsdauer	Luft-lagerung	Warm-bad-probe	Rückstand am 900-Sieb 0/0	4900-Sieb 0/0	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit
steinfabrik, Niederweningen.												
best.	best.	best.	20,7	—	2,17	2,2	2,18	6,8	2,22	20,7	2,22	40,0
Sevestre & Co.) Beckenried, Zürich												
best.	best.	—	9,0	—	2,19	2,6	2,21	9,1	—	—	2,21	66,5
37 best.	37 best.	—	15,3	—	2,23	3,3	2,24	7,9	2,20	23,2	2,21	48,9
18 best.	best.	—	12,1	—	2,25	3,1	2,26	7,3	2,23	23,2	2,24	46,5
best.	»	—	17,2	—	2,22	3,0	2,23	8,5	2,21	20,9	2,22	42,5
»	»	best.	15,5	—	2,21	2,5	2,22	6,8	2,21	22,1	2,22	43,9
»	»	14 best.	13,2	—	2,24	2,8	2,25	6,8	2,23	20,3	2,24	43,0
»	»	best.	18,5	—	2,25	3,3	2,25	8,1	2,22	26,2	2,23	49,4
»	»	5 best.	15,1	—	2,20	4,4	2,22	9,9	2,23	34,1	2,24	64,1
»	»	best.	10,4	—	2,24	2,9	2,24	7,5	2,24	25,1	2,24	51,4
fabrik, Bärschwyl.												
best.	best.	—	18,5	—	—	0,0	2,21	5,9	—	0,0	—	0,0
»	»	—	15,8	—	2,18	0,6	2,19	6,8	2,28	11,5	2,28	45,6
»	»	best.	0,6	—	2,25	2,1	2,24	7,8	2,22	17,8	2,21	44,1
»	»	»	5,8	—	2,26	2,3	2,29	6,7	2,25	14,1	2,27	45,3
»	»	»	8,5	—	2,29	0,0	2,31	6,2	2,26	11,5	2,29	40,9
Cement- und Kalkfabrik, Noiraigue.												
best.	best.	—	10,0	—	2,13	5,5	2,17	12,3	2,21	c. 40,0	2,23	56,3
»	»	best.	1,4	—	2,29	7,7	2,29	13,4	2,27	48,1	2,28	81,5
»	»	»	11,8	—	2,24	4,6	2,25	10,0	2,25	39,6	2,25	72,3
Kalkfabrik, Lufingen.												
best.	best.	best.	0,7	—	2,25	4,9	2,26	9,0	2,26	26,2	2,28	73,2
Kalkfabrik, Rondchâtel.												
I best.	I best.	I best.	12,7	—	2,19	3,0	2,25	4,6	2,21	22,6	2,21	31,3
Lägern, Oberchrendingen.												
best.	best.	best.	11,3	—	2,26	5,3	2,26	8,7	2,25	36,7	2,27	53,4
»	»	»	8,7	—	2,25	5,1	2,27	9,6	2,26	36,6	2,28	54,9

Datum der Aus-führung	Anzahl der Einzel-proben	Spec. Ge-wicht γ	Glüh-ver-lust %	Gewichts-verhältnisse, kg/l			Abbindeverhältnisse						
				masch. ein-gesiebt δ_1	lose ein-gefüllt δ_2	masch. eingedrückt δ_3	Tem-peratur °C.	An-mach-wasser %	Tempe-raturer-höhung °C.	Erhärt-ungs-beginn St. Min.	Binde-zeit St. Min.		
22. Portland-Cement-													
1884	1	2,57	—	—	0,79	1,22	19,4	43,0	0,0	4	30	24	—
1887—89	1	2,57	15,7	0,70	0,79	1,22	14,0	42,3	0,0	13	45	45	30
1893	1	2,58	15,4	0,85	0,92	1,34	19,5	34,0	0,0	4	30	40	—
1895	1	2,80	8,8	0,87	0,97	1,44	18,5	37,5	0,0	7	—	30	—
23. Schwarz, A., Wwe.,													
1886—89	8	2,77	10,6	0,85	0,92	1,39	18,8	38,3	0,3	3	16	40	53
1890	1	2,63	17,2	0,94	1,00	1,50	15,2	35,0	0,0	5	05	32	—
1891	8	2,73	10,8	0,84	0,91	1,32	17,0	39,4	0,0	4	09	68	30
1892	6	2,79	8,3	0,79	0,93	1,38	14,5	39,5	0,0	1	53	65	40
1893	4	2,76	8,4	0,83	1,02	1,37	16,6	38,8	0,0	1	11	46	—
1894	8	2,77	10,2	0,86	0,98	1,39	16,7	38,2	0,0	1	54	34	11
1895	12	2,78	10,3	0,84	1,00	1,39	15,3	41,6	0,0	—	34	23	45
1896	5	2,84	6,6	0,83	1,05	1,40	13,3	38,9	0,0	3	17	28	48
24. Société des usines de Grandchamp et de													
1892	1	2,59	18,2	0,89	1,03	1,51	14,0	31,5	0,0	8	30	144	—
1893	1	2,76	10,2	0,85	1,08	1,55	1,50	30,5	0,0	12	—	72	—
1896	1	2,77	11,8	0,74	0,81	1,24	17,0	48,0	0,0	2	30	20	—
25. Spühler, G., Kalk-													
1887	1	2,79	12,5	0,75	0,77	1,22	14,0	48,0	4,6	—	30	120	—
1890	5	2,69	15,6	0,78	0,85	1,28	14,1	41,0	0,0	1	49	29	30
1891	6	2,68	14,6	0,72	0,83	1,21	14,2	40,9	0,0	3	23	32	50
1892	2	2,71	13,1	0,72	0,84	1,25	14,4	45,5	0,0	2	15	48	—
1893	2	2,65	14,5	0,81	0,96	1,37	16,4	40,8	0,0	3	45	23	30
1894	2	2,78	11,9	0,79	0,91	1,30	14,1	38,5	0,0	4	30	31	30
1895	5	2,78	11,6	0,85	1,04	1,45	16,2	35,9	0,0	2	57	15	36
1896	8	2,78	10,2	0,88	1,04	1,48	15,5	32,0	0,0	3	34	12	45
26. Wallenstadter Roman- und Portland-Cementfabrik													
1886—89	5	2,53	18,0	0,60	0,62	0,96	15,5	62,6	0,0	17	—	134	—
1890	2	2,51	17,8	0,56	0,64	0,95	13,6	63,5	0,0	24	18	175	—
1894	1	2,73	11,0	0,72	0,87	1,09	14,4	37,5	0,0	3	—	8	—

Volumenbeständig-keitsverhältnisse			Mahlungs-feinheit		Zugfestigkeit, kg/cm ² nach				Druckfestigkeit, kg/cm ² nach			
Wasser-lagere-nach 28-tägiger Beobachtungs-dauer	Luftla-gerung nach 28-tägiger Beobachtungs-dauer	Warm-bad-probe	Rückstand am 900- 4900-Sieb		7 Tagen		28 Tagen		7 Tagen		28 Tagen	
			%	%	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit
fabrik, Rozloch.												
best.	best.	—	18,0	—	—	6,8	—	13,7	—	74,4	—	100,1
»	»	—	12,8	—	2,23	3,8	2,23	7,5	2,23	20,4	2,24	32,3
»	»	best.	26,5	—	2,22	3,0	2,26	6,3	2,23	22,6	2,22	42,3
»	»	»	14,3	—	2,21	1,4	2,24	4,8	2,25	22,9	2,27	47,5
Kalkfabrik, Beckenried.												
7 best.	best.	—	12,0	—	2,26	3,5	2,29	8,1	2,24	22,3	2,25	46,4
best.	best.	—	15,2	—	2,23	2,4	2,24	7,0	2,23	17,6	2,23	33,3
7 best.	7 best.	—	16,7	—	2,24	2,7	2,25	7,0	2,25	22,8	2,25	46,0
best.	best.	best.	7,3	—	2,24	2,4	2,26	7,8	2,26	23,5	2,27	52,3
»	»	»	8,7	—	2,30	3,4	2,30	8,0	2,27	25,4	2,28	48,0
»	»	»	16,2	—	2,25	3,3	2,26	8,2	2,23	25,3	2,23	47,0
»	»	»	11,2	—	2,22	3,8	2,23	9,0	2,25	31,8	2,24	59,4
»	»	»	8,1	—	2,22	2,0	2,24	6,2	2,22	21,2	2,24	44,0
Roche (vorm. L. Du Pasquier & Co.), Grandchamp.												
best.	best.	best.	19,9	—	2,20	0,0	2,21	4,3	2,17	12,9	2,18	24,6
»	»	»	7,1	—	2,22	1,4	2,23	4,7	2,18	12,6	2,21	26,3
»	»	»	17,3	—	2,21	4,1	2,21	8,2	2,23	29,6	2,21	69,9
fabrik, Reckingen, Kt. Zürich.												
best.	best.	—	17,0	—	2,19	7,4	2,19	12,5	2,20	30,0	2,20	79,6
»	»	—	16,9	—	2,25	5,0	2,26	9,9	2,21	33,9	2,21	55,9
»	»	—	15,7	—	2,24	4,6	2,25	10,2	2,23	32,6	2,25	55,9
»	»	best	12,6	—	2,22	3,2	2,24	7,5	2,23	28,2	2,24	54,0
»	»	»	14,6	—	2,22	3,3	2,23	8,7	2,22	23,7	2,23	48,9
»	»	»	15,8	—	2,25	3,9	2,29	8,3	2,27	29,0	2,26	50,8
»	»	»	11,2	—	2,20	7,5	2,24	12,6	2,25	44,4	2,25	68,8
»	»	»	19,0	—	2,20	5,1	2,21	9,6	2,19	35,8	2,21	56,0
A.-G. (vorm. Tröger & Götzger), Emmenda.												
best.	best.	—	6,8	—	2,04	5,4	2,13	8,4	2,04	25,1	2,09	39,4
1 best.	1 best.	—	0,7	—	2,24	1,1	2,24	4,5	2,20	19,5	2,20	37,6
best.	best	best.	4,4	—	2,30	5,5	2,28	12,0	2,28	52,5	2,27	121,9

Datum der Aus-führung	Anzahl der Einzel-proben	Spec. Ge-wicht γ	Glüh-ver-lust %	Gewichts-verhältnisse, kg/l			Abbindeverhältnisse					
				masch. ein-gesiebt δ_1	lose ein-gefüllt δ_2	masch. eing-rüttelt δ_3	Tem-peratur °C.	An-mach-wasser %	Tem-pe-raturer-höhung °C.	Erhär-tungs-be-ginn St. Min.	Binde-zeit St. Min.	
Kategorie II:												
1. Aktiengesellschaft der Portland-												
1893	1	2,95	7,27	0,81	0,98	1,35	15,5	34,0	17,9	—	05	13
2. Bergwerk-Ver-												
1886	1	2,96	8,74	—	0,95	1,51	15,5	36,5	17,4	—	09	20
3. Fleiner & Co., Cement-												
1883—86	4	2,96	5,87	—	0,86	1,44	13,1	38,4	12,4	—	12	40
1887—89	2	2,98	6,28	0,93	0,99	1,44	18,6	37,8	5,7	—	19	8 53
1890	2	2,93	7,72	0,97	1,05	1,56	13,3	33,5	7,5	—	31	8 45
1891	3	2,91	8,26	0,96	1,02	1,52	15,8	33,7	7,7	—	05	2 21
1893	1	3,03	3,54	1,00	1,11	1,63	16,8	33,0	17,8	—	01	— 05
1895	1	2,73	6,83	0,95	1,07	1,55	15,5	32,5	8,1	—	05	— 37
4. Hürlimann, K., Cement-												
1896	1	2,88	8,62	0,83	0,93	1,35	15,0	36,5	5,5	—	08	2 30
5. Jura-Cementfabriken (vorm.)												
1884	1	2,83	—	—	0,96	1,44	14,2	35,0	—	—	08	— 24
1888	1	2,97	6,23	0,96	1,06	1,64	18,5	36,5	8,5	—	06	4 —
1889	1	2,94	6,79	0,90	0,97	1,88	19,8	41,5	11,7	—	06	4 30
6. Kalk- und Cementfabriken (vorm.)												
1886	1	2,92	5,11	1,10	1,11	1,73	15,5	26,0	1,4	4	30	17 30
1887—89	1	2,99	4,05	1,12	1,19	1,83	15,3	26,5	2,3	—	48	9 30
1891	2	2,90	6,66	1,03	1,07	1,77	13,8	28,3	0,4	9	—	30 —
1892	4	2,87	7,30	1,00	1,07	1,60	14,3	31,0	1,2	5	15	24 15
1896	1	2,71	16,73	0,83	1,00	1,39	15,7	35,0	1,2	3	—	30 —
7. Kunkler & Co., Cement-												
1896	3	3,03	4,20	0,83	1,03	1,40	16,2	43,8	24,6	—	04	— 12

Volumenbeständig-keitsverhältnisse			Mahlungs-feinheit		Zugfestigkeit, kg/cm ² nach				Druckfestigkeit, kg/cm ² nach			
Wasser-lagerg. nach 28-tägiger Beobachtungsdauer	Luftla-gerung nach 28-tägiger Beobachtungsdauer	Warm-bad-probe *)	Rückstand am 900-Sieb %	4900-Sieb %	7 Tagen		28 Tagen		7 Tagen		28 Tagen	
					Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit
Roman-Cemente.												
Cementfabrik Wagner & Co., Stans.												
best.	best.	best.	3,2	13,0	2,37	12,2	2,37	19,1	2,35	115,5	2,37	194,1
waltung, Käpfnach.												
best.	best.	—	5,6	24,0	2,22	11,0	2,25	18,8	2,25	89,2	2,25	127,0
und Kalkfabrik, Aarau.												
best.	best.	—	3,8	14,9	—	11,5	—	19,6	—	76,2	—	101,0
»	»	—	6,5	23,5	2,28	8,0	2,29	16,8	2,27	39,0	2,28	111,6
»	»	—	5,6	25,9	2,37	6,9	2,39	11,3	2,31	49,7	2,32	82,7
»	»	—	7,2	29,0	2,31	8,1	2,33	15,5	2,29	58,0	2,31	104,2
»	»	best.	2,0	18,1	2,29	9,3	2,33	14,2	2,32	90,5	2,32	141,0
»	»	»	3,7	21,1	2,27	10,6	2,31	23,5	2,32	97,7	2,32	192,6
und Kalkfabrik, Brunnen.												
best.	best.	best.	12,0	32,0	2,27	7,5	2,28	16,0	2,28	60,5	2,28	107,4
Zurlinden & Co., Aarau.												
best.	best.	—	1,8	14,4	—	11,1	—	21,5	—	—	—	—
»	»	—	2,4	23,2	2,26	9,3	2,27	14,4	2,27	70,0	2,28	105,4
»	»	—	2,0	18,6	2,30	7,9	2,31	14,1	2,28	68,0	2,30	137,8
Sevestre & Co., Beckenried, Zürich.												
best.	best.	—	10,4	30,6	2,23	6,1	2,27	10,8	2,29	unter 50,0	2,29	83,9
»	»	—	8,3	29,3	2,30	8,6	2,30	11,6	2,29	72,4	2,30	98,8
»	»	—	3,4	21,5	2,28	10,4	2,30	17,8	2,28	111,6	2,30	159,4
»	»	best.	6,7	25,5	2,28	9,7	2,29	13,0	2,27	92,1	2,29	137,4
»	»	»	10,0	32,5	2,27	5,7	2,28	13,0	2,30	48,1	2,28	78,8
werke Wallenstadt, Wallenstadt.												
best.	best.	best.	4,0	18,1	2,30	9,1	2,30	13,5	2,30	97,7	2,30	173,6

*) Für Kalke und Roman-Cemente: 50°C.

Datum der Aus-führung	Anzahl der Einzel-proben	Spec. Ge-wicht γ	Glüh-ver-lust %	Gewichts-verhältnisse, kg/l			Abbindeverhältnisse					
				masch. ein-gesiebt δ_1	lose ein-gefüllt δ_2	masch. eingerrüttelt δ_3	Tem-peratur °C.	An-mach-wasser %	Tempe-raturer-höhung °C.	Erhärt-ungs-beginn St. Min.	Binde-zeit St. Min.	
8. Portland-Cementfabrik												
1895	1	2,96	4,95	0,95	1,02	1,55	15,0	37,0	11,5	—	12 3	—
9. Schwarz, A., Wwe.,												
1891	1	3,06	3,67	0,95	1,00	1,50	14,3	42,0	12,7	—	02 6	—
1893	1	3,03	3,36	0,86	1,00	1,40	16,0	38,0	7,4	—	13 1	—
10. Société des usines de Grandchamp et de												
1887	1	3,07	5,11	0,91	0,96	1,49	12,5	39,0	6,0	—	10 —	45
11. Spühler, G. Kalk-												
1891	1	2,99	3,68	0,83	0,93	1,40	12,4	41,0	5,9	—	16 4,30	—
12. Wallenstadter Roman- und Portland-Cementfabrik,												
1889	3	3,00	6,96	0,75	0,88	1,34	17,7	46,3	24,3	—	06 —	10
1890	2	3,03	7,10	0,76	0,92	1,32	14,3	43,0	30,1	—	05 —	16
1893	1	3,11	1,55	0,82	0,97	1,36	21,0	44,5	24,3	—	05 —	12
Kategorie III:												
1. Kalk- und Cementfabriken (vorm.)												
1894	3	2,77	6,2	0,89	1,08	1,52	15,2	32,5	0,0	4 35	17 40	—
1895	9	2,78	6,6	0,88	1,03	1,55	16,5	35,3	0,0	5 10	19 13	—
1896	8	2,76	6,5	0,81	0,98	1,41	16,0	36,1	0,0	4 13	12 15	—
2. Portland-Cementfabrik												
1894	7	2,91	2,7	1,10	1,28	1,73	16,1	26,2	0,0	5 30	22 45	—
1895	7	2,91	5,1	1,02	1,21	1,72	15,7	28,8	0,0	6 45	26 15	—
1896	6	2,93	3,7	1,07	1,26	1,78	16,4	26,5	0,0	7 35	29 40	—

Volumenbeständig-keitsverhältnisse			Mahlungs-feinheit		Zugfestigkeit, kg/cm ² nach				Druckfestigkeit, kg/cm ² nach			
Wasser-lagerg. nach 28-tägiger Beobachtungs-dauer	Luftla-gerung nach 28-tägiger Beobachtungs-dauer	Warm-bad-probe *)	Rückstand am 900- Sieb		7 Tagen		28 Tagen		7 Tagen		28 Tagen	
			0/0	0/0	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit
Rozloch.												
best.	best.	best.	0,1	5,3	2,27	14,4	2,30	18,9	2,29	164,1	2,30	215,3
Kalkfabrik, Beckenried.												
best.	best.	—	15,0	30,0	2,23	4,3	2,22	6,7	2,19	33,8	2,20	32,8
»	»	best.	3,5	22,0	2,30	3,6	2,30	7,9	2,29	29,3	2,29	64,6
Roche (vorm. L. Du Pasquier & Co.), Grandchamp.												
best.	best.	—	19,3	34,5	2,19	4,0	2,22	6,3	—	0,0	—	unter 40,0
fabrik, Reckingen, Kt. Zürich.												
best.	best.	—	8,5	26,0	2,31	2,4	2,30	3,8	2,30	25,3	2,25	25,0
A.-G. (vorm. Tröger & Götzger), Ennenda.												
best.	best.	—	4,7	17,7	2,34	12,0	2,34	14,6	2,32	95,3	2,33	149,0
»	»	—	1,4	13,5	2,34	11,0	2,35	13,5	2,32	103,3	2,31	122,1
»	»	best.	1,4	14,0	2,34	14,1	2,35	18,8	2,34	111,0	2,35	200,0
Schlacken-Cemente.												
Sevestre & Co.) Beckenried, Zürich.												
best.	best.	best.	0,7	16,5	2,33	16,7	2,32	25,2	2,33	145,6	2,32	232,7
»	»	»	1,9	20,7	2,27	17,7	2,27	25,2	2,29	147,8	2,31	214,9
»	»	»	1,2	16,3	2,31	20,9	2,30	26,7	2,30	187,1	2,31	273,6
Mönchenstein, b. Basel.												
best.	6 best.	6 best.	3,9	22,5	2,32	8,8	2,33	17,8	2,32	90,7	2,32	153,5
»	best.	best.	1,1	16,3	2,29	10,6	2,31	20,7	2,32	103,7	2,32	197,7
»	»	»	2,0	26,5	2,27	5,6	2,29	13,3	2,27	63,9	2,27	126,6

*) Für Schlacken- und Portland-Cemente: 100 °C

Datum der Ausführung	Anzahl der Einzelproben	Spec. Gewicht γ	Glühverlust δ_0	Gewichtsverhältnisse, kg/l			Abbindeverhältnisse				
				masch. eingeseibt δ_1	lose eingefüllt δ_2	masch. entrüttelt δ_3	Temperatur $^{\circ}\text{C}$.	Anmachwasser $\%$	Temperaturerhöhung $^{\circ}\text{C}$.	Erhärtungsbeginn St. Min.	Bindezeit St. Min.
3. Société des usines de											
1883—86	8	2,68	7,7	0,98	1,02	1,59	14,7	32,0	0,5	1 42	15 19
1886—89	29	2,62	8,3	0,99	1,06	1,63	17,5	31,8	0,4	1 17	14 33
1890	2	2,63	8,2	0,92	1,05	1,59	13,0	27,8	0,6	1 25	17 45
1891	17	2,65	7,9	0,97	1,03	1,60	14,1	31,0	0,0	1 28	17 48
1892	4	2,64	7,6	0,91	1,05	1,59	18,1	29,9	0,0	1 24	15 45
1893	6	2,65	7,6	0,93	1,18	1,57	17,1	30,8	0,0	1 11	10 15
1894	6	2,70	7,8	0,97	1,09	1,62	15,0	30,2	0,0	1 33	13 10
1895	3	2,69	7,5	0,96	1,09	1,60	16,3	29,5	0,0	2 —	10 —
1896	1	2,65	9,0	0,89	1,20	1,53	14,7	31,3	0,0	2 —	18 —

Kategorie IV:

1. Aktiengesellschaft der Portland-

1892	1	3,01	4,15	1,20	1,31	1,94	13,0	26,25	0,5	8 30	22 —
1893	5	3,10	1,92	1,23	1,37	1,95	15,8	25,4	1,7	3 52	15 24
1894	8	3,05	3,44	1,16	1,30	1,89	15,7	25,8	1,4	4 26	13 23
1895	6	3,08	2,98	1,20	1,35	1,93	16,3	27,8	0,4	4 23	17 10
1896	6	3,09	2,47	1,19	1,34	1,87	16,5	28,7	0,8	6 25	20 —

2. Aktiengesellschaft der R. Vigier's

1883—86	7	3,08	—	—	1,31	1,98	16,4	25,25	0,2	6 17	18 —
1886—89	18	3,05	3,26	1,28	1,30	1,99	18,1	25,2	0,9	5 25	14 53
1890	10	3,07	3,01	1,14	1,24	1,90	15,8	27,5	4,6	4 05	13 22
1891	16	3,06	2,70	1,16	1,23	1,84	15,2	26,7	1,9	4 53	17 28
1892	14	3,07	1,81	1,17	1,29	1,89	16,3	27,0	1,5	5 32	16 56
1893	7	3,08	1,83	1,23	1,38	1,91	17,5	25,5	1,8	6 13	17 17
1894	24	3,07	2,13	1,16	1,34	1,85	16,7	26,5	3,8	3 16	10 06
1895	18	3,11	1,95	1,18	1,34	1,86	15,8	26,6	2,0	6 57	20 38
1896	18	3,14	1,29	1,19	1,32	1,87	15,7	27,1	2,9	5 24	19 —

3. Basler Cementfabrik

1893	5	3,08	2,16	1,18	1,37	1,93	16,5	27,6	2,6	5 24	14 48
1894	27	3,12	1,75	1,22	1,39	1,90	15,5	26,7	1,4	6 29	18 54
1895	6	3,14	1,81	1,29	1,43	1,98	16,4	26,3	2,1	6 20	18 30
1896	3	3,10	1,99	1,23	1,35	1,91	15,8	27,8	1,5	8 10	25 40

Volumenbeständigkeitsverhältnisse			Mahlungsfeinheit		Zugfestigkeit, kg/cm ² nach				Druckfestigkeit, kg/cm ² nach			
Wasser- Luftlag. gerung nach 28-tägiger Beobachtungsdauer	Luftlagerung nach 28-tägiger Beobachtungsdauer	Warmbadprobe*)	Rückstand am		7 Tagen		28 Tagen		7 Tagen		28 Tagen	
			900-Sieb $\%$	4900-Sieb $\%$	Spec. Gew.	Festigkeit	Spec. Gew.	Festigkeit	Spec. Gew.	Festigkeit	Spec. Gew.	Festigkeit
L. de Roll, Choindez.												
best.	best.	—	0,5	12,2	2,24	17,2	2,25	31,4	2,24	103,4	2,25	201,3
28 best.	»	28 best.	0,5	19,1	2,29	14,2	2,30	25,5	2,28	107,4	2,29	231,0
best.	»	best.	1,6	28,3	2,33	13,6	2,35	22,2	2,31	109,4	2,31	218,5
16 best.	16 best.	16 best.	2,0	21,7	2,32	15,5	2,33	25,5	2,30	111,8	2,31	236,5
2 best.	2 best.	2 best.	0,1	16,2	2,30	15,2	2,32	22,7	2,31	144,8	2,31	240,2
best.	best.	best.	0,3	16,2	2,31	15,4	2,33	24,4	2,30	133,2	2,31	243,7
5 best.	5 best.	5 best.	1,1	17,7	2,35	14,1	2,35	21,8	2,33	127,9	2,32	220,4
best.	best.	best.	0,6	17,5	2,29	17,9	2,31	24,4	2,33	155,1	2,33	254,2
»	»	»	Spur	4,5	2,31	17,2	2,31	23,5	2,33	148,9	2,31	207,7

Portland-Cemente.

Cementfabrik Wagner & Cie., Stans.

best.	best.	best.	0,6	29,6	2,28	10,2	2,28	18,0	2,27	97,5	2,25	145,8
»	»	»	1,1	21,5	2,32	15,3	2,33	21,9	2,31	123,4	2,31	173,6
»	»	7 best.	1,6	19,7	2,35	19,0	2,37	26,4	2,32	180,3	2,35	239,8
»	»	best.	0,7	16,7	2,26	17,3	2,28	22,4	2,32	146,7	2,31	200,8
»	»	»	0,7	20,7	2,28	13,3	2,28	18,9	2,29	125,5	2,30	182,3

Portland-Cementfabriken Luterbach und Reuchenette.

best.	best.	—	4,0	37,9	—	15,9	—	20,5	—	112,3	—	149,2
»	»	9 best.	3,6	31,2	2,26	14,6	2,28	19,4	2,26	112,0	2,27	152,5
»	»	best.	1,1	14,5	2,37	18,6	2,38	25,1	2,33	158,8	2,34	233,6
»	»	»	2,3	22,4	2,33	19,6	2,34	26,2	2,32	183,0	2,33	257,8
»	»	»	0,7	16,7	2,30	19,6	2,33	24,4	2,31	203,2	2,32	268,1
»	»	»	3,5	23,1	2,32	16,4	2,33	22,5	2,30	160,0	2,31	229,5
»	»	»	1,8	17,2	2,34	13,9	2,36	22,2	2,33	144,1	2,33	226,8
»	»	»	1,8	17,1	2,30	15,6	2,31	21,4	2,33	156,8	2,33	225,5
»	»	»	1,6	19,9	2,29	15,8	2,30	21,4	2,30	154,7	2,31	223,0

Dittingen, b. Laufen.

best.	best.	best.	0,8	15,3	2,32	21,4	2,32	28,3	2,31	212,4	2,33	322,3
»	»	»	1,0	17,5	2,32	23,4	2,33	28,6	2,32	246,8	2,33	342,2
»	»	»	1,7	18,9	2,26	19,0	2,28	26,4	2,29	192,6	2,31	276,1
»	»	»	0,6	14,6	2,28	20,2	2,29	25,6	2,27	195,0	2,30	287,5

*) Für Portland- und Schlacken-Cemente: 100 $^{\circ}\text{C}$.

Datum der Aus-führung	Anzahl der Einzel-proben	Spec. Ge-wicht γ	Glüh-ver-lust %	Gewichts-verhältnisse, kg/l			Abbindeverhältnisse						
				masch. ein-gesiebt δ_1	lose ein-gefüllt δ_2	masch. einge-rüttelt δ_3	Tem-peratur °C.	An-mach-wasser %	Tempe-raturer-höhung °C.	Erhärt-ungs-beginn St. Min.	Binde-zeit St. Min.		
4. Bergwerk-													
1883—86	5	2,98	—	—	1,16	1,77	17,3	25,3	1,4	1	19	4	18
1887	1	3,10	3,21	1,30	1,37	2,11	14,3	24,5	1,2	—	07	2	30
1890	1	3,08	3,91	1,33	1,33	1,90	15,2	23,5	4,0	—	30	8	—
1891	1	3,12	2,61	1,25	1,38	1,93	17,0	25,0	9,2	—	05	2	25
1892	3	3,10	1,10	1,25	1,44	1,96	15,1	24,8	6,8	—	16	2	10
1894	1	3,12	1,90	1,30	1,39	1,94	12,8	22,5	0,4	3	—	12	—
5. Brodtbeck, W., Portland-													
1894	2	3,07	2,34	1,28	1,41	1,96	16,6	24,6	4,0	2	45	9	23
6. Fabrique suisse de Ciment													
1886—89	3	3,05	2,95	1,29	1,31	1,99	16,5	25,7	0,0	6	17	24	—
1893	4	3,09	1,41	1,21	1,36	1,90	15,6	27,4	2,6	3	18	14	53
1895	3	3,06	5,81	1,21	1,46	1,95	16,4	26,1	1,3	3	20	13	40
1896	2	3,06	3,08	1,13	1,33	1,83	14,0	30,9	0,7	8	45	24	—
7. Feer & Flatt, Portland-Cementfabrik													
1893	1	3,15	2,24	1,20	1,42	1,89	14,5	29,0	0,4	7	30	28	—
1894	6	3,11	3,25	1,17	1,38	1,86	16,0	27,3	2,7	3	26	12	45
1895	4	3,08	3,95	1,17	1,42	1,87	17,5	27,1	5,0	4	01	13	—
1896	1	3,09	2,82	1,02	1,15	1,60	13,7	28,5	1,4	4	30	14	—
8. Fleiner & Co., Cement-													
1883—86	7	2,97	5,65	—	1,08	1,70	14,5	29,5	5,9	1	33	8	48
1886—89	7	3,05	4,37	1,24	1,27	1,94	16,4	27,2	1,5	6	34	18	26
1890	3	3,07	5,03	1,21	1,27	1,87	14,2	25,7	3,2	3	48	21	—
1891	2	3,06	3,75	1,23	1,29	1,89	15,7	25,3	1,9	5	—	18	30
1895	1	3,01	4,17	1,22	1,50	1,92	13,5	25,0	0,0	8	—	18	—
9. Glardon & Co. (vorm. Dalstein													
1892	1	3,09	1,27	1,21	1,30	1,96	14,2	26,0	1,1	8	—	18	—

Volumenbeständig-keitsverhältnisse			Mahlungs-feinheit		Zugfestigkeit, kg/cm ² nach				Druckfestigkeit, kg/cm ² nach			
Wasser-lagerg. nach 28-tägiger Beobachtungs-dauer	Luftla-gerung nach 28-tägiger Beobachtungs-dauer	Warm-bad-probe	Rückstand am 900-Sieb 0/0	4900-Sieb 0/0	7 Tagen		28 Tagen		7 Tagen		28 Tagen	
					Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit
verwaltung Käpfnach.												
best.	best.	—	4,5	26,2	—	13,8	—	20,6	—	89,1	—	133,0
»	»	nicht best.	6,9	35,5	2,20	17,1	2,22	26,4	2,23	133,2	2,23	185,7
»	»	best.	5,4	30,4	2,29	17,9	2,29	21,4	2,31	150,4	2,32	202,4
»	»	»	1,8	37,2	2,33	14,8	2,34	21,0	2,31	114,0	2,30	141,5
»	»	»	7,4	31,2	2,28	11,5	2,28	15,9	2,29	96,6	2,29	135,8
»	»	nicht best.	5,5	38,9	2,30	14,6	2,31	18,5	2,37	113,4	2,26	169,1
Cementfabrik, Liestal.												
best.	best.	nicht best.	7,6	29,7	2,32	14,6	2,32	19,0	2,32	123,9	2,31	176,1
Portland St-Sulpice.												
best.	1 best.	1 best.	8,4	35,0	2,25	12,0	2,28	17,9	2,27	99,0	2,27	139,4
3 best.	3 best.	2 best.	1,7	23,3	2,30	12,0	2,33	16,7	2,29	119,3	2,30	164,2
best.	best.	best.	2,1	22,1	2,24	12,9	2,25	17,8	2,27	138,0	2,28	190,8
»	»	1 best.	2,9	17,0	2,27	13,8	2,28	19,8	2,26	144,2	2,28	201,7
Müllheim-Wigoltingen, Frauenfeld.												
best.	best.	best.	0,2	9,8	2,33	16,1	2,33	20,8	2,33	175,4	2,33	277,8
»	»	3 best.	0,5	17,1	2,33	19,8	2,34	25,6	2,33	232,1	2,35	291,1
»	»	best.	0,9	12,5	2,29	22,7	2,32	26,5	2,34	240,4	2,34	310,9
»	»	»	0,4	11,2	2,31	23,1	2,35	26,7	2,32	263,1	2,34	338,8
und Kalkfabrik, Aarau.												
best.	best.	—	6,9	24,3	—	13,5	—	20,2	—	75,3	—	123,1
»	»	3 best.	4,6	28,1	2,24	19,4	2,26	24,8	2,24	136,0	2,26	203,4
»	»	best.	4,2	25,4	2,36	18,2	2,39	24,4	2,30	153,3	2,31	216,8
»	»	»	8,0	31,5	2,31	17,6	2,31	24,0	2,31	154,7	2,33	221,2
»	»	»	8,0	39,0	2,20	13,3	2,21	16,1	2,21	119,2	2,23	163,6
& Co.), Cement- und Kalkfabrik, Vallorbes.												
best.	best.	nicht best.	Spuren	26,8	2,32	14,2	2,35	17,0	2,32	178,5	2,33	255,9

Datum der Aus-führung	Anzahl der Einzel-proben	Spec. Ge-wicht γ	Glüh-ver-lust %	Gewichts-verhältnisse, kg/l			Abbindeverhältnisse						
				masch. ein-gesiebt δ_1	lose ein-gefüllt δ_2	masch. eing-rüttelt δ_3	Tem-peratur $^{\circ}$ C.	An-mach-wasser %	Tem-pe-raturer-höhung $^{\circ}$ C.	Erhärt-ungs-beginn			
										St. Min.	St. Min.		
10. Gebr. Gresly, Martz & Co.,													
1896	4	3,16	1,31	1,21	1,37	1,87	16,2	28,4	2,4	6	23	20	45
II. Jura-Cementfabriken (vorm.)													
1883-86	20	3,10	2,65	1,23	1,25	1,95	15,6	26,3	2,2	3	34	12	04
1886-89	26	3,07	3,37	1,24	1,29	1,96	17,9	27,5	1,6	5	08	18	38
1890	4	3,04	3,76	1,22	1,28	1,99	15,2	25,5	1,9	4	20	15	45
1891	10	3,07	3,24	1,20	1,29	1,86	15,7	27,5	2,2	5	34	21	30
1892	17	3,10	1,37	1,18	1,30	1,93	15,1	26,8	3,2	4	28	15	19
1893	18	3,09	1,55	1,19	1,34	1,92	16,7	26,5	3,4	3	35	11	35
1894	14	3,08	2,14	1,18	1,37	1,84	15,6	26,2	4,5	3	57	12	59
1895	23	3,11	2,60	1,18	1,35	1,89	16,4	26,9	5,0	4	02	12	09
1896	8	3,11	1,36	1,18	1,31	1,89	14,9	28,0	3,6	5	—	13	41
12. Kalk- und Cementfabriken (vorm.)													
1883-86	5	3,00	3,14	—	1,23	1,90	13,2	25,6	0,8	2	14	5	35
1889	1	2,94	6,70	1,06	1,12	1,54	14,5	29,5	1,1	9	30	22	—
1890	5	3,02	5,02	1,15	1,21	1,86	13,4	25,9	3,0	4	40	14	17
1891	7	2,97	5,46	1,08	1,15	1,70	15,5	27,1	1,6	6	04	21	51
13. Leuba & Co., Cement-													
1886-89	3	3,08	3,18	1,31	1,36	2,04	14,5	28,25	0,6	7	05	21	20
1893	2	3,05	2,25	1,21	1,34	1,88	19,5	26,25	1,6	3	15	12	—
14. Portland-Cementfabrik													
1896	6	3,13	2,11	1,19	1,37	1,92	15,8	25,5	1,5	6	55	18	25
15. Portland-Cement-													
1886-89	9	3,06	3,15	1,21	1,27	1,96	16,2	28,9	2,9	6	43	20	53
1891	4	3,09	2,88	1,19	1,26	1,89	14,4	27,3	3,0	6	40	19	45
1892	7	3,09	1,58	1,23	1,31	1,97	15,3	26,6	1,5	6	32	21	13
1893	1	3,11	1,92	1,19	1,35	2,01	14,7	26,5	0,6	6	50	22	—
1894	11	3,08	1,87	1,20	1,36	1,92	15,9	26,75	1,9	6	37	20	11
1895	12	3,09	2,83	1,21	1,40	1,93	16,7	24,6	2,0	4	43	17	24
1896	4	3,14	1,11	1,12	1,31	1,81	15,4	27,8	6,4	4	46	16	—

Volumenbeständig-keitsverhältnisse			Mahlungs-feinheit		Zugfestigkeit, kg/cm ² nach				Druckfestigkeit, kg/cm ² nach			
Wasser-lagerg. nach 28-tägiger Beobachtungs-dauer	Luftla-gerung	Warm-bad-probe	Rückstand		7 Tagen		28 Tagen		7 Tagen		28 Tagen	
			900-Sieb %	4900-Sieb %	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit
Cement- und Kalkwerke, Liesberg.												
best.	best.	best.	Spuren	20,7	2,28	22,4	2,30	27,7	2,29	214,9	2,30	287,9
Zurlinden & Co.), Aarau.												
best.	best.	¹⁰ Pr.ausg. u. best.	4,7	28,8	2,24	18,6	2,24	24,9	2,24	123,6	2,24	162,4
»	24 best.	21 best.	3,0	27,7	2,27	17,9	2,28	24,1	2,27	141,3	2,28	195,4
»	best.	best.	3,3	25,2	2,37	20,6	2,37	23,3	2,28	147,4	2,30	214,7
»	9 best.	9 best.	1,5	25,1	2,31	22,2	2,33	28,0	2,31	190,2	2,31	263,2
»	best.	best.	0,4	16,5	2,31	18,7	2,32	24,6	2,31	191,0	2,32	265,1
»	»	»	0,8	19,0	2,33	20,8	2,35	26,4	2,32	192,1	2,34	266,8
»	»	»	1,3	19,3	2,33	20,1	2,35	26,2	2,35	202,7	2,35	272,7
»	»	»	0,9	16,5	2,30	21,3	2,30	26,5	2,32	222,1	2,33	290,5
»	»	»	1,1	20,5	2,28	18,4	2,29	22,3	2,28	175,9	2,30	229,6
Sevestre & Co.), Beckenried, Zürich.												
best.	best.	—	8,2	30,3	2,23	8,9	2,23	14,5	2,22	80,2	2,23	102,0
»	»	nicht best.	5,2	25,6	2,36	4,3	2,37	6,4	2,31	32,6	2,30	48,9
»	4 best.	1 best.	6,0	25,8	2,34	10,7	2,36	12,6	2,31	109,0	2,32	127,3
6 best.	5 best.	2 best.	7,7	26,7	2,31	11,2	2,32	16,0	2,30	106,7	2,31	148,6
und Kalkfabrik, Noiraigue.												
best.	best.	best.	9,3	36,1	2,25	12,1	2,28	20,2	2,25	96,4	2,27	154,2
»	nicht best.	nicht best.	11,2	34,9	2,28	7,9	2,30	12,9	2,26	92,1	2,28	126,5
Lägern, Oberchrendingen.												
s. best.	s. best.	s. best.	1,9	26,5	2,28	15,9	2,30	21,5	2,28	160,0	2,30	228,6
fabrik Laufen.												
best.	3 best.	3 best.	1,8	18,5	2,29	16,8	2,30	22,4	2,28	140,0	2,29	234,0
»	best.	best.	3,0	21,1	2,31	14,0	2,33	20,6	2,32	126,6	2,33	200,0
»	»	»	0,9	17,7	2,30	21,3	2,32	27,5	2,31	232,9	2,32	329,2
»	»	»	0,4	16,7	2,34	17,9	2,32	28,3	2,32	191,3	2,33	315,9
»	»	»	2,3	19,0	2,35	18,3	2,36	25,6	2,33	198,7	2,33	297,6
»	»	»	2,3	20,9	2,27	17,8	2,29	23,9	2,29	183,4	2,30	262,5
»	»	»	0,4	11,1	2,31	24,1	2,32	32,7	2,30	273,2	2,32	402,1

Datum der Aus-führung	Anzahl der Einzel-proben	Spec. Ge-wicht γ	Glüh-ver-lust %	Gewichts-verhältnisse, kg/l			Abbindeverhältnisse						
				masch. ein-gesiebt δ_1	lose ein-gefüllt δ_2	masch. eing-e-rüttelt δ_3	Tem-peratur °C.	An-mach-wasser %/0	Tempe-raturer-höhung °C.	Erhär-tungs-beginn St. Min.	Binde-zeit St. Min.		
16. Portland-Cement-													
1894	5	2,99	2,63	1,13	1,39	1,77	19,0	27,6	2,1	5	12	15	—
1895	3	3,04	4,71	1,14	1,33	1,83	16,2	26,5	0,8	4	50	18	—
1896	5	3,08	1,91	1,18	1,36	1,87	14,9	26,9	1,8	6	48	25	12
17. Portland-Cement-													
1883—86	3	3,05	—	—	1,29	1,95	15,2	26,3	2,0	2	27	9	13
1886—89	7	3,06	3,57	1,35	1,40	2,09	16,0	24,2	0,5	5	04	16	09
1890	6	3,03	3,28	1,23	1,28	1,99	14,9	25,6	2,6	2	58	13	56
1891	11	3,04	3,16	1,20	1,27	1,89	15,8	25,4	3,6	1	42	11	28
1892	14	3,04	2,77	1,22	1,31	1,94	16,9	26,1	1,1	4	31	17	34
1893	2	3,06	2,49	1,21	1,39	1,93	19,5	24,5	2,1	2	04	7	—
1894	7	3,08	2,30	1,27	1,35	1,93	14,3	25,5	4,8	1	49	6	39
1895	9	3,11	2,04	1,23	1,40	1,92	15,1	25,5	3,6	3	19	9	09
1896	2	3,10	0,86	1,19	1,31	1,84	15,5	25,8	2,9	3	45	12	—
18. Schwarz, A., Wwe., Cement-													
1884	1	3,03	—	—	1,23	1,73	14,0	25,0	7,0	—	09	2	12
19. Société des usines de Grandchamp et de													
1883—86	5	3,04	—	—	1,21	1,86	12,2	24,9	3,0	4	07	17	32
1888	1	3,11	2,65	1,37	1,37	2,10	16,5	26,0	0,0	10	—	25	—
1892	2	3,07	2,56	1,26	1,32	1,98	16,8	27,8	0,7	7	15	23	—
1893	2	3,05	2,68	1,19	1,33	1,91	18,3	25,5	1,3	4	45	17	—
1894	3	3,00	4,84	1,20	1,38	1,88	13,9	24,7	1,3	4	04	12	10
1895	2	3,08	3,04	1,16	1,29	1,83	17,7	29,8	5,8	1	70	9	—
1896	1	3,09	1,48	1,30	1,45	1,97	14,7	28,0	1,4	9	—	26	—
20. Wallenstadter Roman- und Portland-Cementfabrik,													
1886—89	2	3,00	5,57	1,14	1,24	2,07	14,8	29,6	2,1	2	13	8	—
1890	1	3,08	3,88	1,08	1,16	1,81	13,0	31,0	7,1	3	30	12	—
1893	2	3,15	0,65	1,11	1,26	1,74	20,8	27,8	9,1	—	20	—	53
1894	2	3,04	3,22	1,12	1,27	1,71	14,5	30,9	4,0	1	43	4	45

Volumenbeständig-keitsverhältnisse			Mahlungs-feinheit		Zugfestigkeit, kg/cm ² nach				Druckfestigkeit, kg/cm ² nach			
Wasser-lagerg.-gerung nach 28-tägiger Beobachtungs-dauer	Luftla-gerung	Warm-bad-probe	Rückstand am		7 Tagen		28 Tagen		7 Tagen		28 Tagen	
			900-Sieb %/0	4900-Sieb %/0	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit	Spec. Gew.	Festig-keit
fabrik Mönchenstein.												
best.	best.	4 best.	1,8	18,0	2,33	16,7	2,33	24,9	2,31	190,3	2,33	255,0
»	»	best.	0,7	16,9	2,32	18,7	2,32	26,0	2,33	198,7	2,33	293,5
»	»	»	1,5	17,8	2,29	13,1	2,30	20,8	2,30	138,2	2,30	231,3
fabrik Rozloch.												
best.	best.	—	4,9	26,7	2,24	20,7	2,30	27,5	2,21	143,1	2,22	212,5
»	3 best.	3 best.	9,8	38,6	2,26	13,0	2,27	17,5	2,25	107,8	2,26	161,9
»	best.	4 best.	5,4	28,3	2,32	15,1	2,33	20,4	2,31	126,8	2,32	181,1
»	»	best.	3,7	27,8	2,30	15,5	2,31	21,2	2,30	137,3	2,32	198,2
»	13 best.	11 best.	3,1	28,2	2,27	13,6	2,28	18,2	2,27	123,8	2,27	178,3
»	best.	best.	1,8	26,3	2,31	15,1	2,33	18,5	2,33	119,3	2,32	168,6
»	»	6 best.	3,7	24,5	2,31	15,4	2,32	20,1	2,31	131,5	2,32	177,3
»	»	7 best.	1,6	18,0	2,29	19,2	2,30	24,3	2,32	193,1	2,32	258,0
»	»	nicht best.	2,3	27,3	2,27	19,1	2,28	23,0	2,28	179,5	2,29	260,4
und Kalkfabrik, Beckenried.												
best.	best.	—	5,0	18,1	—	13,0	—	20,1	—	101,7	—	119,8
Roche (vorm. L. Du Pasquier & Co.), Grandchamp.												
best.	4 best.	—	4,8	22,7	—	13,3	—	14,0	—	106,5	—	91,7
»	best.	nicht best.	5,1	27,4	2,25	13,0	2,25	24,6	2,21	109,2	2,22	184,7
»	»	best.	2,2	25,8	2,27	13,7	2,27	19,8	2,26	114,4	2,26	177,4
»	»	1 best.	5,9	24,4	2,29	17,6	2,31	23,1	2,28	136,3	2,28	173,0
»	»	best.	4,3	28,5	2,31	9,6	2,31	16,0	2,30	87,5	2,31	139,9
»	»	1 best.	2,2	16,8	2,27	20,3	2,25	25,1	2,28	184,3	2,29	268,9
»	»	best.	2,0	23,5	2,25	7,4	2,26	15,4	2,23	70,9	2,22	166,5
A.-G. (vorm. Träger & Götzger), Ennenda.												
best.	best.	best.	11,2	26,0	2,25	10,5	2,27	15,5	2,26	75,4	2,27	113,0
nicht best.	nicht best.	nicht best.	4,0	21,9	2,36	6,9	2,42	10,5	2,37	64,9	2,39	98,3
best.	best.	best.	6,6	22,4	2,33	16,5	2,36	22,4	2,32	143,2	2,32	221,7
»	»	1 best.	4,6	24,2	2,31	12,3	2,34	19,8	2,31	124,6	2,31	182,1

19. Resultate der Untersuchung der Qualitätsverhältnisse der Produkte der schweiz. Industrie hydraul. Bindemittel vom Jahre 1895/96.

An der schweiz. Landesausstellung vom Jahre 1896 hatte sich der Verein der schweiz. Gips-, Kalk- und Cementfabrikanten mit einer Collectiv-Ausstellung der Produkte der schweiz. Industrie hydraulischer Bindemittel beteiligt, welche in der Materialprüfungs-Anstalt umfassenden Untersuchungen unterworfen wurden. Für die Ausführung dieser Untersuchungen hatte die Materialprüfungs-Anstalt mit den Fachexperten der Gruppe 32 der schweiz. Landesausstellung folgendes Programm vereinbart:

»Die Untersuchung der hydraulischen Bindemittel der Schweiz umfasst:

- a) die hydraulischen Kalke;
- b) die Romancemente;
- c) die Schlackencemente;
- d) die Portlandcemente.«

»Zum Zwecke der Ausführung der in Aussicht genommenen, in folgendem näher spezifizierten Untersuchungen liefern in vereinbarter Reihenfolge die Fabrikanten an die Materialprüfungs-Anstalt in Zürich (Leonhardstrasse No. 27) franko Domizil:

8 Säcke à 50 kg = 400 kg von jeder zu prüfenden
Bindemittelgattung,

die die Firma erzeugt und als Marktwaare in den Handel bringt«.

»Sämtliche Bindemittel werden folgenden Untersuchungen unterworfen:

Feststellung der Farbe und Struktur,
der chemischen Zusammensetzung,
der specifischen Gewichte und Glühverluste,
der Volumengewichte und Mahlungsfeinheit,
der Volumenbeständigkeitsverhältnisse in den gewöhn-
lichen und beschleunigten Proben,
der Selbstfestigkeit (1 : 0) in 5 Altersklassen bis auf
1 Jahr Erhärtungsdauer, Wasserlagerung,

der Sandfestigkeit (1 : 3) in 5 Altersklassen bis auf 1 Jahr Erhärtungsdauer, Luft- u. Wasserlagerung, der Kies- oder Bétonfestigkeit in 3 bis 5 Mischungsverhältnissen und 3 Altersklassen bei Erhärtungen bis auf 1 Jahr, Luft- u. Wasserlagerung, der Ausgiebigkeitsverhältnisse der Bausandmörtel und der Bétonsorten, der Wasserdurchlässigkeitsverhältnisse unterschiedlicher Mörtelsorten.«

»Im allgemein-wissenschaftlichen Interesse werden an speciell erwählten

- 3 Portlandcementen,
- 3 Schlackencementen,
- 3 hydraulischen Kalken, u. z. sowohl

an Mörteln als an Bétons in verschiedenen Mischungsverhältnissen nach ca. $\frac{3}{4}$ -jähriger Luft- und Wasserlagerung die Elasticitätsverhältnisse, sowie die Änderungen der Druckfestigkeit bei wachsender Länge der prismatischen Körper (Säulen) bestimmt. Endlich besteht die Absicht die Kohäsionsverhältnisse der Mörtelsorten hydraulischer Bindemittel in gefügtem Mauerwerk für verschiedene Fugenstärken zu ermitteln.«

Zum Zwecke der Durchführung der in Aussicht genommenen Arbeiten wurden die Mitglieder des schweiz. Cementfabrikanten-Vereins im Herbst 1895 eingeladen, in festgesetzter Reihenfolge die vorgeschriebenen Mengen der unterschiedlichen Bindemittel in die Materialprüfungs-Anstalt einzuliefern, welche nicht säumte, die Arbeiten derart zu beschleunigen, dass auf den Zeitpunkt des Zusammentritts des Preisgerichtes die Ausfertigungen der erhobenen Resultate in Genf aufgelegt werden konnten.

Das Programm der Arbeit im ganzen Umfange durchzuführen scheiterte an Mangel an Zeit. Die Materialprüfungs-Anstalt war mit Ausstellungs-Arbeiten aller Art derart überhäuft, dass sie sich genötigt sah eine Reduktion des Programms für die Wertschätzung der hydraulischen Bindemittel eintreten zu lassen. In Wegfall kamen:

- a) die Untersuchung der Wasserdurchlässigkeitsverhältnisse;
- b) » » » der Änderungen der Druckfestigkeit mit wachsender Länge der prismatischen Körper;

c) die Untersuchung der Mörtelfestigkeit in gefügtem Mauerwerk.

Die Ausführung dieser Untersuchungen bleibt späteren Zeiten vorbehalten. Dagegen wurden die meisten der eingelieferten Cemente auch zur Untersuchung der Frage der *Abkürzung der Erhärtungsdauer* des Normenmörtels benützt, über welche in No. 5, S. 27 des vorliegenden Heftes berichtet worden ist.

Hinsichtlich des Prüfungsverfahrens der Bindemittel verweisen wir auf die 2. Auflage des V., sowie auf das VI. Heft der offiziellen Mitteilungen, wo das Wissenswerte auf breiten Grundlagen entwickelt erscheint. Zur Orientierung sei indessen gestattet, hier noch folgendes anzuführen:

Die *Selbstfestigkeit* (1 : 0) des Materials, Zug und Druck, wurde an Probekörpern erhoben, welche mit einer Wassermenge gleich jener der Normalkonsistenz — 1 0/0, durch Einrütteln auf nicht absaugenden Unterlagen gewonnen waren. Die Form der Probekörper entsprach den Normen-Vorschriften. Sämtliche Versuchskörper dieser Gattungen wurden nach der normengemässen Luftlagerung unter Wasser gesetzt und fand deren Entnahme aus dem Wasserbade Fall für Fall unmittelbar vor dem Prüfungsakte statt.

Zur Ermittlung der *Bindekraft der hydraulischen Bindemittel* (*Sandfestigkeit*, 1 : 3), für Zug und Druck, dienten in jeder Hinsicht normengemäss erzeugte und gestaltete Versuchskörper. Dieselben wurden nach der normengemässen Feuchtlagerung entweder gänzlich an der Luft belassen, oder nach Verfluss dieser Zeit unter Wasser gesetzt und aus diesem, ähnlich den Körpern der Selbstfestigkeit, unmittelbar vor dem Prüfungsakte gehoben.

Zur Ermittlung der Kies-(Béton-)festigkeit der Bindemittel wurden würfelförmige Probekörper mit 16,0 cm Kantenlänge unter Anwendung rein gewaschenen Grubsandes von Altstetten und rundem Geschiebskies von Hand erzeugt. Die Korngrösse des Sandes und des Kiesmaterials war derart gewählt, dass ersterer durch ein Sieb mit 0,4 cm, letzteres durch ein solches mit ca. 2,5 cm Maschenweite ging, dagegen auf einem Sieb von ca. 1,2 cm Maschenweite liegen blieb.

Das Volumengewicht des Sandes, in trockenem Zustande, lose eingeschaufelt, betrug 1,571 t pro m³, dasjenige des Kieses

1,664 t pro m³. Die Menge Anmachwasser bei der Mörtelbereitung entsprach der Konsistenz feuchter Gartenerde. Dem angerührten Mörtel wurde Fall für Fall die vorgeschriebene Menge des benetzten Kieses zugesetzt, der Béton hierauf so lange durchgearbeitet, bis das Gemenge homogenes Ansehen zeigte. Die Masse wurde hierauf in die Modelle in 2—3 Portionen eingebracht und darin durch viele kurze Schläge gedichtet.

In den Modellen blieb die Masse so lange, bis dass das Bindemittel abgebunden war; die Probekörper wurden hierauf ausgeschalt und ihre Druckflächen zur Gewinnung ebener und paralleler Anlagerungsflächen in der Festigkeitsmaschine mit Cementdeckeln versehen. Die Probekörper blieben entweder gänzlich an der Luft oder sie wurden bei Cementen nach 2-tägiger, bei hydraulischen Kalken nach 3-tägiger Luftlagerung unter Wasser gesetzt und darin bis zum Termin der Probeausführung belassen.

Die Bestimmung der Ausgiebigkeit der Mörtel- und Bétonsorten erfolgte in der Art, dass im ersten Falle bestimmte Mengen (Raumteile) *Sand*, im zweiten Falle bestimmte Mengen *Kies* mit den angenommenen Mengen Bindemittel bzw. trockener Mörtelsubstanz angemacht, in Modelle eingestampft wurden, in welchen die Massen erhärten konnten. Ausgeschalt wurde die Volumina der so gewonnenen Körper ermittelt und mit jenem des verwendeten *Sandes* bzw. des *Kieses* verglichen. Der Quotient aus dem Volumen des festen Mörtels oder Bétons durch das Volumen des verwendeten Sandes bzw. Kiesmaterials wurde als Koeffizient der Ausgiebigkeit in nachstehende Zusammenstellung eingestellt.

Die Zusammenstellung der Veruchsresultate, vergl. die beigehefteten Tabellen No. I, II, III u. IV, sowie die Texttabellen auf S. 286 u. ff.

Es enthält:

Tabelle No. I u. II: Die Resultate der chemischen Analysen und der allgemeinen Untersuchungen der hydraulischen Bindemittel;

Tabelle No. III u. IV: Die Resultate der Prüfung der Selbstfestigkeit und der Bindekraft hydraulischer Bindemittel;

Tabelle No. V: Resultate der Ausgiebigkeitsproben;

Tabelle No. VI: Resultate der Bétonfestigkeitsproben;

Tabelle No. VII: Zusammenstellung der mittleren Raumgewichte der Bétonsorten.

Tab. No. V. Resultate der Ausgiebigkeitsproben.

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis					Koeffizient der Ausgiebigkeit			
		pro m ³ Kies	in Volumen- Teilen	Binde- mittel kg	Sand l	Binde- mittel	Sand	Kies	Mörtel	Béton
A. Hydraulische Kalke; Mischung I.										
1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	150	250	1,00	1,67	6,67	1,061	0,971		
2	Bircher, Rud., Erlinsbach	»	»	1,00	1,67	6,67	1,062	0,987		
3	Duvanel & Co., Noiraigue	»	»	1,00	1,74	6,94	1,025	0,977		
4	Fabrique de cim. et chaux hydr. Châtel-St.-Denis	»	»	1,00	1,68	6,74	1,039	0,996		
5	Fabrique de cim. et chaux hydr. Vouvry	»	»	1,00	1,74	6,94	1,048	0,961		
6	Fabrique de cim. et chaux hydr. Rondchâtel	»	»	1,00	1,78	7,14	1,012	0,977		
7	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	1,88	7,48	1,056	0,977		
8	Hartmann, C., Wwe., Leissigen	»	»	1,00	1,52	6,07	1,086	0,961		
9	Hürlimann, C., Brunnen	»	»	1,00	1,67	6,67	1,005	0,987		
10	Hydr. Kalk- und Gipsfabrik Bär- schwyl	»	»	1,00	1,75	7,00	1,000	0,971		
11	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	1,92	7,66	1,019	1,009		
12	Kalk- und Cementfabriken Becken- ried, Zürich	»	»	1,00	1,70	6,80	1,089	0,961		
13	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	1,62	6,47	1,043	0,993		
14	Portland-Cementfabrik Lägern	»	»	1,00	1,75	7,00	0,997	0,977		
15	Portland-Cementfabrik Rozloch	»	»	1,00	1,80	7,20	1,082	0,987		
16	Schwarz, A., Wwe., Beckenried	»	»	1,00	1,74	6,94	1,007	0,961		
17	Société des Usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	1,71	6,87	1,019	0,993		
18	Spühler, G., Reckingen	»	»	1,00	1,88	7,54	1,016	0,977		
19	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	1,67	6,67	1,031	0,977		
	Durchschnittlich	150	250	1,00	1,76	6,92	1,037	0,979		

A. Hydraulische Kalke; Mischung II.

1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	200	350	1,00	1,75	5,00	1,033	1,056		
2	Bircher, Rud., Erlinsbach	»	»	1,00	1,75	5,00	1,020	1,062		
3	Duvanel & Co., Noiraigue	»	»	1,00	1,82	5,21	1,011	1,050		
4	Fabrique de cim. et chaux hydr. Châtel-St.-Denis	»	»	1,00	1,77	5,05	0,984	1,021		
5	Fabrique de cim. et chaux hydr. Vouvry	»	»	1,00	1,82	5,21	0,935	1,028		
6	Fabrique de cim. et chaux hydr. Rondchâtel	»	»	1,00	1,87	5,35	0,960	1,047		
7	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	1,96	5,60	0,997	1,008		
8	Hartmann, C., Wwe., Leissigen	»	»	1,00	1,60	4,55	1,066	1,050		
9	Hürlimann, C., Brunnen	»	»	1,00	1,75	5,00	0,988	1,040		

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis					Koeffizient der Ausgiebigkeit	
		prom ³ Kies	in Volumen Teilen				Mörtel	Béton
		Binde- mittel kg	Sand l	Binde- mittel	Sand	Kies		
10	Hydr. Kalk- und Gipsfabrik Bär- schwyl	200	350	1,00	1,84	5,25	0,981	1,040
11	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	2,01	5,75	1,003	1,072
12	Kalk- und Cementfabriken Becken- ried, Zürich	»	»	1,00	1,78	5,10	1,026	1,072
13	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	1,70	4,85	1,017	1,047
14	Portland-Cementfabrik Lägern	»	»	1,00	1,84	5,25	0,966	1,050
15	Portland-Cementfabrik Rozloch	»	»	1,00	1,88	5,37	0,986	1,040
16	Schwarz, A., Wwe., Beckenried	»	»	1,00	1,82	5,21	1,006	1,050
17	Société des Usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	1,80	5,15	1,091	1,062
18	Spühler, G., Reckingen	»	»	1,00	1,98	5,65	0,926	1,050
19	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	1,75	5,00	0,989	1,078
	Durchschnittlich	200	350	1,00	1,82	5,19	0,999	1,049

A. Hydraulische Kalke; Mischung III.

1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	250	450	1,00	1,80	4,00	1,033	1,119
2	Bircher, Rud., Erlinsbach	»	»	1,00	1,80	4,00	1,108	1,119
3	Duvanel & Co., Noiraigue	»	»	1,00	1,88	4,17	1,033	1,139
4	Fabrique de cim. et chaux hydr. Châtel-St-Denis	»	»	1,00	1,82	4,04	1,011	1,103
5	Fabrique de cim. et chaux hydr. Vouvry	»	»	1,00	1,88	4,17	1,070	1,119
6	Fabrique de cim. et chaux hydr. Rondchâtel	»	»	1,00	1,92	4,28	0,982	1,129
7	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	2,02	4,48	0,992	1,121
8	Hartmann, C., Wwe., Leissigen	»	»	1,00	1,64	3,64	1,035	1,147
9	Hürlimann, C., Brunnen	»	»	1,00	1,80	4,00	1,002	1,122
10	Hydr. Kalk- und Gipsfabrik Bär- schwyl	»	»	1,00	1,89	4,20	0,969	1,132
11	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	2,07	4,60	1,005	1,125
12	Kalk- und Cementfabriken Becken- ried, Zürich	»	»	1,00	1,84	4,08	1,028	1,147
13	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	1,76	3,90	1,143	1,134
14	Portland-Cementfabrik Lägern	»	»	1,00	1,89	4,20	0,960	1,089
15	Portland-Cementfabrik Rozloch	»	»	1,00	1,94	4,32	1,005	1,161
16	Schwarz, A., Wwe., Beckenried	»	»	1,00	1,88	4,17	1,003	1,113
17	Société des Usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	1,85	4,12	1,006	1,135
18	Spühler, G., Reckingen	»	»	1,00	2,04	4,52	0,996	1,113
19	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	1,80	4,00	1,109	1,125
	Durchschnittlich	250	450	1,00	1,87	4,15	1,026	1,126

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis					Koeffizient der Ausgiebigkeit	
		prom ³ Kies		in Volumen Teilen			Mörtel	Béton
		Binde- mittel kg	Sand l	Binde- mittel	Sand	Kies		

B. Roman-Cemente; Mischung I.

1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	150	250	1,00	1,98	7,93	1,012	0,993
2	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	1,82	7,28	1,015	0,993
3	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	2,02	8,07	1,042	1,002
4	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,12	8,47	1,030	1,009
5	Société des Usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	1,88	7,54	1,047	0,977
6	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,10	8,40	1,017	0,946
	Durchschnittlich	150	250	1,00	1,99	7,95	1,027	0,987

B. Roman-Cemente; Mischung II.

1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	200	350	1,00	2,09	5,98	0,995	1,053
2	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	1,91	5,45	0,969	1,078
3	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	2,12	6,06	1,010	1,119
4	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,23	6,35	1,024	1,047
5	Société des Usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	1,98	5,65	1,025	1,050
6	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,20	6,30	1,011	1,024
	Durchschnittlich	200	350	1,00	2,09	5,97	1,006	1,062

B. Roman-Cemente; Mischung III.

1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	250	450	1,00	2,14	4,76	1,014	1,144
2	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	1,97	4,36	1,010	1,180
3	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	2,18	4,85	0,992	1,187
4	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,29	5,08	0,988	1,141
5	Société des Usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,04	4,52	1,045	1,119
6	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,27	5,04	1,029	1,078
	Durchschnittlich	250	450	1,00	2,15	4,77	1,013	1,142

B. Roman-Cemente; Mischung IV.

1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	300	550	1,00	2,18	3,97	1,011	1,216
2	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	2,00	3,64	0,984	1,269
3	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	2,22	4,03	1,013	1,244
4	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,33	4,23	1,009	1,274
5	Société des Usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,08	3,77	0,998	1,228
6	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,31	4,20	1,037	1,229
	Durchschnittlich	300	550	1,00	2,19	3,94	1,009	1,243

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis					Koeffizient der Ausgiebigkeit	
		pro m ³ Kies	in Volumen-			Mörtel	Béton	
		Bindemittel kg	Sand l	Bindemittel	Sand			Kies
C. Schlacken-Cemente; Mischung I.								
1	Kalk- und Cementfabriken Beckenried, Zürich	150	250	1,00	1,82	7,28	1,008	0,977
2	Portland-Cementfbr. Mönchenstein	»	»	1,00	2,03	8,13	0,993	0,961
3	Société des usines de L. de Roll, Choindex	»	»	1,00	2,03	8,13	1,045	0,983
	Durchschnittlich	150	250	1,00	1,96	7,85	1,015	0,974
C. Schlacken-Cemente; Mischung II.								
1	Kalk- und Cementfabriken Beckenried, Zürich	200	350	1,00	1,91	5,45	0,995	1,024
2	Portland-Cementfbr. Mönchenstein	»	»	1,00	2,14	6,10	0,939	1,031
3	Société des usines de L. de Roll, Choindex	»	»	1,00	2,14	6,10	0,949	1,040
	Durchschnittlich	200	350	1,00	2,06	5,88	0,961	1,032
C. Schlacken-Cemente; Mischung III.								
1	Kalk- und Cementfabriken Beckenried, Zürich	250	450	1,00	1,97	4,36	0,983	1,218
2	Portland-Cementfbr. Mönchenstein	»	»	1,00	2,19	4,88	0,956	1,135
3	Société des usines de L. de Roll, Choindex	»	»	1,00	2,20	4,88	0,980	1,088
	Durchschnittlich	250	450	1,00	2,12	4,71	0,973	1,147
C. Schlacken-Cemente; Mischung IV.								
1	Kalk- und Cementfabriken Beckenried, Zürich	300	550	1,00	2,00	3,64	0,989	1,388
2	Portland-Cementfbr. Mönchenstein	»	»	1,00	2,24	4,07	0,962	1,247
3	Société des usines de L. de Roll, Choindex	»	»	1,00	2,24	4,07	0,959	1,195
	Durchschnittlich	300	550	1,00	2,16	3,93	0,970	1,277
D. Portland-Cemente; Mischung I.								
1	Act.-Ges. d. Portland-Cementfabrik Wagner & Co., Stans	150	250	1,00	2,10	8,50	1,234	0,961
2	Act.-Ges. d. R. Vigier's Luterbach	»	»	1,00	2,25	8,95	0,940	0,989
3	Portland-Cementfabr. Reuchenette	»	»	1,00	2,35	9,50	0,920	1,015
4	Basler Cementfabrik Dittingen	»	»	1,00	2,45	9,75	0,923	0,952
5	Brodbeck, W., Liestal	»	»	1,00	2,55	10,25	1,051	0,958
6	Fabrique suisse de Ciment-Portld. St-Sulpice	»	»	1,00	2,35	9,30	0,907	0,983
7	Feer & Flatt, Frauenfeld	»	»	1,00	2,45	9,75	0,915	0,955

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis					Koeffizient der Ausgiebigkeit	
		pro m ³ Kies	in Volumen- Teilen				Mörtel	Béton
		Binde- mittel kg	Sand l	Binde- mittel	Sand	Kies		
8	Fleiner & Co., Aarau (künstlich)	150	250	1,00	2,34	9,34	0,952	0,977
9	" " " " (natürlich)	»	»	1,00	1,97	7,81	1,076	0,977
10	Jura-Cementfabriken, Aarau	»	»	1,00	2,20	8,80	0,989	1,009
11	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,40	9,60	0,945	1,025
12	Portland-Cementfabr. Laufen	»	»	1,00	2,20	8,85	0,935	0,937
13	" " Mönchenstein	»	»	1,00	2,40	9,65	0,933	0,961
14	" " Rozloch	»	»	1,00	2,14	8,60	0,962	1,009
15	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,35	9,45	0,934	0,993
16	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,50	10,00	1,126	0,993
	Durchschnittlich	150	250	1,00	2,31	9,26	0,984	0,981

D. Portland-Cemente; Mischung II.

1	Act.-Ges. d. Portland-Cementfabrik Wagner & Co., Stans	200	350	1,00	2,20	6,35	0,919	1,056
2	Act.-Ges. d. R.Vigier's } Luterbach	»	»	1,00	2,35	6,70	0,932	1,018
3	Portland-Cementfabr. } Reu- chenette	»	»	1,00	2,50	7,10	0,882	1,024
4	Basler Cementfabrik Dittingen	»	»	1,00	2,55	7,25	0,904	1,025
5	Brodbeck, W., Liestal	»	»	1,00	2,60	7,70	0,938	0,968
6	Fabrique suisse de Ciment-Portld., St-Sulpice	»	»	1,00	2,45	6,95	1,066	1,062
7	Feer & Flatt, Frauenfeld	»	»	1,00	2,55	7,25	0,912	1,011
8	Fleiner & Co., Aarau (künstlich)	»	»	1,00	2,45	7,00	0,945	1,040
9	" " " " (natürlich)	»	»	1,00	2,05	5,85	1,004	1,047
10	Jura-Cementfabriken, Aarau	»	»	1,00	2,30	6,60	0,945	1,046
11	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,50	7,30	0,939	1,056
12	Portland-Cementfabr. Laufen	»	»	1,00	2,35	6,65	0,952	0,952
13	" " Mönchenstein	»	»	1,00	2,55	7,25	0,907	0,974
14	" " Rozloch	»	»	1,00	2,26	6,45	0,940	1,024
15	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,60	7,45	0,900	1,040
16	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,62	7,45	0,944	1,070
	Durchschnittlich	200	350	1,00	2,43	6,96	0,939	1,026

D. Portland-Cemente; Mischung III.

1	Act.-Ges. d. Portland-Cementfabrik Wagner & Co., Stans	250	450	1,00	2,30	5,10	0,923	1,116
2	Act.-Ges. d. R.Vigier's } Luterbach	»	»	1,00	2,40	5,35	0,963	1,097
3	Portland-Cementfabr. } Reu- chenette	»	»	1,00	2,55	5,70	0,896	1,078

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis					Koeffizient der Ausgiebigkeit	
		pro m ³ Kies		in Volumen- Teilen			Mörtel	Béton
		Binde- mittel kg	Sand l	Binde- mittel	Sand	Kies		
4	Basler Cementfabrik Dittingen	250	450	1,00	2,65	5,85	0,921	1,081
5	Brodbeck, W., Liestal	»	»	1,00	2,75	6,15	0,916	1,081
6	Fabrique suisse de Ciment-Portld. St-Sulpice	»	»	1,00	2,50	5,55	1,112	1,097
7	Feer & Flatt, Frauenfeld	»	»	1,00	2,65	5,85	0,899	1,081
8	Fleiner & Co., Aarau (künstlich)	»	»	1,00	2,74	6,09	0,910	1,110
9	" " " " (natürlich)	»	»	1,00	2,11	4,68	1,015	1,137
10	Jura-Cementfabriken, Aarau	»	»	1,00	2,35	5,25	0,969	1,119
11	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,60	5,75	0,964	1,103
12	Portland-Cementfbr. Laufen	»	»	1,00	2,40	5,30	0,943	1,072
13	" " Mönchenstein	»	»	1,00	2,60	5,80	0,899	1,090
14	" " Rozloch	»	»	1,00	2,32	5,16	0,943	1,128
15	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,60	5,70	1,109	1,103
16	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,68	5,96	0,984	1,073
	Durchschnittlich	250	450	1,00	2,51	5,55	0,960	1,098

D. Portland-Cemente; Mischung IV.

1	Act.-Ges. d. Portland-Cementfabrik Wagner & Co., Stans	300	550	1,00	2,35	4,25	0,940	1,215
2	Act.-Ges. d. R. Vigier's	»	»	1,00	2,45	4,45	0,962	1,200
3	Portland-Cementfabr. } Luterbach Reu- chenette							
4	Basler Cementfabrik Dittingen	»	»	1,00	2,70	4,90	0,908	1,177
5	Brodbeck, W., Liestal	»	»	1,00	2,80	5,15	0,918	1,155
6	Fabrique suisse de Ciment-Portld., St-Sulpice	»	»	1,00	2,55	4,65	1,129	1,199
7	Feer & Flatt, Frauenfeld	»	»	1,00	2,70	4,90	0,936	1,177
8	Fleiner & Co., Aarau (künstlich)	»	»	1,00	2,57	4,67	0,860	1,209
9	" " " " (natürlich)	»	»	1,00	2,14	3,90	1,029	1,232
10	Jura-Cementfabriken, Aarau	»	»	1,00	2,40	4,40	0,938	1,242
11	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,65	4,80	0,977	1,165
12	Portland-Cementfbr. Laufen	»	»	1,00	2,45	4,45	0,947	1,154
13	" " Mönchenstein	»	»	1,00	2,65	4,85	0,924	1,193
14	" " Rozloch	»	»	1,00	2,37	4,30	0,917	1,218
15	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,60	4,70	0,915	1,214
16	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,73	4,97	0,967	1,213
	Durchschnittlich	300	550	1,00	2,54	4,63	0,948	1,198

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis					Koeffizient der Ausgiebigkeit	
		pro m ³ Kies		in Volumen- Teilen			Mörtel	Béton
		Binde- mittel kg	Sand l	Binde- mittel	Sand	Kies		
D. Portland-Cemente; Mischung V.								
1	Act.-Ges. d. Portland-Cementfabrik Wagner & Co., Stans	350	650	1,00	2,35	3,65	0,921	1,275
2	Act.-Ges. d. R. Vigier's) Luterbach	»	»	1,00	2,50	3,85	0,987	1,242
3	Portland-Cementfabr.) Reu- chenette	»	»	1,00	2,65	4,05	0,918	1,275
4	Basler Cementfabrik Dittingen	»	»	1,00	2,70	4,20	0,879	1,248
5	Brotbeck, W., Liestal	»	»	1,00	2,85	4,40	0,908	1,242
6	Fabrique suisse de Ciment-Portld., St-Sulpice	»	»	1,00	2,60	4,00	0,796	1,288
7	Feer & Flatt, Frauenfeld	»	»	1,00	2,70	4,20	0,931	1,249
8	Fleiner & Co., Aarau (künstlich)	»	»	1,00	2,60	4,00	0,799	1,266
9	» » » » (natürlich)	»	»	1,00	2,18	3,34	1,035	1,396
10	Jura-Cementfabriken, Aarau	»	»	1,00	2,45	3,75	0,924	1,288
11	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,70	4,10	0,993	1,288
12	Portland-Cementfabr. Laufen	»	»	1,00	2,45	3,80	0,927	1,254
13	» » Mönchenstein	»	»	1,00	2,70	4,15	0,932	1,260
14	» » Roziach	»	»	1,00	2,40	3,69	0,960	1,301
15	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,65	4,05	0,957	1,248
16	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,77	4,26	0,966	1,285
	Durchschnittlich	350	650	1,00	2,58	3,97	0,927	1,275

Tab. No. VI.

Resultate der Bétonproben.

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis					Druckfestigkeit des Bétons, kg/cm ² ; nach					
		pr.m ³ Kies		in Volumen- Teilen			7 Tagen		28 Tagen		1 Jahr	
		Binde- mittel kg	Sand l	Binde- mittel	Sand	Kies	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung
A. Hydraulische Kalke; Mischung I.												
1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	150	250	1,00	1,67	6,67	56,3	45,7	85,5	74,1	116,7	158,4
2	Bircher, Rud., Erlinsbach	»	»	1,00	1,67	6,67	30,8	18,9	44,0	33,5	64,3	63,1
3	Duvanel & Co., Noiraigue	»	»	1,00	1,74	6,94	23,6	15,9	40,3	31,1	67,6	77,5
4	Fabrique de cim. et chaux hydr. Châtel-St.-Denis	»	»	1,00	1,68	6,74	49,5	34,5	69,7	65,1	116,8	101,7
5	Fabrique de cim. et chaux hydr. Vouvry	»	»	1,00	1,74	6,94	25,0	16,2	43,7	27,7	54,2	52,1
6	Fabrique de cim. et chaux hydr. Rondchâtel	»	»	1,00	1,78	7,14	26,4	16,8	46,4	31,2	79,7	125,7
7	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	1,88	7,48	50,9	39,7	59,0	50,9	80,0	99,6
8	Hartmann, C., Wwe., Leissigen	»	»	1,00	1,52	6,07	32,3	23,3	44,0	36,0	67,7	77,1
9	Hürlimann, C., Brunnen	»	»	1,00	1,67	6,67	35,0	41,5	51,0	53,3	88,4	101,0
10	Hydr. Kalk- und Gipsfabrik Bär- schwyl	»	»	1,00	1,75	7,00	25,6	19,5	60,7	59,0	110,6	117,3
11	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	1,92	7,66	35,9	27,0	58,3	41,1	69,7	91,5
12	Kalk- und Cementfabriken Becken- ried, Zürich	»	»	1,00	1,70	6,80	33,1	22,6	53,9	48,5	81,0	90,4
13	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	1,62	6,47	29,9	27,4	49,9	42,7	93,5	112,0
14	Portland-Cementfabrik Lägern	»	»	1,00	1,75	7,00	30,1	28,5	49,6	47,6	98,9	109,7
15	Portland-Cementfabrik Rozloch	»	»	1,00	1,80	7,20	37,1	26,8	56,6	44,4	82,9	80,4
16	Schwarz, A., Wwe., Beckenried	»	»	1,00	1,74	6,94	23,5	14,5	36,3	32,6	94,2	116,6
17	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	1,71	6,87	35,8	24,6	57,7	47,7	92,7	91,8
18	Spühler, G., Reckingen	»	»	1,00	1,88	7,54	33,4	33,0	55,1	47,0	90,9	93,6
19	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	1,67	6,67	40,4	25,3	59,8	41,0	105,6	112,7
	Durchschnittlich	150	250	1,00	1,76	6,92	34,5	26,4	53,2	45,0	87,1	98,5

A. Hydraulische Kalke; Mischung II.

1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	200	350	1,00	1,75	5,00	77,1	52,8	129,4	87,3	189,8	196,5
2	Bircher, Rud., Erlinsbach	»	»	1,00	1,75	5,00	35,2	21,6	55,8	42,2	89,1	95,6
3	Duvanel & Co., Noiraigue	»	»	1,00	1,82	5,21	24,2	22,2	52,7	37,3	90,2	114,7
4	Fabrique de cim. et chaux hydr. Châtel-St.-Denis	»	»	1,00	1,77	5,05	57,3	50,8	98,4	83,3	132,8	154,5
5	Fabrique de cim. et chaux hydr. Vouvry	»	»	1,00	1,82	5,21	32,1	25,2	53,3	41,1	84,3	82,7
6	Fabrique de cim. et chaux hydr. Rondchâtel	»	»	1,00	1,87	5,35	32,0	23,4	47,7	40,9	125,7	169,7
7	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	1,96	5,60	44,4	39,8	74,9	59,8	100,7	166,3
8	Hartmann, C., Wwe., Leissigen	»	»	1,00	1,60	4,55	37,5	28,7	51,9	42,2	75,4	97,3
9	Hürlimann, C., Brunnen	»	»	1,00	1,75	5,00	65,0	52,8	99,4	82,3	135,1	160,6

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis					Druckfestigkeit des Bétons, kg/cm ² ; nach					
		pr. m ³ Kies		in Volumen- Teilen			7 Tagen		28 Tagen		1 Jahr	
		Binde- mittel kg	Sand l	Binde- mittel	Sand	Kies	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung
10	Hydr. Kalk- und Gipsfabrik Bär- schwyl	200	350	1,00	1,84	5,25	33,0	20,9	72,5	76,5	107,8	153,4
11	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	2,01	5,75	49,3	31,8	72,7	59,0	123,7	132,8
12	Kalk- und Cementfabriken Becken- ried, Zürich	»	»	1,00	1,78	5,10	48,7	38,5	72,8	65,7	125,0	110,2
13	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	1,70	4,85	39,8	33,6	63,9	55,5	121,4	158,6
14	Portland-Cementfabrik Lägern	»	»	1,00	1,84	5,25	53,3	38,0	84,7	62,1	142,9	142,6
15	Portland-Cementfabrik Rozloch	»	»	1,00	1,88	5,37	46,4	41,6	65,4	60,0	106,3	132,6
16	Schwarz, A., Wwe., Beckenried	»	»	1,00	1,82	5,21	22,8	23,4	40,0	42,1	113,3	136,4
17	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	1,80	5,15	45,8	28,0	64,3	51,0	97,8	125,8
18	Spühler, G., Reckingen	»	»	1,00	1,98	5,65	53,6	44,0	78,1	59,9	140,6	123,5
19	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	1,75	5,00	40,5	35,1	61,9	54,9	102,8	159,3
	Durchschnittlich	200	350	1,00	1,82	5,19	44,1	34,3	70,5	58,1	116,0	137,5

A. Hydraulische Kalke; Mischung III.

1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	250	450	1,00	1,80	4,00	66,1	52,0	116,1	84,9	185,2	215,7
2	Bircher, Rud., Erlinsbach	»	»	1,00	1,80	4,00	36,9	24,3	57,7	45,6	91,4	114,6
3	Duvanel & Co., Noiraigue	»	»	1,00	1,88	4,17	21,6	16,6	42,1	31,0	112,9	116,3
4	Fabrique de cim. et chaux hydr. Châtel-St-Denis	»	»	1,00	1,82	4,04	68,9	54,4	109,2	91,4	159,2	172,9
5	Fabrique de cim. et chaux hydr. Vouvry	»	»	1,00	1,88	4,17	33,6	25,0	52,0	48,1	87,9	85,3
6	Fabrique de cim. et chaux hydr. Rondchâtel	»	»	1,00	1,92	4,28	29,6	22,8	53,4	41,8	118,8	188,0
7	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	2,02	4,48	38,9	36,9	66,5	62,5	101,0	168,9
8	Hartmann, C., Wwe., Leissigen	»	»	1,00	1,64	3,64	32,3	22,0	42,4	38,1	61,3	86,4
9	Hürlimann, C., Brunnen	»	»	1,00	1,80	4,00	52,2	57,9	93,2	70,7	135,7	165,6
10	Hydr. Kalk- und Gipsfabrik Bär- schwyl	»	»	1,00	1,89	4,20	25,3	19,4	80,1	62,1	160,2	145,7
11	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	2,07	4,60	45,8	35,1	73,5	56,4	131,1	133,1
12	Kalk- und Cementfabriken Becken- ried, Zürich	»	»	1,00	1,84	4,08	40,8	30,6	63,3	54,8	123,3	100,0
13	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	1,76	3,90	46,9	30,1	76,1	52,9	152,8	159,9
14	Portland-Cementfabrik Lägern	»	»	1,00	1,89	4,20	56,1	47,7	93,7	69,8	179,9	168,6
15	Portland-Cementfabrik Rozloch	»	»	1,00	1,94	4,32	42,6	35,0	66,8	51,7	102,9	113,8
16	Schwarz, A., Wwe., Beckenried	»	»	1,00	1,88	4,17	20,1	17,9	48,7	37,5	134,7	106,6
17	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	1,85	4,12	51,9	31,0	79,1	53,1	119,7	130,3
18	Spühler, G., Reckingen	»	»	1,00	2,04	4,52	47,2	41,2	70,0	62,0	140,1	129,5
19	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	1,80	4,00	37,1	31,2	63,9	52,6	119,7	145,3
	Durchschnittlich	250	450	1,00	1,87	4,15	41,8	33,2	70,9	56,2	116,7	139,3

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis					Druckfestigkeit des Bétons, kg/cm ² ; nach					
		pr. m ³ Kies		in Volumen- Teilen			7 Tagen		28 Tagen		1 Jahr	
		Binde- mittel kg	Sand l	Binde- mittel	Sand	Kies	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung

B. Roman-Cemente; Mischung I.

1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	150	250	1,00	1,98	7,93	83,7	52,9	118,8	88,3	165,1	191,2
2	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	1,82	7,28	33,8	30,0	59,5	55,6	93,0	118,3
3	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	2,02	8,07	68,7	47,6	81,7	59,1	105,3	153,0
4	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,12	8,47	53,0	49,1	83,0	58,0	106,3	165,2
5	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	1,88	7,54	28,9	16,4	41,2	41,3	65,7	81,6
6	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,10	8,40	74,2	55,1	113,1	83,2	171,7	234,0
	Durchschnittlich	150	250	1,00	1,99	7,95	57,1	41,9	82,9	64,3	117,9	157,2

B. Roman-Cemente; Mischung II.

1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	200	350	1,00	2,09	5,98	76,1	58,3	127,4	97,0	198,7	227,0
2	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	1,91	5,45	41,5	35,9	81,6	59,5	134,3	155,9
3	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	2,12	6,06	63,4	45,1	75,2	58,0	107,0	161,4
4	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,23	6,35	63,1	49,6	99,1	72,7	136,6	206,5
5	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	1,98	5,65	35,8	22,5	49,5	46,2	98,2	103,2
6	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,20	6,30	76,7	63,4	119,4	104,6	177,1	259,1
	Durchschnittlich	200	350	1,00	2,09	5,97	59,4	46,0	92,0	73,0	142,0	185,5

B. Roman-Cemente; Mischung III.

1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	250	450	1,00	2,14	4,76	75,1	63,6	129,1	98,8	216,0	248,1
2	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	1,97	4,36	46,5	34,6	74,7	72,4	121,0	162,3
3	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	2,18	4,85	54,2	44,0	67,5	57,3	106,7	175,1
4	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,29	5,08	57,1	46,0	88,5	72,5	160,3	223,2
5	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,04	4,52	27,6	24,9	52,4	51,8	96,0	119,9
6	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,27	5,04	72,6	61,8	121,7	106,1	181,5	260,8
	Durchschnittlich	250	450	1,00	2,15	4,77	55,5	45,8	89,0	76,5	148,6	198,2

B. Roman-Cemente; Mischung IV.

1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	300	550	1,00	2,18	3,97	80,5	68,5	116,1	101,5	219,3	245,7
2	Fleiner & Co., Aarau	»	»	1,00	2,00	3,64	45,4	23,0	68,7	63,3	118,3	136,4
3	Joly, frères, Noiraigue	»	»	1,00	2,22	4,03	53,0	43,4	80,7	74,4	134,9	185,7
4	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,33	4,23	47,1	39,1	81,4	70,4	184,3	214,3
5	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,08	3,77	22,1	24,3	37,9	41,9	82,7	110,0
6	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,31	4,20	68,2	48,4	108,8	97,2	198,7	298,0
	Durchschnittlich	300	550	1,00	2,19	3,94	52,7	41,1	82,3	74,8	156,0	198,4

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis						Druckfestigkeit des Bétons, kg/cm ² ; nach					
		pr. m ³ Kies		in Volumen- Teilen				7 Tagen		28 Tagen		1 Jahr	
		Binde- mittel kg	Sand l	Binde- mittel	Sand	Kies	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	

C. Schlacken-Cemente; Mischung I.

1	Kalk- und Cementfabriken Beckenried, Zürich	150	250	1,00	1,82	7,28	91,8	83,0	118,9	109,1	160,5	139,0
2	Portland-Cementfabr. Mönchenstein	»	»	1,00	2,03	8,13	90,3	70,0	132,7	108,3	188,6	179,0
3	Société des usines de L. de Roll, Choindex	»	»	1,00	2,03	8,13	104,8	86,0	140,6	119,9	184,8	182,2
	Durchschnittlich	150	250	1,00	1,96	7,85	93,6	79,7	130,7	112,4	178,0	166,7

C. Schlacken-Cemente; Mischung II.

1	Kalk- und Cementfabriken Beckenried, Zürich	200	350	1,00	1,91	5,45	108,5	107,0	142,8	139,5	224,4	191,7
2	Portland-Cementfabr. Mönchenstein	»	»	1,00	2,14	6,10	114,0	80,9	161,9	143,4	228,0	253,9
3	Société des usines de L. de Roll, Choindex	»	»	1,00	2,14	6,10	120,5	129,8	149,8	157,3	203,3	240,2
	Durchschnittlich	200	350	1,00	2,06	5,88	114,3	105,9	151,5	146,7	218,6	228,6

C. Schlacken-Cemente; Mischung III.

1	Kalk- und Cementfabriken Beckenried, Zürich	250	450	1,00	1,97	4,36	117,3	118,0	165,3	152,5	232,7	208,5
2	Portland-Cementfabr. Mönchenstein	»	»	1,00	2,19	4,88	116,8	114,5	186,0	189,7	286,7	311,9
3	Société des usines de L. de Roll, Choindex	»	»	1,00	2,20	4,88	114,1	114,9	167,9	179,9	244,4	261,4
	Durchschnittlich	250	450	1,00	2,12	4,71	116,1	115,8	173,1	174,0	254,6	260,6

C. Schlacken-Cemente; Mischung IV.

1	Kalk- und Cementfabriken Beckenried, Zürich	300	550	1,00	2,00	3,64	99,7	101,8	146,3	129,2	210,7	185,2
2	Portland-Cementfabr. Mönchenstein	»	»	1,00	2,24	4,07	121,5	108,5	200,7	167,1	296,9	295,3
3	Société des usines de L. de Roll, Choindex	»	»	1,00	2,24	4,07	113,5	115,8	161,4	161,0	242,5	249,9
	Durchschnittlich	300	550	1,00	2,16	3,93	111,6	108,7	169,5	152,4	250,0	243,5

D. Portland-Cemente; Mischung I.

1	Act.-Ges. d. Portland-Cementfabrik Wagner & Co., Stans	150	250	1,00	2,10	8,50	120,7	127,7	173,7	181,2	235,5	236,8
2	Act.-Ges. d. R. Vigier's) Luterbach	»	»	1,00	2,25	8,95	106,2	106,5	119,6	113,3	168,0	207,7
3	Portland-Cementfabr.) Reuchenette	»	»	1,00	2,35	9,50	133,1	129,2	156,8	153,8	222,0	249,7
4	Basler Cementfabrik Dittingen	»	»	1,00	2,45	9,75	123,4	116,1	175,1	183,1	170,8	264,3
5	Brodbeck, W., Liestal	»	»	1,00	2,55	10,25	146,1	113,7	156,4	151,7	188,6	196,6
6	Fabrique suisse de Ciment-Portld., St-Sulpice	»	»	1,00	2,35	9,30	93,8	74,2	111,8	99,6	138,3	175,7
7	Feer & Flatt, Frauenfeld	»	»	1,00	2,45	9,75	144,3	151,7	172,4	168,3	246,0	223,4

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis					Druckfestigkeit des Bétons, kg/cm ² ; nach					
		pr. m ³ Kies		in Volumen- Teilen			7 Tagen		28 Tagen		1 Jahr	
		Binde- mittel kg	Sand l	Binde- mittel	Sand	Kies	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung
8	Fleiner & Co., Aarau (künstlich)	150	250	1,00	2,34	9,34	83,7	71,9	115,5	105,9	143,8	161,1
9	" " " " (natürlich)	»	»	1,00	1,97	7,81	36,4	34,5	57,5	51,0	83,6	109,3
10	Jura-Cementfabriken, Aarau	»	»	1,00	2,20	8,80	106,9	102,9	155,1	138,9	159,3	181,3
11	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,40	9,60	94,8	109,6	120,0	118,6	139,9	203,2
12	Portland-Cementfabr. Laufen	»	»	1,00	2,20	8,85	130,2	134,6	150,5	159,6	200,5	228,5
13	" " Mönchenstein	»	»	1,00	2,40	9,65	117,2	139,5	178,0	164,7	200,3	231,4
14	" " Rozloch	»	»	1,00	2,14	8,60	110,6	98,2	150,2	112,0	177,6	174,7
15	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,35	9,45	73,9	74,5	105,4	120,0	144,2	179,7
16	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,50	10,00	58,6	54,6	98,2	72,4	155,9	156,6
	Durchschnittlich	150	250	1,00	2,31	9,26	105,0	102,5	137,3	130,9	173,4	198,8

D. Portland-Cemente; Mischung II.

1	Act.-Ges. d. Portland-Cementfabrik Wagner & Co., Stans	200	350	1,00	2,20	6,35	151,5	143,9	229,6	220,3	331,8	350,2
2	Act.-Ges. d. R.Vigier's } Luterbach	»	»	1,00	2,35	6,70	145,0	143,1	198,8	224,0	274,4	330,2
3	Portland-Cementfabr. } Reu- chenette	»	»	1,00	2,50	7,10	177,1	171,2	243,6	245,3	328,1	384,9
4	Basler Cementfabrik Dittingen	»	»	1,00	2,55	7,25	206,2	197,6	269,6	274,6	289,0	387,5
5	Brodbeck, W., Liestal	»	»	1,00	2,60	7,70	189,8	202,9	251,0	264,1	282,8	363,5
6	Fabrique suisse de Ciment-Portld., St-Sulpice	»	»	1,00	2,45	6,95	98,5	88,6	142,9	145,1	204,0	252,0
7	Feer & Flatt, Frauenfeld	»	»	1,00	2,55	7,25	180,7	176,1	238,0	249,4	336,5	347,3
8	Fleiner & Co., Aarau (künstlich)	»	»	1,00	2,45	7,00	107,4	101,5	163,5	137,6	257,2	255,9
9	" " " " (natürlich)	»	»	1,00	2,05	5,85	45,8	43,3	88,1	70,5	122,8	140,0
10	Jura-Cementfabriken, Aarau	»	»	1,00	2,30	6,60	145,8	144,2	216,2	233,9	272,7	312,8
11	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,50	7,30	109,7	109,2	189,7	207,3	241,3	354,2
12	Portland-Cementfabr. Laufen	»	»	1,00	2,35	6,65	216,2	194,3	254,4	272,6	292,8	403,0
13	" " Mönchenstein	»	»	1,00	2,55	7,25	172,1	181,3	239,1	253,2	347,0	395,7
14	" " Rozloch	»	»	1,00	2,26	6,45	119,0	104,2	202,6	184,5	270,1	268,8
15	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,60	7,45	115,2	114,9	162,2	155,1	217,1	261,5
16	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,62	7,45	67,5	60,0	115,6	85,6	200,6	234,2
	Durchschnittlich	200	350	1,00	2,43	6,96	140,5	135,4	200,4	201,4	266,8	315,1

D. Portland-Cemente; Mischung III.

1	Act.-Ges. d. Portland-Cementfabrik Wagner & Co., Stans	250	450	1,00	2,30	5,10	158,7	156,6	247,0	238,9	365,0	415,3
2	Act.-Ges. d. R.Vigier's } Luterbach	»	»	1,00	2,40	5,35	152,5	165,8	224,8	245,4	316,1	391,7
3	Portland-Cementfabr. } Reu- chenette	»	»	1,00	2,55	5,70	179,9	189,9	264,0	262,4	364,2	450,0

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis					Druckfestigkeit des Bétons, kg/cm ² ; nach					
		pr. m ³ Kies		in Volumen- Teilen			7 Tagen		28 Tagen		1 Jahr	
		Binde- mittel kg	Sand l	Binde- mittel	Sand	Kies	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung
4	Basler Cementfabrik Dittingen	250	450	1,00	2,65	5,85	245,9	243,9	269,9	308,6	319,9	439,4
5	Brodbeck, W., Liestal	»	»	1,00	2,75	6,15	224,3	230,2	284,8	294,9	328,9	420,3
6	Fabrique suisse de Ciment-Portl., St-Sulpice	»	»	1,00	2,50	5,55	91,4	80,6	167,5	160,0	231,8	289,6
7	Feer & Platt, Frauenfeld	»	»	1,00	2,65	5,85	209,0	210,0	277,8	284,2	358,7	418,9
8	Fleiner & Co., Aarau (künstlich)	»	»	1,00	2,74	6,09	137,2	117,4	202,7	183,0	277,1	323,8
9	„ „ „ „ (natürlich)	»	»	1,00	2,11	4,68	54,2	48,1	91,8	83,2	144,1	160,7
10	Jura-Cementfabriken, Aarau	»	»	1,00	2,35	5,25	184,7	162,3	262,2	256,7	336,1	413,2
11	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,60	5,75	170,1	169,7	236,7	260,8	320,5	412,2
12	Portland-Cementfabr. Laufen	»	»	1,00	2,40	5,30	222,4	243,2	293,0	338,3	341,6	471,2
13	„ „ Mönchenstein	»	»	1,00	2,60	5,80	183,9	167,4	290,1	364,6	375,5	436,5
14	„ „ Rozloch	»	»	1,00	2,32	5,16	124,0	107,6	212,8	201,6	288,8	286,1
15	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,60	5,70	129,3	134,6	186,7	180,5	287,8	327,1
16	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,68	5,96	86,3	67,7	134,6	110,2	231,5	275,1
	Durchschnittlich	250	450	1,00	2,51	5,55	159,6	162,2	227,7	235,8	305,5	370,7

D. Portland-Cemente; Mischung IV.

1	Act.-Ges. d. Portland-Cementfabrik Wagner & Co., Stans	300	550	1,00	2,35	4,25	152,0	166,0	255,4	252,3	384,3	441,9
2	Act.-Ges. d. R. Vigier's } Luterbach	»	»	1,00	2,45	4,45	169,0	178,5	262,6	284,6	331,3	462,6
3	Portland-Cementfabr. } Reu- chenette	»	»	1,00	2,60	4,75	188,9	198,0	269,8	265,8	352,6	470,7
4	Basler Cementfabrik Dittingen	»	»	1,00	2,70	4,90	263,9	261,3	296,2	326,3	340,0	414,0
5	Brodbeck, W., Liestal	»	»	1,00	2,80	5,15	239,5	230,6	293,5	311,6	388,4	461,5
6	Fabrique suisse de Ciment-Portl., St-Sulpice	»	»	1,00	2,55	4,65	106,2	102,1	184,8	172,1	251,6	330,4
7	Feer & Platt, Frauenfeld	»	»	1,00	2,70	4,90	216,6	230,3	279,6	295,2	347,8	431,8
8	Fleiner & Co., Aarau (künstlich)	»	»	1,00	2,57	4,67	141,0	124,1	204,0	186,4	282,7	334,0
9	„ „ „ „ (natürlich)	»	»	1,00	2,14	3,90	54,8	47,5	87,6	77,2	144,9	156,5
10	Jura-Cementfabriken, Aarau	»	»	1,00	2,40	4,40	180,0	164,6	263,2	260,3	335,1	410,0
11	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,65	4,80	175,0	179,0	239,4	265,8	325,7	445,5
12	Portland-Cementfabr. Laufen	»	»	1,00	2,45	4,45	222,0	258,0	328,9	378,0	416,2	552,2
13	„ „ Mönchenstein	»	»	1,00	2,65	4,85	187,3	191,0	233,4	240,1	428,7	487,1
14	„ „ Rozloch	»	»	1,00	2,37	4,30	154,2	130,1	212,0	190,8	288,0	325,6
15	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,60	4,70	146,0	155,7	217,8	223,0	301,6	395,5
16	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,73	4,97	101,8	85,9	153,4	133,3	276,3	300,3
	Durchschnittlich	300	550	1,00	2,54	4,63	168,6	168,9	236,4	241,4	324,7	401,2

Lauf. No.	Herkunft des Bindemittels	Mischungsverhältnis					Druckfestigkeit des Betons, kg/cm ² ; nach					
		pr. m ³ Kies		in Volumen- Teilen			7 Tagen		28 Tagen		1 Jahr	
		Binde- mittel kg	Sand l	Binde- mittel	Sand	Kies	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung	Luft- Lagerung	Was- ser- Lagerung
D. Portland-Cemente; Mischung V.												
1	Act.-Ges. d. Portland-Cementfabrik Wagner & Co., Stans	350	650	1,00	2,35	3,65	135,8	170,5	255,0	238,3	394,5	431,2
2	Act.-Ges. d. R. Vigier's) Luterbach	»	»	1,00	2,50	3,85	144,3	153,2	230,9	272,2	308,2	439,2
3	Portland-Cementfabr.) Reu- chenette	»	»	1,00	2,65	4,05	177,0	206,4	275,0	286,1	348,5	451,1
4	Basler Cementfabrik Dittingen	»	»	1,00	2,70	4,20	231,6	213,3	322,2	341,7	347,5	476,6
5	Brodbeck, W., Liestal	»	»	1,00	2,85	4,40	214,2	209,4	279,6	300,4	341,7	457,5
6	Fabrique suisse de Ciment-Portld., St-Sulpice	»	»	1,00	2,60	4,00	103,2	95,7	194,0	181,6	266,9	357,0
7	Feer & Flatt, Frauenfeld	»	»	1,00	2,70	4,20	207,8	213,8	271,0	277,2	343,6	431,6
8	Fleiner & Co., Aarau (künstlich)	»	»	1,00	2,60	4,00	108,8	146,0	205,0	214,4	243,3	360,0
9	" " " " (natürlich)	»	»	1,00	2,18	3,34	48,7	44,2	79,5	71,3	106,1	150,9
10	Jura-Cementfabriken, Aarau	»	»	1,00	2,45	3,75	171,2	166,8	263,7	263,9	330,5	401,9
11	Leuba & Co., Noiraigue	»	»	1,00	2,70	4,10	175,3	176,9	224,4	267,9	318,7	452,2
12	Portland-Cementfabr. Laufen	»	»	1,00	2,45	3,80	221,5	261,6	316,8	406,5	403,2	581,2
13	" " Mönchenstein	»	»	1,00	2,70	4,15	179,9	198,1	306,9	283,2	443,3	501,1
14	" " Rozloch	»	»	1,00	2,40	3,69	190,0	166,0	211,9	199,5	285,0	338,0
15	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	»	»	1,00	2,65	4,05	140,5	151,8	212,9	219,7	305,4	395,9
16	Wallenst. R.- u. P.-Cementfabrik, Ennenda	»	»	1,00	2,77	4,26	108,1	85,0	164,5	135,5	261,0	308,4
Durchschnittlich		350	650	1,00	2,58	3,97	159,9	166,2	238,3	245,6	315,5	414,6

Tab. No. VII. Zusammenstellung
der mittleren Raumgewichte der Bétonsorten.

Lauf. No.	Anzahl der Einzelproben	Gattung des verwendeten Bindemittels	Mischungsverhältnis pro cm ³ Kies		Art der Lagerung	Raumgewichte t pro cm ³	
			Bindemittel kg	Sand l			
1	57	Hydraul. Kalk	150	250	Wasserl.	2,31	—
					Luftl.	—	2,25
2	57	» »	200	350	Wasserl.	2,37	—
					Luftl.	—	2,30
3	57	» »	250	450	Wasserl.	2,38	—
					Luftl.	—	2,33
4	18	Roman-Cement	150	250	Wasserl.	2,33	—
					Luftl.	—	2,26
5	18	» »	200	350	Wasserl.	2,39	—
					Luftl.	—	2,32
6	18	» »	250	450	Wasserl.	2,39	—
					Luftl.	—	2,31
7	18	» »	300	550	Wasserl.	2,37	—
					Luftl.	—	2,30
8	9	Schlacken-Cement	150	250	Wasserl.	2,34	—
					Luftl.	—	2,29
9	9	» »	200	350	Wasserl.	2,39	—
					Luftl.	—	2,37
10	9	» »	250	450	Wasserl.	2,41	—
					Luftl.	—	2,37
11	9	» »	300	550	Wasserl.	2,39	—
					Luftl.	—	2,36
12	48	Portland-Cement	150	250	Wasserl.	2,34	—
					Luftl.	—	2,28
13	48	» »	200	350	Wasserl.	2,40	—
					Luftl.	—	2,36
14	48	» »	250	450	Wasserl.	2,43	—
					Luftl.	—	2,38
15	48	» »	300	550	Wasserl.	2,43	—
					Luftl.	—	2,38
16	48	» »	350	650	Wasserl.	2,42	—
					Luftl.	—	2,37

20. Resultate der Untersuchung der Druckelasticität einiger Mörtel- und Bétonsorten hydraulischer Bindemittel.

Die ersten umfassenden Untersuchungen der Elasticitätsverhältnisse auf Druck in Anspruch genommener Mörtel- und Bétonsorten rühren von Herrn Prof. *C. v. Bach* her, vergl. die Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1896, S. 1381. *v. Bach* hatte seinen Arbeiten Portland-Cement, Donau- und Egginger Grubensand, Geschiebskies und Kleingeschläg aus weissem Jurakalk zu Grunde gelegt, und gelangt neben anderen bautechnisch wichtigen auch zu dem interessanten Resultate, dass durch Sandzusatz eine Abminderung der Elasticität des reinen Cementes eintritt, welche durch Vermehrung des Sandzusatzes wieder gehoben und bei hinreichendem Sandzusatze über jene des reinen Cementes hinaus gesteigert werden kann.

Für die unterste Belastungsstufe seiner Versuchsreihen, welche zwischen 7,8 und 8,1 kg/cm² fällt und für das zwischen 83 und 145 Tagen schwankende Alter seiner Probekörper findet *v. Bach* folgende, mittlere Elasticitätsmoduli:

I. Reiner Portland-Cement (1. Mahlung) . . .	$\epsilon = 211 \text{ t/cm}^2$;	86 Tg.
II. 1 Cement : 1 $\frac{1}{2}$ Donausand	" = 281 " ;	95 "
III. 1 " : 3 "	" = 232 " ;	96 "
IV. 1 " : 4 "	" = 159 " ;	92 "
V. Reiner Portland-Cement (2. Mahlung) . . .	" = 190 " ;	126 "
VI. 1 Cemt. : 2 $\frac{1}{2}$ Don.-Sd. : 5 Donaukies . . .	" = 221 " ;	86 "
VII. 1 " : 2 $\frac{1}{2}$ Egg.-Sd. : 5 Kalksteinschotter	" = 329 " ;	104 "
VIII. 1 " : 3 Don.-Sd. : 6 Donaukies . . .	" = 211 " ;	94 "
IX. 1 " : 3 " : 6 Kalksteinschotter	" = 271 " ;	130 "
X. 1 " : 3 $\frac{1}{2}$ " : 7 Donaukies . . .	" = 175 " ;	117 "
XI. 1 " : 3 $\frac{1}{2}$ " : 7 Kalksteinschotter	" = 252 " ;	132 "
XII. 1 " : 4 " : 8 Donaukies . . .	" = 162 " ;	108 "
XIII. 1 " : 4 " : 8 Kalksteinschotter	" = 233 " ;	133 "
XIV. 1 " : 4 $\frac{1}{2}$ " : 9 Donaukies . . .	" = 166 " ;	141 "
XV. 1 " : 4 $\frac{1}{2}$ Egg.-Sd. : 9 Kalksteinschotter	" = 218 " ;	135 "
XVI. 1 " : 5 Don.-Sd. : 10 Donaukies . . .	" = 156 " ;	144 "
XVII. 1 " : 5 Egg.-Sd. : 10 Kalksteinschotter	" = 239 " ;	137 "

Mittleres Alter der Proben:

Im Sommer 1896, als die Arbeiten für die schweiz. Landesausstellung zur Neige gingen, hatten wir zur Ergänzung dieser eine grössere Versuchsreihe angetreten, welche Aufschluss über die Elasticitätsverhältnisse einiger Mörtel- und Bétonsorten verschiedener hydraulischer Bindemittel bei deren Inanspruchnahme auf Druck erteilen sollte. Als Bindemittel wurden verwendet:

- A. ein *Portland-Cement*, bezogen aus Fabrik Reuchenette der Portland-Cementfabriken der Herren *R. Vigier & Co.*;
- B. ein *Schlacken-Cement*, bezogen aus den Kalk- und Cementfabriken Beckenried, Zürich;
- C. ein *Roman-Cement*, bezogen aus dem Handel (Delune & Co., Grenoble).

Folgende Zusammenstellungen geben Auskunft über die chemische Zusammensetzung, die physikalischen Eigenschaften und die Normenfestigkeit dieser Bindemittel.

Portland-Cement; Schlacken-Cement; Roman-Cement.

a) Chemische Zusammensetzung.

Kieselsäure (SiO ₂)	21,520 0/0;	21,650 0/0;	21,040 0/0.
Thonerde (Al ₂ O ₃)	6,765 „	13,935 „	8,605 „
Eisenoxyd (Fe ₂ O ₃)	3,685 „	FeO = 1,440 „	3,810 „
Kalk (CaO)	57,193 „	45,674 „	52,410 „
Magnesia (MgO)	2,365 „	3,264 „	3,980 „
Kohlensaurer Kalk (CaCO ₃)	2,193 „	3,864 „	5,296 „
Schwefelsaurer Kalk (CaSO ₄)	3,834 „	1,574 „	2,284 „
Wasser + Bit. (H ₂ O + Bit.)	1,205 „	5,235 „	1,530 „
Alkalien als Differenz	1,040 „	0,975 „	1,045 „
	100,000	100,000 *)	100,000

b) Physikalische Eigenschaften.

Specifisches Gewicht	3,13;	2,75;	3,09.
Glühverlust	1,93 0/0;	5,31 0/0;	2,60 0/0.
Raumgewichte, lose	1,30 kg/l;	0,99 kg/l;	1,20 kg/l.
masch. eingerüttelt:	1,88 „	1,51 „	1,67 „
Erhärtungsbeginn	4 St. — M.;	4 St. 30 M.;	— St. 3 1/2 M.
Bindezeit	ca. 15 St. — M.;	10 St. — M.;	— St. 12 M.
bei einer Lufttemperatur	17,5 0 C.;	16 0 C.;	18 0 C.
u. einer Menge Anmachwassers:	27,5 0/0;	38,5 0/0;	31,5 0/0
Volumenbeständigkeitsproben	bestanden;	bestanden;	bestanden.
Mahlfeinheit; Rückst. am 900-S.:	1,0 0/0;	1,0 0/0;	10 0/0.
„ „ 4900-S.:	17,2 „	19,0 „	26,5 „

*) Summe = 100 mit 2,171 0/0 CaS.

Portland-Cement; Schlacken-Cement; Roman-Cement.

c) Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels.

Nach 7 Tagen, Zug . . . :	18,3 kg/cm ² ;	20,9 kg/cm ² ;	8,6 kg/cm ² .
Druck . . . :	191,4 „	209,1 „	100,4 „
Nach 28 Tagen, Zug . . . :	26,2 „	27,5 „	11,2 „
Druck . . . :	275,4 „	317,4 „	146,3 „
Gewichte d. Probekörper, Zug :	2,32;	2,30;	2,29.
Druck:	2,29;	2,30;	2,30.

Zur Mörtel- und Bétonbereitung dienten die in Zürich und Umgebung verwendeten Füllstoffe, nämlich:

Bausand (Grubensand) von Altstetten,

Geschiebskies aus der Sihl.

Es sind dies die gleichen Materialien, welche für die in No. 19 des vorliegenden Heftes näher beschriebenen Bétonarbeiten verwendet wurden, und über deren Beschaffenheit wir den Mitteilungen dieser Nummer nichts beizufügen haben.

Die Mörtel- und Bétonzusammensetzung wurde nach Anleitung folgenden Schemas gewählt:

Cement	:	Sand	:	Kies		Cement	:	Füllstoff.
1 R.-T.	:	1 R.-T.	:	— R.-T.	d. h.	1 R.-T.	:	1 R.-T.
1 „	:	2 „	:	— „	„	1 „	:	2 „
1 „	:	3 „	:	— „	„	1 „	:	3 „
1 „	:	1 „	:	2 „	„	1 „	:	3 „
1 „	:	1 „	:	4 „	„	1 „	:	5 „
1 „	:	2 „	:	4 „	„	1 „	:	6 „
1 „	:	2 „	:	6 „	„	1 „	:	8 „
1 „	:	3 „	:	6 „	„	1 „	:	9 „
1 „	:	3 „	:	8 „	„	1 „	:	11 „

Die Mischung der Bindemittel mit den Füllstoffen geschah also nach Raumteilen. Dem Bindemittel wurde zunächst der Sand und nach dessen Durcharbeitung das Anmachwasser in solchen Mengen beigegeben, dass der Mörtel die Konsistenz feuchter Gartenerde zeigte. Bei Erzeugung der Bétonproben wurde dem angemachten Mörtel die vorgemessene Menge Kies in nassem Zustande zugesetzt und das Gemenge abermals und so lange durchgearbeitet, bis dasselbe ein gleichmässiges Ansehen angenommen hatte.

Die prismatischen Probekörper von 16 × 16 cm Querschnitt und ca. 32 cm Höhe wurden durch Einschlagen der Mörtel- oder Bétonmasse von Hand gewonnen. Für jede Mörtel- und Bétonsorte wurden 3 Probekörper erzeugt und verwendet. Man schlug

diese Masse stets so lange ein, bis dieselbe elastisch wurde und eine geringfügige Wasserabsonderung eintrat. Die Zeit des Eintritts dieses Zustandes und damit die zur Dichtung des Mörtels bzw. der Bétonmasse verwendete Arbeit ist eine unmittelbare Funktion der Menge des Anmachwassers. Bei der völlig subjektiven Wahl des letzteren war nicht zu vermeiden, dass die Rammarbeit und damit die Dichte des Versuchsmaterials Schwankungen erlitt, die Verwerfungen der Elasticitäts- und Festigkeitszahlen nach sich zog.

Die in die Modelle eingeschlagene Mörtel- oder Bétonmasse blieb in der Regel 24 Stunden darin; nach Verfluss dieser Zeit wurden die Probekörper ausgeschalt, die Druckflächen mit ebenen und parallelen Cementdeckeln versehen, und nach ca. 2-tägiger Lagerung im Laboratorium unter einer feucht gehaltenen Sandschicht im Hofraume der Anstalt bewahrt. Hier bleiben die Versuchskörper bis zum Eintritt der Winterfröste; später werden dieselben wieder in der Cementwerkstätte an der Luftlagerung versorgt.

Nach ca. 290-tägiger Luftlagerung und nachdem die Druckflächen auf gusseisernen Scheiben mit feinem Schmirgel oder Quarzsand abgeschliffen bzw. mittelst Feile nachgearbeitet wurden, gelangten die Probekörper zunächst in die Werdermaschine, auf welcher unter Anwendung des *Bauschinger'schen* Spiegelapparates die Elasticitätsmessungen vorgenommen wurden, sodann auf eine 150-tonnige *Amsler*-Presse, die zur Bestimmung der Druckfestigkeit der Probekörper eingerichtet war. Da für jede Mörtel- und Bétonsorte 3 Probekörper zur Prüfung gelangten, stellen sämtliche Zahlen der nachstehenden Zusammenstellungen Mittelwerte aus 3 Messungen dar. Im Ganzen sind 81 Messungen durchgeführt worden. Über den hiebei betretenen Arbeitsvorgang geben folgende Protokollabdrücke nähere Auskunft.

Portland-Cementmörtel, 1 : 1 in R.-T.

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerte aus 3 Beobachtungen.

Bezeichnung: 10; Alter: 290 Tage, Luftlagerung.

Mittlere Breite: 16,1 cm; mittlere Dicke: 16,3 cm; Messlänge: 25,0 cm.

Prismenlänge: 32,77 cm; Prismenquerschnitt: 262,4 cm²; Prismengew.: 19,6 kg;

Gewicht der Kubik-Einheit: 2,28.

Belastung t	Summe der Spiegel- ablesungen	Differenz	Längenänderungen				Spec. Be- lastung t/cm ²	Auf die Längeneinheit (1 cm) reduzierte Längenänderng.			
			elasti- sche cm:1000	Differenz	blei- bende cm:1000	Differenz		elasti- sche cm:1000	Differenz	blei- bende cm:1000	Differenz
0,0	0,00										
5,0	1,45	1,45	1,42		0,03		0,019	0,0568		0,0012	
0,0	+ 0,03	1,60		1,57	0,03				0,0628		0,0012
10,0	3,05		2,99		0,06		0,038	0,1196		0,0024	
0,0	+ 0,06	1,56		1,53	0,03				0,0612		0,0012
15,0	4,61		4,52		0,09		0,057	0,1808		0,0036	
0,0	+ 0,09	1,55		1,52	0,03				0,0608		0,0012
20,0	6,16		6,04		0,12		0,076	0,2416		0,0048	
0,0	+ 0,12	1,95		1,89	0,06				0,0753		0,0016
25,0	8,11		7,93		0,18		0,095	0,3172		0,0064	
0,0	+ 0,18	1,39		1,27	0,12				0,0508		0,0056
30,0	9,50		9,20		0,30		0,114	0,3680		0,0120	
0,0	+ 0,30	1,77		1,56	0,21				0,0624		0,0084
35,0	11,27		10,76		0,51		0,133	0,4304		0,0204	
0,0	+ 0,51	1,79		1,63	0,16				0,0652		0,0064
40,0	13,06		12,39		0,67		0,152	0,4956		0,0268	
0,0	+ 0,67	1,86		1,59	0,27				0,0636		0,0108
45,0	14,92		13,98		0,94		0,171	0,5592		0,0376	
0,0	+ 0,94	1,99		1,68	0,31				0,0672		0,0124
50,0	16,91		15,66		1,25		0,190	0,6264		0,0500	
0,0	+ 1,25	2,07		1,68	0,39				0,0672		0,0156
55,0	18,98		17,34		1,64		0,209	0,6936		0,0656	
0,0	+ 1,64	2,20		1,69	0,51				0,0676		0,0204
60,0	21,18		19,03		2,15		0,228	0,7612		0,0860	
0,0	+ 2,15	2,25		1,80	0,45				0,0720		0,0180
65,0	23,43		20,83		2,60		0,247	0,8332		0,1040	
0,0	+ 2,60	2,44		1,79	0,65				0,0716		0,0260

Belastung t	Summe der Spiegel- ables- ungen	Differenz	Längenänderungen				Spec. Be- lastung t/cm ²	Auf die Längeneinheit (1 cm) reduzierte Längenänderng.				
			elasti- sche cm:1000	Differenz	blei- bende cm:1000	Differenz		elasti- sche cm:1000	Differenz	blei- bende cm:1000	Differenz	
70,0	25,87		22,62		3,25		0,266	0,9048		0,1300		
0,0	+ 3,25	2,60		2,25	0,35			0,0900		0,0140		
75,0	28,47		24,87		3,60		0,285	0,9948		0,1440		
0,0	+ 3,60	2,74		1,76	0,98			0,0704		0,0392		
80,0	31,21		26,63		4,58		0,304	1,0652		0,1832		
0,0	+ 4,58	3,00		2,10	0,90			0,0840		0,0360		
85,0	34,21		28,73		5,48		0,323	1,1492		0,2192		
0,0	+ 5,48	3,13		2,07	1,06			0,0828		0,0424		
90,0	37,34		30,80		6,54		0,342	1,2320		0,2616		
0,0	+ 6,54	3,45		2,21	1,24			0,0884		0,0496		
95,0	40,79		33,01		7,78		0,362	1,3204		0,3112		
0,0	+ 7,78											

Druckfestigkeit, absolut: B = 141,4 t; pro cm²: β = 0,539 t.

Portland-Cementmörtel, 1 : 2 in R.-T.

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerte aus 3 Beobachtungen.

Bezeichnung: 11; Alter: 290 Tage, Luftlagerung.

Mittlere Breite: 16,1 cm; mittlere Dicke: 16,3 cm; Messlänge: 25,0 cm.

Prismenlänge: 33,9 cm; Prismenquerschnitt: 262,4 cm²; Prismengew.: 20,0 kg

Gewicht der Kubik-Einheit: 2,25.

Belastung t	Summe der Spiegel- ables- ungen	Differenz	Längenänderungen				Spec. Be- lastung t/cm ²	Auf die Längeneinheit (1 cm) reduzierte Längenänderng.				
			elasti- sche cm:1000	Differenz	blei- bende cm:1000	Differenz		elasti- sche cm:1000	Differenz	blei- bende cm:1000	Differenz	
0,0	0,00											
5,0	1,17	1,17	1,17		0,00		0,019	0,0468		0,0000		
0,0	0,00	1,36		1,32	0,04			0,0528		0,0016		
10,0	2,53		2,49		0,04		0,038	0,0996		0,0016		
0,0	+ 0,04	1,51		1,48	0,03			0,0592		0,0012		
15,0	4,04		3,97		0,07		0,057	0,1588		0,0028		
0,0	+ 0,07	1,66		1,54	0,12			0,0616		0,0048		

Belastung t	Summe der Spiegel- ablesen- ungen	Differenz	Längenänderungen				Spec. Be- lastung t/cm ²	Auf die Längeneinheit (1 cm) reduzierte Längenänderng.			
			elasti- sche cm:1000	Differenz	blei- bende cm:1000	Differenz		elasti- sche cm:1000	Differenz	blei- bende cm:1000	Differenz
20,0	5,70		5,51		0,19		0,076	0,2204		0,0076	
0,0	+ 0,19	1,65		1,53		0,12			0,0612		0,0048
25,0	7,35		7,04		0,31		0,095	0,2816		0,0124	
0,0	+ 0,31	1,76		1,57		0,19			0,0628		0,0076
30,0	9,11		8,61		0,50		0,114	0,3444		0,0200	
0,0	+ 0,50	1,85		1,61		0,24			0,0644		0,0096
35,0	10,96		10,22		0,74		0,133	0,4088		0,0296	
0,0	+ 0,74	1,92		1,66		0,26			0,0664		0,0104
40,0	12,88		11,88		1,00		0,152	0,4752		0,0400	
0,0	+ 1,00	2,01		1,68		0,33			0,0672		0,0132
45,0	14,89		13,56		1,33		0,171	0,5424		0,0532	
0,0	+ 1,33	2,20		1,77		0,43			0,0708		0,0172
50,0	17,09		15,33		1,76		0,190	0,6132		0,0704	
0,0	+ 1,76	2,18		1,71		0,47			0,0684		0,0188
55,0	19,27		17,04		2,23		0,209	0,6816		0,0892	
0,0	+ 2,33	2,47		1,90		0,57			0,0760		0,0228
60,0	21,74		18,94		2,80		0,228	0,7576		0,1120	
0,0	+ 2,80	2,50		1,93		0,57			0,0772		0,0228
65,0	24,24		20,87		3,37		0,247	0,8348		0,1348	
0,0	+ 3,37	2,87		2,07		0,80			0,0828		0,0320
70,0	27,11		22,94		4,17		0,266	0,9176		0,1668	
0,0	+ 4,17	2,97		2,08		0,89			0,0832		0,0356
75,0	30,08		25,02		5,06		0,285	1,0008		0,2024	
0,0	+ 5,06	3,28		2,16		1,12			0,0864		0,0448
80,0	33,36		27,18		6,18		0,304	1,0872		0,2472	
0,0	+ 6,18										

Druckfestigkeit, absolut: B = 126,3 t; pro cm²: β = 0,481 t.

Portland-Cementmörtel, 1 : 3 in R.-T.

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerte aus 3 Beobachtungen.

Bezeichnung: 12; Alter: 290 Tage, Luftlagerung.

Mittlere Breite: 16,1 cm; mittlere Dicke: 16,3 cm; Messlänge: 25,0 cm.
 Prismenlänge: 34,2 cm; Prismenquerschnitt: 262,4 cm²; Prismengew.: 20,1 kg;
 Gewicht der Kubik-Einheit: 2,24.

Belastung t	Summe der Spiegel- ablesen- gen	Differenz	Längenänderungen				Spec. Be- lastung t/cm ²	Auf die Längeneinheit (1 cm) reduzierte Längenänderng.			
			elasti- sche cm:1000	Differenz	blei- bende cm:1000	Differenz		elasti- sche cm:1000	Differenz	blei- bende cm:1000	Differenz
0,0	0,00										
5,0	1,51	1,51	1,50		0,01	0,019	0,0600		0,0004		
0,0	+ 0,01	1,65		1,59	0,06			0,0636		0,0024	
10,0	3,16		3,09		0,07	0,038	0,1236		0,0028		
0,0	+ 0,07	1,79		1,64	0,15			0,0656		0,0060	
15,0	4,95		4,73		0,22	0,057	0,1892		0,0088		
0,0	+ 0,22	1,94		1,69	0,25			0,0676		0,0100	
20,0	6,89		6,42		0,47	0,076	0,2568		0,0188		
0,0	+ 0,47	2,00		1,79	0,21			0,0716		0,0084	
25,0	8,89		8,21		0,68	0,095	0,3284		0,0272		
0,0	+ 0,68	2,13		1,77	0,36			0,0708		0,0144	
30,0	11,02		9,98		1,04	0,114	0,3992		0,0416		
0,0	+ 1,04	2,31		1,88	0,43			0,0752		0,0172	
35,0	13,33		11,86		1,47	0,133	0,4744		0,0588		
0,0	+ 1,47	2,39		1,94	0,45			0,0776		0,0180	
40,0	15,72		13,80		1,92	0,152	0,5520		0,0768		
0,0	+ 1,92	2,72		2,08	0,64			0,0832		0,0256	
45,0	18,44		15,88		2,56	0,171	0,6352		0,1024		
0,0	+ 2,56	3,48		2,20	0,58			0,0880		0,0232	
50,0	21,22		18,08		3,14	0,190	0,7232		0,1256		
0,0	+ 3,14	3,18		2,29	0,93			0,0916		0,0372	
55,0	24,44		20,37		4,07	0,209	0,8148		0,1628		
0,0	+ 4,07	3,47		2,36	1,11			0,0944		0,0444	
60,0	27,91		22,73		5,18	0,228	0,9092		0,2072		
0,0	+ 5,18	3,84		2,49	1,45			0,0996		0,0540	
65,0	31,75		25,22		6,53	0,247	1,0088		0,2612		
0,0	+ 6,53										

Druckfestigkeit, absolut: B = 93,7 t; pro cm²: β = 0,359 t.

In Fig. 30, 31 und 32 haben wir die Schaubilder der Druckversuche der Portland-Cementmörtel 1 : 1, 1 : 2 und 1 : 3 in R.-T. dargestellt. Man ersieht diesen Schaubildern sowie dem zugehörigen Zahlenmateriale auf S. 305—308, dass die Portland-Cementmörtel dem Hook'schen Proportionalitätsgesetze nicht folgen, dass neben den federnden Formänderungen stets auch bleibende einerschreiten, die mit der spec. Inanspruchnahme der Mörtel wachsen und an sich nicht verschwindend klein sind.

Die Schaubilder der Portland-Cementmörtel zeigen einen parabolischen Verlauf; die Beziehung der spec. Anstrengung (σ) des Materials zu dessen Längenänderung (λ), also

$$\lambda = f(\sigma)$$

ist unbekannt.

Fig. 30.

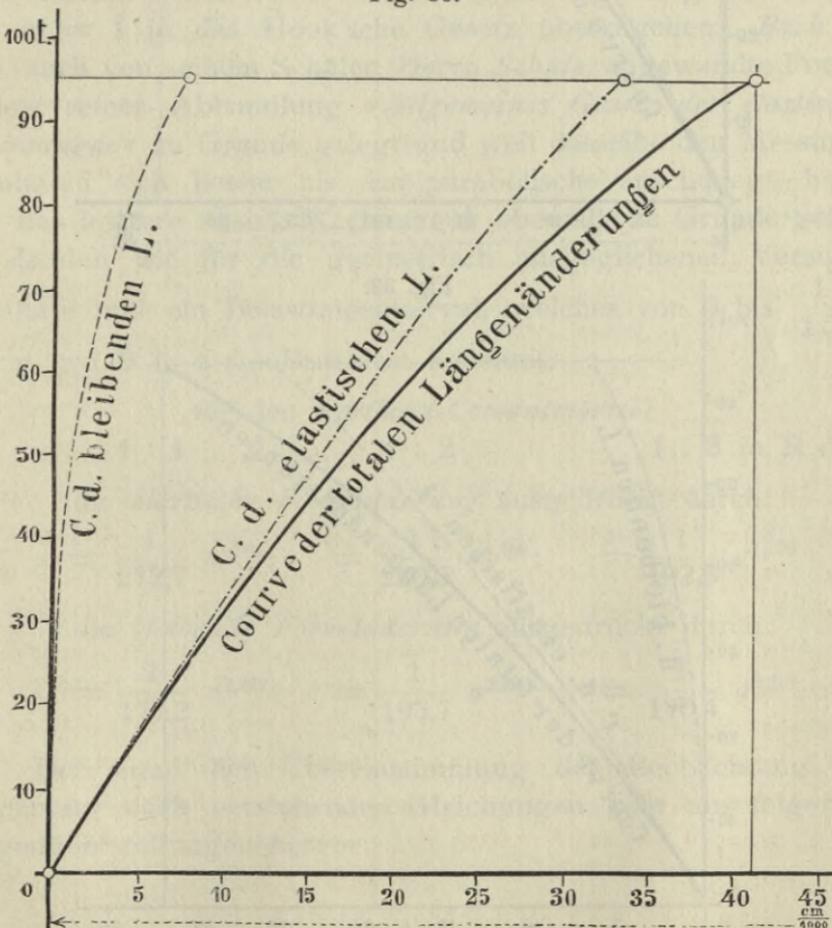


Fig. 31.

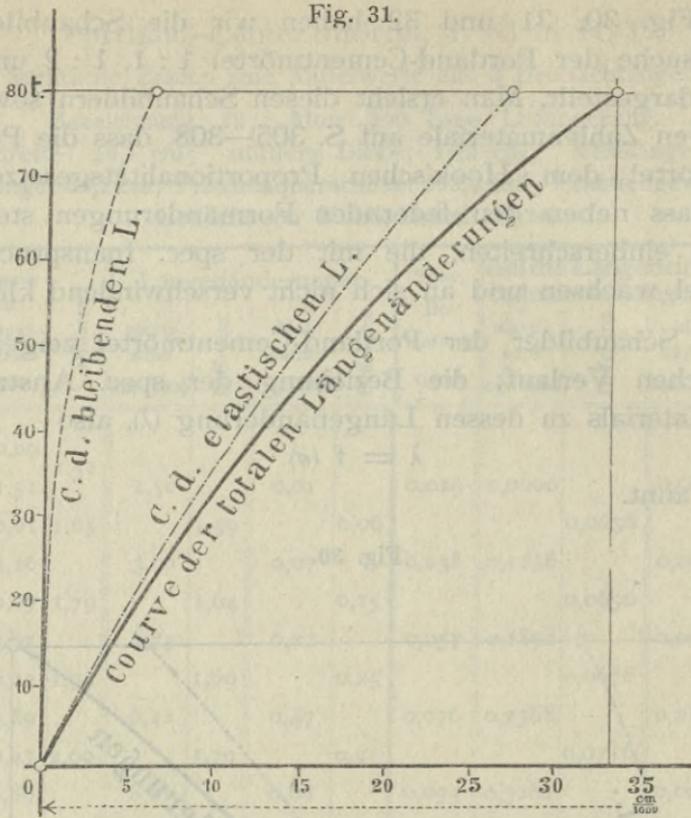
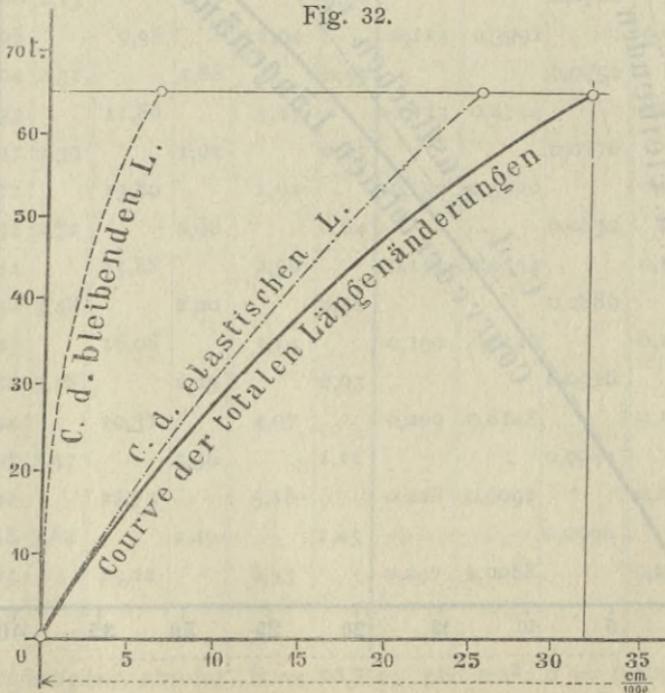


Fig. 32.



Näherungsweise lässt sich das unbekannte Gesetz sowohl für die federnde als auch für die bleibende Längenänderung innerhalb bestimmter Grenzen der Inanspruchnahme mit fast, identischer Übereinstimmung durch verschiedene ebene Kurven ersetzen. Unter diesen kommt in erster Linie die Parabel

$$\lambda = a \sigma + b \sigma^2$$

in Betracht, welche nach Dr. R. Mehmke's interessanten Zusammenstellungen, vergl. die Zeitschrift für Mathematik und Physik, 1897, S. 327 u. f., zuerst durch Hodkinson (1849) in Vorschlag gebracht wurde. Neben dem parabolischen Gesetz kommt Bülfinger's Potenzgesetz (1729):

$$\lambda = \frac{1}{c} \sigma^m$$

in Betracht, welches den Vorteil besitzt eingliedrig zu sein und für $m = 1$ in das Hook'sche Gesetz überzugehen. Bach hat das, auch von seinem Schüler, Herrn Schüle, angewandte Potenzgesetz seiner Abhandlung »Allgemeines Gesetz der elastischen Dehnungen« zu Grunde gelegt und weil dasselbe den Messungsergebnissen sich besser als das parabolische anschmiegt, haben wir das letztere unsern Rechnungen ebenfalls zu Grunde gelegt. So fanden wir für die geometrisch ausgeglichenen Versuchsergebnisse und ein Belastungsintervall, welches von 0 bis $\frac{1}{1,5} B$ reicht, wo B in t die Bruchlast bedeutet,

für den *Portland-Cementmörtel*:

1 : 1

1 : 2

1 : 3 in R.-T.

die *elastische Formänderung* ausgedrückt durch:

$$\lambda = \frac{1}{272,7} \sigma^{1,058}; \quad = \frac{1}{220,5} \sigma^{1,198}; \quad = \frac{1}{192,8} \sigma^{1,180};$$

die *bleibende Formänderung* ausgedrückt durch:

$$\lambda_0 = \frac{1}{177,2} \sigma^{2,822}; \quad = \frac{1}{193,7} \sigma^{2,580}; \quad = \frac{1}{170,4} \sigma^{2,279}.$$

Der Grad der Übereinstimmung der Beobachtung und Rechnung nach vorstehenden Gleichungen geht aus folgenden Gegenüberstellungen hervor:

Spec. Belastung σ t/cm ²	Auf die Längeneinheit (1 cm) reduzierte Längenänderungen			
	elastische cm : 1000		bleibende cm : 1000	
	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet

Portland-Cementmörtel, 1 : 1 in R.-T.

0,019	0,0568	0,0554	0,0012	0,0001
0,038	0,1196	0,1153	0,0024	0,0006
0,057	0,1808	0,1770	0,0036	0,0017
0,076	0,2416	0,2400	0,0048	0,0039
0,095	0,3172	0,3039	0,0064	0,0073
0,114	0,3680	0,3686	0,0120	0,0123
0,133	0,4304	0,4339	0,0204	0,0190
0,152	0,4956	0,4997	0,0268	0,0277
0,171	0,5592	0,5660	0,0386	0,0386
0,190	0,6264	0,6327	0,0500	0,0520
0,209	0,6936	0,6999	0,0656	0,0681
0,228	0,7612	0,7674	0,0860	0,0870
0,247	0,8332	0,8352	0,1040	0,1091
0,266	0,9048	0,9033	0,1300	0,1344
0,285	0,9948	0,9717	0,1440	0,1633
0,304	1,0652	1,0404	0,1832	0,1960
0,323	1,1492	1,1093	0,2192	0,2325
0,342	1,2320	1,1784	0,2616	0,2732
0,362	1,3204	1,2515	0,3112	0,3207

Portland-Cementmörtel, 1 : 2 in R.-T.

0,019	0,0468	0,0393	0,0000	0,0002
0,038	0,0996	0,0902	0,0016	0,0011
0,057	0,1588	0,1466	0,0028	0,0032
0,076	0,2204	0,2069	0,0076	0,0067
0,095	0,2816	0,2703	0,0124	0,0119
0,114	0,3444	0,3363	0,0200	0,0190
0,133	0,4088	0,4045	0,0296	0,0283
0,152	0,4752	0,4747	0,0400	0,0400
0,171	0,5424	0,5467	0,0532	0,0542
0,190	0,6132	0,6202	0,0704	0,0711
0,209	0,6816	0,6952	0,0892	0,0909

Spec. Belastung σ t/cm ²	Auf die Längeneinheit (1 cm) reduzierte Längenänderungen			
	elastische cm : 1000		bleibende cm : 1000	
	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet
0,228	0,8576	0,7716	0,1120	0,1138
0,247	0,8348	0,8492	0,1348	0,1399
0,266	0,9176	0,9281	0,1668	0,1695
0,285	1,0008	1,0081	0,2024	0,2025
0,304	1,0872	1,0891	0,2472	0,2392

Portland-Cementmörtel, 1 : 3 in R.-T.

0,019	0,0600	0,0483	0,0004	0,0007
0,038	0,1236	0,1094	0,0028	0,0034
0,057	0,1892	0,1765	0,0088	0,0085
0,076	0,2568	0,2479	0,0188	0,0165
0,095	0,3284	0,3226	0,0272	0,0274
0,114	0,3992	0,3998	0,0416	0,0416
0,133	0,4744	0,4798	0,0588	0,0591
0,152	0,5520	0,5616	0,0768	0,0801
0,171	0,6352	0,6453	0,1024	0,1048
0,190	0,7232	0,7308	0,1256	0,1335
0,209	0,8148	0,8178	0,1628	0,1654
0,228	0,9092	0,9062	0,2072	0,2024

Ähnlich den Portland-Cementmörteln verhalten sich auch die Schlacken-Cement- und Roman-Cementmörtel, sowie deren Bétonsorten und lassen sich unsere Versuchsergebnisse in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. *Die vorliegenden Versuchsreihen sind nicht genügend umfassend, um die Frage der Elastizitäts-Verhältnisse der Mörtel- und Bétonsorten der hydraulischen Bindemittel für deren feuchte Luftlagerung endgültig auszutragen.* Für das unseren Versuchen zu Grunde gelegte Versuchsmaterial und die gewählte Behandlung der Probekörper kann indessen als unzweifelhaft feststehend angesehen werden, dass

2. *die Cementmörtel und deren Bétonsorten dem Hook'schen Proportionalitätsgesetze nicht folgen und dass die Abweichungen*

von diesem mit wachsender Inanspruchnahme ebenfalls wachsen. Es kann daher weder bei den Cementmörteln noch bei den Bétonsorten von einer Proportionalitätsgrenze, von einem konstanten Elasticitäts- und Grenzmodul gesprochen werden; dass

3. neben elastischen, nach Entfernung der Belastung verschwindenden Formänderungen, stets auch erhebliche, bleibende einerschreiten, deren Grösse mit dem Bindemittel wechselt, für sämtliche Bindemittel bezw. für deren Mörtel- und Bétonsorten mit zunehmender Magerung (Sand und Kiesgehalt), sowie mit zunehmender Inanspruchnahme wachsen.

4. Unter sonst gleichen Umständen, bei gleicher Zusammensetzung und Inanspruchnahme, ist das Verhältnis der federnden zur bleibenden Längenänderung der Mörtel- und Bétonsorten beim Portland-Cement am kleinsten, beim Roman-Cement am grössten. Der Schlacken-Cement nähert sich in dieser Hinsicht dem Roman-Cement; vergl. nachstehende Tabellen.

Tabelle der Verhältniszahlen der beobachteten, federnden zur bleibenden Längenänderung $\Delta l : \Delta l_0$.

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerte aus 3 Versuchen.

Lauf. No.	Mischungsverhältnis in R.-T.			Verhältniszahlen $\Delta l : \Delta l_0$ für die Laststufen in t/cm ² :								
	Cement	Sand	Kies	0,019	0,038	0,057	0,076	0,095	0,114	0,133	0,152	
A. Portland-Cement.												
1	1	1	—	47,33	49,83	50,22	50,33	44,06	30,67	21,10	18,49	
2	1	2	—	?	62,25	57,10	29,00	22,71	17,25	13,81	11,88	
3	1	3	—	?	44,14	21,50	13,66	12,07	9,60	8,07	7,19	
4	1	1	2	30,00	27,33	20,05	18,03	17,50	15,76	14,39	12,43	
5	1	1	4	15,82	14,71	11,54	9,51	8,58	7,95	6,86	5,26	
6	1	2	4	16,43	32,75	21,32	15,94	14,96	12,92	11,08	9,65	
7	1	2	6	?	11,55	9,12	6,86	5,51	4,55	3,85	—	
8	1	3	6	25,00	14,00	8,59	6,16	5,15	4,55	3,73	—	
9	1	3	8	8,12	6,79	4,62	3,72	3,20	2,58	—	—	

Lauf. No.	Mischungsverhältnis in R.-T.			Verhältniszahlen $\Delta l : \Delta l_0$ für die Laststufen in t/cm ² :							
	Ce- ment	Sand	Kies	0,019	0,033	0,057	0,076	0,095	0,114	0,133	0,152
B. Schlacken-Cement.											
10	I	I	—	48,25	35,19	29,07(?)	25,13	24,05	21,44	17,51	15,11
11*)	I	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	I	3	—	20,30	15,09	10,66	8,95	7,09	5,72	4,75	3,79
13	I	I	2	13,75	14,76	15,00	17,06	14,12	13,39	10,62	9,10
14	I	I	4	3,44	3,62	3,78	3,32	3,05	2,62	2,15	—
15	I	2	4	6,38	5,58	4,75	3,93	3,34	2,83	2,27	—
16	I	2	6	4,88	4,32	3,23	2,19	1,46	—	—	—
17	I	3	6	5,77	4,56	3,67	2,85	2,22	—	—	—
18	I	3	8	2,11	1,67	1,02	—	—	—	—	—
C. Roman-Cement.											
19	I	I	—	32,40	16,58	10,10	8,15	6,17	4,94	3,99	3,38
20	I	2	—	10,48	7,36	5,22	3,91	3,14	2,77	2,29	2,00
21	I	3	—	42,60	13,62	7,09	4,55	3,41	2,65	2,06	1,30
22	I	I	2	20,13	15,64	11,10	7,95	6,69	5,29	4,57	3,57
23	I	I	4	4,68	4,72	4,06	3,27	2,97	2,57	2,30	2,00
24	I	2	4	?	21,70	9,10	6,27	4,73	3,78	2,97	—
25	I	2	6	3,84	2,92	2,39	1,91	1,59	1,17	—	—
26	I	3	6	3,03	1,55	0,83	—	—	—	—	—
27	I	3	8	1,67	1,40	0,99	—	—	—	—	—

5. Die Verhältnisse der federnden zu den bleibenden Längenänderungen wachsen bei den Mörtelsorten mit abnehmendem Sandgehalt, und nehmen bei Bétonsorten mit gleichem Mörtel mit wachsendem Kiesgehalt ab. Die beobachteten Verwerfungen sind auf Rechnung der Menge des Anmachwassers und der damit zusammenhängenden Rammarbeit zur Erreichung des plastischen Aggregat-Zustandes der Masse zu setzen. Durch Anwendung überreichlicher Wassermengen und geringen Rammarbeiten wird

*) Wegen grober Fehler der Probekörper ausrangiert.

ein schwammiger, kompressibler Mörtel und Béton mit geringer Kohäsion und niedrigen Elasticitäts-Koeffizienten gewonnen.

6. Die nach dem Hook'schen Gesetze:

$$\lambda = \frac{1}{\varepsilon} \sigma$$

für verschiedene Laststufen (σ) und unter zu Grundelegung der gemessenen Längenänderungen (λ) berechneten Elasticitäts-Moduli sind weder bei den Mörteln noch bei den geprüften Bétonsorten der hydraulischen Cemente konstant. Dieselben sind vielmehr von der Zusammensetzung und dem Spannungsmass dieser Körper abhängig und scheinen bei den Mörteln mit wachsendem Sandgehalt eher zu als abzunehmen; sie nehmen im Béton bei gleichem Mörtel mit wachsendem Kiesgehalt ab und wachsen im Mörtel wie im Béton mit abnehmender Inanspruchnahme; vergl. die nachstehende Tabelle der Elasticitäts-Moduli ε für die untersten 3 Laststufen $\sigma = 0,019, = 0,038, = 0,057 \text{ t/cm}^2$.

Tabelle der Elasticitäts-Moduli, $\varepsilon \text{ t/cm}^2$,

berechnet für die gemessenen Längenänderungen nach dem Hook'schen Proportionalitäts-Gesetz.

Lauf No.	Mischungsverhältnis			Anzahl der Einzelproben	Mittl. Gewicht d. Prob. t/m ³	Mittl. Druckfestigt. t/cm ²	Elast.-Moduli für die Laststufen			Mittl. Elast.-Modul t cm ²
	Cement	Sand	Kies				0,019 t/cm ²	0,038 t/cm ²	0,057 t/cm ²	
A. Portland-Cement.										
1	I	I	—	3	2,28	0,539	336	318	317	324
2	I	2	—	3	2,25	0,481	406	382	359	382
3	I	3	—	3	2,24	0,359	317	307	301	308
Im Mittel:							353	336	326	338
4	I	I	2	3	2,40	0,363	375	386	374	278
5	I	I	4	3	2,42	0,243	274	270	269	271
6	I	2	4	3	2,42	0,323	413	363	352	376
7	I	2	6	3	2,42	0,215	276	265	260	267
8	I	3	6	3	2,44	0,199	317	295	281	294
9	I	3	8	3	2,41	0,164	236	236	227	233

Lauf. No.	Mischungsverhältnis			Anzahl der Einzelproben	Mittl. Gewicht d. Prob. t/m ³	Mittl. Druckfestigt. t/cm ²	Elast.-Moduli für die Laststufen			Mittl. Elast.-Modul t/cm ²
	Cement	Sand	Kies				0,019 t/cm ²	0,038 t/cm ²	0,057 t/cm ²	
B. Schlacken-Cement.										
10	I	I	—	3	2,08	0,453	251	251	254	252
11*)	I	2	—	3	2,14	—*)	—	—	—	—
12	I	3	—	3	2,19	0,225	234	242	239	238
Im Mittel:							243	247	247	245
13	I	I	2	3	2,31	0,276	436	382	232	350
14	I	I	4	3	2,37	0,183	226	217	215	219
15	I	2	4	3	2,36	0,188	287	262	252	267
16	I	2	6	3	2,37	0,133	201	186	182	189
17	I	3	6	3	2,40	0,100	230	217	207	218
18	I	3	8	3	2,38	0,102	141	124	118	128
C. Roman-Cement.										
19	I	I	—	3	2,25	0,329	211	203	204	206
20	I	2	—	3	2,16	0,263	156	134	127	139
21	I	3	—	3	2,17	0,208	223	205	197	208
Im Mittel:							197	181	176	184
22	I	I	2	3	2,34	0,242	295	276	262	278
23	I	I	4	3	2,35	0,205	203	201	209	204
24	I	2	4	3	2,35	0,196	279	257	253	263
25	I	2	6	3	2,36	0,141	213	202	195	203
26	I	3	6	3	2,31	0,071	125	119	102	115
27	I	3	8	3	2,29	0,089	137	124	119	127

7. Unter zu Grundelegung des Bülffinger'schen Potenzgesetzes

$$\lambda = \frac{1}{c} \sigma^m$$

liefert unser Versuchsmaterial für das Belastungsinterval $\sigma = 0,0$ und $\frac{1}{1,5} \beta_d$, wo β_d die Druckfestigkeit der geprüften Mörtel- und Betonprismen bedeutet, folgende Werte der Konstanten c und m :

*) Wegen grober Fehler der Probekörper ausrangiert.

Lauf. No.	Mischungsverhältnis in R.-T.			Für die bleibenden Längenänderungen		Für die federnden Längenänderungen	
	Cement	Sand	Kies	c	m	c	m
A. Portland-Cement.							
1	1	1	—	177,2	2,822	272,7	1,058
2	1	2	—	193,7	2,580	220,5	1,198
3	1	3	—	170,4	2,279	192,8	1,180
4	1	1	2	474,1	2,136	286,7	1,100
5	1	1	4	238,3	1,944	238,8	1,074
6	1	2	4	344,8	2,164	261,4	1,113
7	1	2	6	101,3	2,101	212,8	1,071
8	1	3	6	81,5	2,183	157,7	1,202
9	1	3	8	88,0	1,889	181,8	1,202
B. Schlacken-Cement.							
10	1	1	—	179,4	2,635	206,4	1,087
11*)	1	2	—	—	—	—	—
12	1	3	—	117,0	2,075	128,9	1,239
13	1	1	2	268,4	2,222	257,1	1,111
14	1	1	4	151,5	1,585	175,2	1,075
15	1	2	4	94,4	1,887	176,7	1,125
16	1	2	6	19,3	2,144	132,2	1,105
17	1	3	6	42,9	1,972	134,9	1,147
18	1	3	8	9,28	1,923	72,9	1,167
C. Roman-Cement.							
19	1	1	—	58,1	2,301	180,7	1,053
20	1	2	—	39,2	1,978	117,4	1,027
21	1	3	—	13,6	2,597	109,4	1,208
22	1	1	2	63,2	2,370	179,7	1,135
23	1	1	4	128,5	1,659	197,6	1,030
24	1	2	4	33,1	2,480	158,4	1,165
25	1	2	6	43,7	1,799	132,9	1,128
26	1	3	6	1,97	2,384	12,8	1,634
27	1	3	8	13,9	1,746	78,2	1,147

*) Wegen grober Fehler der Probekörper ausrangiert.

8. Für die federnden Längenänderungen*) können bis auf Weiteres folgende ausgeglichene Werte der Konstanten des Büllfinger'schen Potenzgesetzes verwendet werden:

Lauf. No.	Mischungsverhältnis			Portland-Cement		Schlacken-Cement		Roman-Cement	
	Cement	Sand	Kies	c	m	c	m	c	m
1	1	1	—	275	1,06	210	1,09	180	1,05
2	1	2	—	235	1,12	170	1,16	145	1,13
3	1	3	—	195	1,18	130	1,24	110	1,21
4	1	1	2	290	1,10	250	1,10	180	1,15
5	1	1	4	240	1,05	180	1,08	200	1,05
6	1	2	4	260	1,11	180	1,12	160	1,16
7	1	2	6	210	1,06	130	1,10	135	1,13
8	1	3	6	230**)	1,14**)	135	1,14	?	?
9	1	3	8	170**)	1,09**)	75	1,12	?	?

9. Die für die ausgeglichenen Konstanten des Büllfinger'schen Potenzgesetzes berechneten Längenänderungen (λ) und die diesen, nach dem Hook'schen Gesetze ($\varepsilon = \frac{1}{\lambda} \sigma$) entsprechenden Elasticitätsmoduli sind für die Laststufen $\sigma = 0,010$, $= 0,020$ und $= 0,300$ t/cm² folgender Zusammenstellung zu entnehmen:

Tabelle der spec. Längenänderungen

(nach Büllfinger's Potenzgesetz) und der Elast.-Moduli (nach Hook) für die Laststufen: $\sigma = 0,010$, $= 0,020$ und $= 0,030$ t/cm² und die ausgeglichenen Versuchsergebnisse.

Lauf. No.	Mischungsverhältnis in R.-T.			1. Laststufe, $\sigma = 0,010$ t/cm ²		2. Laststufe, $\sigma = 0,020$ t/cm ²		3. Laststufe, $\sigma = 0,030$ t/cm ²	
	Cement	Sand	Kies	Längenänderung, cm	El.-Modul ε t/cm ²	Längenänderung, cm	El.-Modul ε t/cm ²	Längenänderung, cm	El.-Modul ε t/cm ²
A. Portland-Cement.									
1	1	1	—	0,0000276	363	0,0000575	348	0,0000884	339
2	1	2	—	245	408	532	376	838	358
3	1	3	—	224	447	507	394	818	367

*) Mit Ausschluss der Betonmischungen 1 : 3 : 6 und 1 : 3 : 8 des Roman-Cementes zeigen die Werte der ausgeglichenen Konstanten mit den ursprünglichen befriedigende Übereinstimmung; vergl. die Tab. auf S. 318.

***) Unsicher.

Lauf. No.	Mischungsverhältnis in R.-T.			1. Laststufe, $\sigma = 0,010 \text{ t/cm}^2$		2. Laststufe, $\sigma = 0,020 \text{ t/cm}^2$		3. Laststufe, $\sigma = 0,030 \text{ t/cm}^2$	
	Ce- ment	Sand	Kies	Längen- änderung cm	El.-Modul $\epsilon \text{ t/cm}^2$	Längen- änderung, cm	El.-Modul $\epsilon \text{ t/cm}^2$	Längen- änderung, cm	El.-Modul $\epsilon \text{ t/cm}^2$
4	I	I	2	0,0000217	460	0,0000466	429	0,0000729	412
5	I	I	4	33I	302	685	292	1049	286
6	I	2	4	0,0000232	43I	0,0000500	400	0,0000785	382
7	I	2	6	36I	277	753	266	1157	259
8*)	I	3	6	0,0000229	438	0,0000503	398	0,0000798	376
9*)	I	3	8	389	257	827	242	1287	233

B. Schlacken-Cement.

10	I	I	—	0,0000315	318	0,0000670	299	0,0001042	288
11	I	2	—	282	355	629	318	1007	298
12	I	3	—	255	392	602	332	995	302
13	I	I	2	0,0000263	396	0,0000541	370	0,0000845	355
14	I	I	4	384	260	813	246	1259	238
15	I	2	4	0,0000320	313	0,0000695	288	0,0001094	274
16	I	2	6	485	206	1040	192	1625	185
17	I	3	6	0,0000389	257	0,0000857	233	0,0001360	221
18	I	3	8	767	130	1668	120	2626	114

C. Roman-Cement.

19	I	I	—	0,0000441	227	0,0000914	219	0,0001399	214
20	I	2	—	379	264	829	241	1312	229
21	I	3	—	346	289	800	250	1306	230
22	I	I	2	0,0000278	359	0,0000647	309	0,0000985	305
23	I	I	4	397	257	822	243	1259	238
24	I	2	4	0,0000299	334	0,0000669	299	0,0001070	280
25	I	2	6	407	246	891	222	1409	213
26*)	I	3	6	—	—	—	—	—	—
27*)	I	3	8	—	—	—	—	—	—

*) Unsicher.



Tab. No. I.

Chemische Zusammensetzung und allgemeine Eigenschaften.

Tab. No. I.

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Chemische Zusammensetzung										Spec. Gew. γ	Glüh- verlust n	Litergewichte kg			Temperaturerhöhung und Bindezeit					Volumenbeständigkeit					Siebrückstand am					
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	CaCO ₃	CaSO ₄	Wasser + Bitumen	Alkal. a. d. Diff.	Summe			CaO SiO ₂ +R ₂ O ₃	masch. einges- täubt δ ₁	lose ein- gefüllt δ ₂	einges- rüttelt δ ₃	Temp. der Luft ° C.	Menge d. Anm. Wass. 0/0	Temp.- Erhöhg. ° C.	Erhär- tungs- beginn St.	Min.	Bindezeit St.	Min.	Wasser- probe	Luft- probe	Darr- probe	Dampf- darr- probe*)	Glüh- probe	Warm- bad- probe*)	900- Sieb in 0/0	4900- Sieb in 0/0
A. Hydraulische Kalke.																																
1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	19,452	7,983	2,932	46,758	4,078	4,830	6,472	6,095	1,400	100,0	1,720	2,83	8,22	0,82	1,00	1,30	15,3	34,0	—	2	15	5	—	best.	best.	—	best.	—	best.	2,9	—
2	Bircher, Rud. Erlinsbach	27,271	6,659	3,605	37,242	1,800	12,282	1,843	9,176	0,122	100,0	1,195	2,72	13,92	0,78	1,00	1,26	19,0	41,0	—	3	—	32	—	»	»	—	»	—	»	7,7	—
3	Duvanel & Co., Noiraigue	22,193	6,446	3,452	47,695	1,992	7,330	5,153	5,385	0,354	100,0	1,680	2,78	8,61	0,91	1,04	1,40	16,5	37,0	—	10	—	45	—	»	»	—	»	—	»	12,0	—
4	Fabrique de ciment et chaux hydr. } Châtel-St-Denis	28,350	8,336	3,908	42,415	2,288	8,409	1,828	4,088	0,378	100,0	1,180	2,87	7,67	0,81	1,01	1,28	17,0	35,0	—	4	30	25	—	»	»	—	»	—	»	5,9	—
5	Châtel-St-Denis et Vouvry } Vouvry	24,300	4,895	3,073	35,907	11,649	7,189	0,864	11,069	1,054	100,0	1,250	2,73	14,24	0,84	1,04	1,40	17,0	33,0	—	8	—	60	—	»	»	—	»	—	»	6,0	—
6	Fabrique de ciment et chaux hydr., Rondchâtel	26,650	5,994	2,273	45,117	2,533	10,966	2,509	3,110	0,848	100,0	1,500	2,86	7,94	0,84	1,07	1,40	15,0	35,0	—	1	30	16	—	»	»	—	»	—	»	0,2	—
7	Fleiner & Co., Aarau	25,920	7,296	3,412	36,759	1,725	19,829	1,356	2,235	0,468	100,0	1,323	2,77	11,96	0,90	1,12	1,47	16,8	31,5	—	5	—	21	—	»	»	—	»	—	»	8,8	—
8	Hartmann, C., Wwe., Leissigen	20,230	4,672	1,456	43,679	1,196	17,273	1,493	8,080	1,921	100,0	2,040	2,71	15,74	0,76	0,91	1,24	16,0	42,0	—	3	—	50	—	»	»	—	»	—	»	7,0	—
9	Hürlimann, C., Brunnen	21,600	8,260	2,641	54,151	1,180	4,318	1,494	5,617	0,739	100,0	1,760	2,89	7,52	0,87	1,00	1,43	15,5	35,0	—	3	—	24	—	»	»	—	»	—	»	2,3	—
10	Hydr. Kalk- und Gipsfabrik, Bärschwyl	25,382	6,989	1,920	28,006	23,548	9,511	1,969	1,183	1,492	100,0	1,000	3,05	5,37	0,71	1,05	1,29	16,7	36,0	—	—	50	24	—	»	»	—	»	—	»	4,0	—
11	Joly, frères, Noiraigue	24,625	7,403	3,529	45,255	2,334	7,307	5,200	4,420	—	100,1	1,450	2,87	7,64	0,94	1,15	1,51	18,5	32,5	—	1	25	5	—	»	»	—	fast best.	—	fast best.	10,5	—
12	Kalk- und Cementfabriken Beckenried, Zürich	24,852	8,165	3,345	39,759	1,397	13,750	0,536	6,805	1,391	100,0	1,310	2,73	12,66	0,67	1,02	1,37	19,0	43,0	—	1	30	40	—	»	»	—	best.	—	best.	7,4	—
13	Leuba & Co., Noiraigue	21,349	5,596	2,698	41,088	1,599	16,761	4,811	5,270	0,828	100,0	1,770	2,76	12,65	0,79	0,97	1,27	15,8	39,0	—	1	—	8	—	»	»	—	»	—	»	0,3	—
14	Portland-Cementfabrik Lägern	23,716	7,723	3,164	40,129	2,011	16,875	2,224	4,355	—	100,2	1,460	2,83	11,78	0,83	1,05	1,41	15,8	33,5	—	1	—	10	—	»	»	—	»	—	»	Spuren	—
15	Portland-Cementfabrik Rozloch	20,008	6,199	2,623	52,174	1,719	8,465	2,101	5,505	1,206	100,0	2,000	2,81	9,23	0,82	1,08	1,14	14,0	30,5	—	6	—	14	—	»	»	—	»	—	»	5,8	—
16	Schwarz, A., Wwe, Beckenried	25,083	7,639	2,836	49,967	2,025	5,398	1,251	4,890	0,911	100,0	1,500	2,84	7,27	0,82	1,04	1,37	15,0	41,5	—	—	25	20	—	»	»	—	»	—	»	1,0	—
17	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	26,672	6,454	1,668	41,570	2,441	10,523	3,210	7,560	—	100,0	1,400	2,78	12,18	0,91	1,03	1,50	18,0	33,5	—	7	—	45	—	»	»	—	»	—	»	4,0	—
18	Spühler, G., Reckingen	23,126	13,410	1,470	45,145	3,526	8,409	1,447	1,275	2,192	100,0	1,330	2,70	4,98	0,93	1,13	1,52	16,0	35,0	—	2	—	8	—	»	»	—	»	—	»	8,1	—
19	Wallenst. Roman- u. Portland-Cementfabrik, Ennenda	17,146	5,782	2,541	42,552	3,360	13,353	5,357	10,105	—	100,2	2,050	2,62	15,98	0,85	1,00	1,31	15,0	35,0	—	8	—	24	—	»	»	—	»	—	»	Spuren	—
	Durchschnittlich	23,575	7,100	2,813	42,978	3,811	10,672	2,690	5,591	0,802	100,0	1,511	2,80	10,30	0,83	1,04	1,37	16,4	35,9	—	3	39	25	03	sämtl. best.	sämtl. best.	—	18best.	—	18best.	4,9	—
B. Roman-Cemente.																																
1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	21,110	8,074	3,170	45,733	4,683	8,523	5,906	1,340	1,461	100,0	1,64	3,02	5,09	0,80	1,19	1,30	14,8	33,5	15,0	—	14	—	25	best.	best.	—	best.	—	best.	2,8	20,7
2	Fleiner & Co., Aarau	28,104	9,420	3,061	47,106	2,434	5,966	2,132	1,669	0,108	100,0	1,24	3,04	5,29	0,85	1,09	1,43	18,8	37,5	10,1	—	04	1	—	»	»	—	»	—	»	4,5	17,5
3	Joly, frères, Noiraigue	23,824	8,521	2,889	48,137	2,159	6,648	5,874	2,175	—	100,2	1,54	2,84	5,10	1,07	1,21	1,68	18,6	38,0	13,9	—	14	—	28	»	»	—	»	—	»	7,5	25,0
4	Leuba & Co., Noiraigue	25,796	7,386	2,836	46,822	1,747	8,723	4,551	0,888	1,251	100,0	1,49	2,99	4,73	0,91	1,27	1,47	14,0	36,0	—	—	24	—	54	»	»	—	»	—	»	1,2	11,4
5	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	32,006	8,713	2,539	38,743	2,901	10,227	2,160	2,807	—	100,1	1,05	2,82	7,30	0,84	1,13	1,41	19,3	41,5	2,8	—	40	17	—	»	»	—	»	—	»	1,2	12,0
6	Wallenst. Roman- u. Portland-Cementfabrik, Ennenda	21,837	7,173	3,066	52,110	3,188	2,784	7,035	0,477	2,330	100,0	1,76	3,14	1,92	0,87	1,26	1,46	18,8	40,5	20,5	—	06	—	14	»	»	—	»	—	»	4,1	18,2
	Durchschnittlich	25,446	8,215	2,927	46,409	2,852	7,145	4,610	1,559	0,858	100,1	1,45	2,98	4,91	0,89	1,19	1,46	17,4	37,8	10,4	—	17	3	20	sämtl. best.	sämtl. best.	—	sämtl. best.	—	sämtl. best.	3,6	17,5

*) 50 °C. für hydraul. Kalk und Roman-Cement.

Tab. No. II.

Chemische Zusammensetzung und allgemeine Eigenschaften.

Tab. No. II.

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Chemische Zusammensetzung										Spec. Gew. γ	Glühverlust n	Litergewichte kg			Temperaturerhöhung und Bindezeit						Volumenbeständigkeit						Siebrückstand am			
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	CaCO ₃	CaSO ₄	Wasser + Bitumen	Alkal. a. d. Diff.	Summe			CaO / SiO ₂ + R ₂ O ₃	masch. eingestäubt δ_1	lose eingefüllt δ_2	eingerrüttelt δ_3	Temp. der Luft °C.	Menge d. Anm. Wass. 0/0	Temp. Erhöhg. °C.	Erhärtungsbeginn St. Min.	Bindezeit St. Min.	Wasserprobe	Luftprobe	Darrprobe	Dampf-darrprobe	Glühprobe	Warmbadprobe *)	900-Sieb in 0/0	4900-Sieb		
C. Schlacken-Cemente. **)																																
		FeO																														
1	Kalk- und Cementfabriken Beckenried, Zürich	21,209	13,095	0,957	47,231	3,512	4,526	1,715	5,940	0,031	100,0	1,380	2,79	8,38	0,85	1,09	1,45	16,7	35,0	—	3	45	15	—	best.	best.	best.	best.	best.	best.	0,0	6,5
2	Portland-Cementfabrik Mönchenstein	26,825	10,541	3,428	44,937	4,274	2,600	3,386	2,430	0,681	100,0	1,200	2,93	5,66	0,97	1,22	1,54	17,8	30,0	—	7	30	24	—	»	»	»	»	»	»	0,3	6,95
3	Société des usines de L. de Roll, Choindex	18,618	16,276	0,974	52,626	0,843	1,936	0,529	7,570	—	100,2	1,510	2,67	7,65	0,92	1,22	1,54	—	30,5	—	1	45	16	—	»	»	»	»	netzrissig †)	»	0,0	2,0
	Durchschnittlich	22,217	13,304	1,786	48,265	2,876	3,021	1,877	5,313	0,237	100,0	1,363	2,80	7,23	0,91	1,18	1,51	17,3	31,8	—	4	20	18	20	sämtl. best.	sämtl. best.	sämtl. best.	sämtl. best.	sämtl. best.	sämtl. best.	0,1	5,2
D. Portland-Cemente.																																
1	Act.-Ges. d. Portland-Cementfabrik Wagner & Co., Stans	20,907	6,587	3,377	58,077	1,240	3,235	2,723	2,882	0,972	100,0	1,98	3,04	4,23	1,03	1,27	1,66	13,5	30,5	3,6	—	30	6	—	best.	best.	best.	best.	best.	best.	0,0	0,8
2	Act.-Ges. der R. Vigier's } Luterbach	23,481	6,138	3,384	60,548	1,423	1,409	2,582	0,940	0,095	100,0	1,89	3,10	1,56	1,18	1,34	1,81	12,5	26,0	1,8	8	—	21	—	»	»	»	»	»	»	Spuren	10,5
3	Portland-Cementfabriken } Reuchenette	21,515	6,053	2,828	61,334	3,092	0,745	2,824	0,838	0,771	100,0	2,07	3,15	1,16	1,16	1,42	1,87	13,5	27,5	3,1	6	—	12	—	»	»	»	»	»	»	»	2,7
4	Basler Cementfabrik Dittingen	21,169	6,389	3,705	62,270	1,631	1,898	2,552	0,470	—	100,1	2,06	3,15	1,31	1,24	1,46	1,99	15,5	27,0	2,1	5	—	15	—	»	»	»	»	»	»	1,9	9,5
5	Brodbeck, W., Liestal	22,040	5,928	3,639	62,132	1,330	1,954	2,361	0,176	0,440	100,0	2,03	3,17	0,95	1,29	1,54	2,02	14,2	25,0	2,1	5	30	12	—	»	»	»	»	»	»	0,1	15,5
6	Fabrique suisse de Ciment-Portland, St-Sulpice	25,276	5,698	2,773	59,603	1,711	1,230	2,728	0,564	0,417	100,0	1,82	3,11	1,11	1,20	1,39	1,92	14,5	27,0	5,1	8	—	18	—	»	»	»	»	»	»	Spuren	21,0
7	Feer & Flatt, Frauenfeld	20,719	6,143	3,052	58,667	4,771	1,920	3,067	0,940	0,721	100,0	2,04	3,14	1,79	1,21	1,46	1,99	14,0	26,5	3,6	5	—	18	—	»	»	»	»	»	»	»	10,3
8	Fleiner & Co., Aarau (künstlich)	21,526	6,545	2,922	51,846	1,800	11,564	2,011	1,142	0,644	100,0	1,91	3,06	6,23	1,11	1,40	1,78	14,7	27,8	0,7	5	—	9	—	»	»	»	»	»	»	»	8,0
9	» » » » (natürlich)	28,337	8,209	3,664	41,175	2,138	7,750	2,880	5,682	0,165	100,0	1,16	2,86	9,36	0,92	1,17	1,50	18,5	33,0	3,0	—	26	5	—	»	»	»	»	»	»	8,5	30,0
10	Jura-Cementfabriken, Aarau	20,893	6,203	3,913	59,355	1,880	1,757	3,699	2,228	0,072	100,0	1,99	3,08	3,00	1,14	1,32	1,80	14,2	25,5	0,8	7	—	18	—	»	»	»	»	»	»	0,8	15,8
11	Leuba & Co., Noiraigue	20,743	7,542	3,754	59,095	2,098	1,455	3,749	0,480	1,084	100,0	1,91	3,13	1,12	1,28	1,44	1,96	13,5	22,8	1,9	6	—	20	—	»	»	»	»	»	»	1,8	24,9
12	Portland-Cementfabrik Laufen	21,558	6,034	3,248	60,985	1,780	1,518	3,500	1,418	—	100,0	2,05	3,10	2,08	1,12	1,33	1,75	13,5	26,5	2,1	6	—	16	—	»	»	»	»	»	»	Spuren	6,2
13	» » Mönchenstein	22,665	8,048	3,704	54,829	4,318	1,893	2,781	0,877	0,885	100,0	1,66	3,13	1,71	1,16	1,45	1,78	14,5	25,5	2,6	4	45	10	—	»	»	»	»	»	»	0,2	19,5
14	» » Rozloch	22,500	6,766	2,784	60,953	2,099	1,591	1,897	0,271	1,139	100,0	1,95	3,13	0,97	1,14	1,29	1,76	14,0	25,5	8,2	—	06	—	50	»	»	»	»	»	»	0,2	11,5
15	Société des usines de Grandchp. et de Roche, Grandchamp	23,204	5,773	2,923	60,503	1,380	1,250	2,596	1,280	1,091	100,0	1,95	3,09	1,83	1,24	1,42	1,91	14,3	27,0	3,7	8	—	24	—	»	»	»	»	»	»	0,4	16,8
16	Wallenst. Roman- u. Portland-Cementfabrik, Ennenda	22,430	8,159	2,846	53,699	3,623	0,977	5,050	1,580	1,636	100,0	1,68	3,07	2,01	1,45	1,49	1,80	15,8	26,5	3,3	—	40	2	35	»	»	schw. gew. 1 Kantennris	schw. gew. Absandg. d. f. Klang	Spur von Anrissen	schwach netzrissig	1,4	11,8
	Durchschnittlich	22,466	6,638	3,282	55,973	2,270	2,634	2,938	1,361	0,758	100,0	1,83	3,09	2,53	1,18	1,39	1,79	14,4	26,9	3,0	4	45	12	58	sämtl. best.	sämtl. best.	15 best.	15 best.	15 best.	15 best.	1,0	13,4

*) 100 °C. für Schlacken- u. Portland-Cemente.

**) Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3, Summe, Mittel.
 CaS: 1,784 0,898 1,794 3,476 1,159 0/0.
 MnO: — Spur — — —

†) Schwindrisse.

Tab. No. III.

Selbstfestigkeit und Bindekraft hydraulischer Bindemittel.

Tab. No. III.

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Selbstfestigkeit (1 : 0), Wasserlagerung										Sandfestigkeit (1 : 3), Wasserlagerung										Sandfestigkeit (1 : 3), Luflagerung									
		Zug, kg/cm ²					Druck, kg/cm ²					Zug, kg/cm ²					Druck, kg/cm ²					Zug, kg/cm ²					Druck, kg/cm ²				
		7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	365 Tage	7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	365 Tage	7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	365 Tage	7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	365 Tage	7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	365 Tage	7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	365 Tage
A. Hydraulische Kalke.																															
1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	16,6	24,2	27,8	29,9	34,2	153,1	259,8	384,1	533,7	636,7	9,3	15,7	22,7	30,1	29,8	67,2	116,3	208,0	315,6	350,1	13,1	25,4	29,8	30,2	36,6	99,4	161,0	221,1	229,2	260,8
2	Bircher, Rud. Erlinsbach	4,5	7,3	17,6	22,8	18,4	20,4	47,0	96,5	152,3	184,7	3,4	7,6	13,0	19,1	19,6	25,3	48,1	74,6	102,9	132,3	3,8	8,2	10,4	11,4	13,3	30,7	55,8	83,8	92,1	107,8
3	Duvanel & Co., Noiraigue	5,5	6,7	16,7	28,2	29,2	36,8	63,9	124,1	241,3	290,8	2,9	6,2	11,9	18,6	20,0	26,7	45,5	83,5	138,2	160,4	5,2	11,2	16,5	17,3	26,8	34,4	68,1	119,9	138,2	152,5
4	Fabrique de ciment et chaux hydr. } Châtel-St-Denis	9,3	18,2	26,6	25,8	29,6	81,2	155,3	228,3	270,2	313,2	6,3	12,1	18,8	23,5	22,2	58,1	101,8	131,2	160,5	176,6	7,0	14,1	20,9	23,7	27,8	67,1	124,6	155,0	180,5	190,4
5	Châtel-St-Denis et Vouvry } Vouvry	4,3	8,9	16,6	18,3	15,7	20,1	53,4	84,5	84,1	96,1	3,1	4,9	9,9	15,0	17,0	24,4	43,9	67,5	85,2	96,7	3,4	6,9	7,5	9,0	7,6	29,1	53,5	52,7	74,8	87,7
6	Fabrique de ciment et chaux hydr., Rondchâtel	4,9	11,1	15,5	25,3	26,4	43,5	91,7	218,9	433,7	563,1	3,3	5,5	13,2	20,8	23,1	26,4	46,7	116,9	206,4	271,8	5,3	13,3	16,2	20,7	23,4	36,2	67,8	115,9	143,7	166,2
7	Fleiner & Co., Aarau	7,8	12,5	19,0	24,8	28,6	39,6	66,3	111,6	216,1	288,2	4,2	7,8	14,9	22,9	24,1	35,0	57,5	90,6	131,7	172,2	5,5	11,2	13,6	20,7	26,3	42,3	65,8	95,0	108,3	141,5
8	Hartmann, C., Wwe., Leissigen	4,9	8,4	14,0	18,1	17,4	20,4	44,2	75,2	119,5	145,1	3,4	8,3	12,8	18,4	16,8	30,3	55,6	83,0	111,7	126,8	4,7	10,6	13,7	15,3	15,6	33,2	61,6	97,0	90,9	101,5
9	Hürlimann, C., Brunnen	9,9	14,9	20,8	26,6	23,8	62,8	93,2	137,7	214,7	273,5	5,4	10,6	15,2	22,1	21,2	61,1	88,4	115,2	135,0	179,0	6,8	15,0	20,8	26,5	26,5	61,0	101,2	142,9	172,9	188,2
10	Hydr. Kalk- und Gipsfabrik, Bärschwyl	7,4	20,6	28,8	28,4	22,8	59,6	221,1	310,4	379,2	433,7	3,3	12,9	18,5	20,0	19,9	33,8	140,4	228,8	276,3	295,4	5,2	15,8	21,7	21,6	27,6	42,0	126,3	151,1	179,1	206,6
11	Joly, frères, Noiraigue	9,4	18,5	24,4	29,0	29,6	59,5	124,6	224,7	323,4	377,6	3,9	10,2	17,5	21,7	19,2	33,4	61,9	105,6	142,7	166,6	6,8	13,3	20,1	20,1	26,6	47,0	93,4	138,0	165,0	177,3
12	Kalk- und Cementfabriken Beckenried, Zürich	8,2	15,8	15,9	20,8	18,9	49,0	88,3	130,8	164,9	177,4	6,0	13,1	17,6	22,3	19,0	50,1	82,7	108,9	131,4	144,3	7,5	11,3	22,0	20,8	20,1	58,1	92,1	120,6	149,9	152,4
13	Leuba & Co., Noiraigue	10,6	16,3	21,8	26,1	29,2	79,5	130,3	211,8	316,8	366,3	6,7	11,3	15,8	21,8	22,0	51,0	84,3	135,4	203,8	226,9	9,6	20,1	16,7	21,5	24,0	69,5	121,9	189,8	220,4	213,7
14	Portland-Cementfabrik Lägern	15,3	13,9	16,7	19,0	19,3	106,6	148,3	199,2	260,1	317,6	9,8	16,3	17,6	24,9	25,8	67,6	96,4	134,1	180,8	200,0	11,5	15,2	21,9	29,4	24,5	78,1	118,9	168,6	214,5	247,7
15	Portland-Cementfabrik Rozloch	8,4	11,4	19,3	29,4	30,2	68,3	109,5	171,2	291,2	316,4	4,4	6,4	13,7	20,2	21,9	42,0	65,2	109,5	146,5	162,6	5,7	11,4	19,0	20,1	27,1	50,9	86,1	94,1	150,0	161,8
16	Schwarz, A., Wwe, Beckenried	4,0	8,0	16,8	22,1	21,5	29,1	70,3	156,5	300,7	343,4	2,7	7,5	15,1	22,2	22,5	30,0	63,9	126,5	186,7	231,0	4,5	10,5	18,2	19,8	21,3	38,6	78,3	149,1	161,8	185,6
17	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	4,9	10,2	19,4	23,0	23,6	31,6	77,8	136,7	235,4	257,2	2,9	9,4	15,1	23,1	23,9	30,2	61,5	103,4	134,2	149,3	5,2	11,0	11,1	19,6	19,4	41,6	76,5	110,3	132,4	146,6
18	Spühler, G., Reckingen	16,0	21,6	20,8	22,3	21,4	97,5	147,5	211,9	291,1	372,5	5,5	10,4	14,5	18,3	21,7	33,4	53,1	70,3	106,9	148,4	7,0	12,2	19,6	22,8	25,0	44,1	66,6	106,6	133,7	140,2
19	Wallenst. Roman- u. Portland-Cementfabrik, Ennenda	12,4	14,7	21,5	23,8	21,4	83,4	134,4	223,1	333,7	392,2	10,0	16,0	23,9	28,4	26,7	78,5	128,5	195,4	260,1	285,3	13,6	20,8	28,4	25,0	26,9	99,8	166,0	225,6	255,8	278,6
	Durchschnittlich	8,1	13,9	19,9	24,4	24,3	60,1	111,9	180,9	271,7	323,2	5,0	9,6	15,9	21,8	21,9	42,3	75,9	120,4	164,0	193,5	6,9	13,5	18,3	21,3	23,8	52,8	94,0	133,3	157,5	174,1
B. Roman-Cemente.																															
1	Bergwerkverwaltung Käpfnach	17,1	23,1	29,1	34,6	33,7	182,0	277,4	430,1	619,9	644,4	9,2	16,5	25,4	30,3	31,6	97,4	149,1	243,3	343,2	392,4	15,2	26,0	28,6	30,8	37,3	130,5	186,1	228,3	264,1	302,5
2	Fleiner & Co., Aarau	12,2	13,4	22,8	23,5	22,3	94,5	161,5	260,1	327,3	376,4	10,0	14,2	19,6	23,9	26,4	70,0	120,8	207,0	264,5	294,5	10,9	20,4	25,5	32,2	33,7	80,3	143,6	206,0	236,8	241,5
3	Joly, frères, Noiraigue	13,3	11,9	19,5	27,0	31,5	149,7	202,4	322,1	500,5	545,4	12,0	13,9	24,3	27,8	29,6	81,3	102,0	172,0	225,9	282,8	15,8	21,0	26,4	28,2	31,8	107,4	161,4	217,7	257,4	268,6
4	Leuba & Co., Noiraigue	11,4	12,2	18,2	32,5	39,7	116,7	130,4	199,5	378,9	670,9	7,8	9,0	13,3	27,1	29,9	62,6	80,3	158,7	280,5	317,8	10,8	16,6	19,8	22,5	26,1	86,0	123,4	180,6	209,5	240,7
5	Société des usines de Grandch. et de Roche, Grandchamp	2,6	8,2	15,6	22,9	21,8	15,1	44,8	119,7	159,2	188,6	2,9	8,4	15,6	21,0	19,8	23,6	60,6	94,9	130,7	142,7	3,9	7,9	11,6	20,0	18,2	39,4	72,3	103,4	118,4	153,5
6	Wallenst. Roman- u. Portland-Cementfabrik, Ennenda	10,1	16,7	25,1	29,1	26,9	91,6	175,4	304,3	380,4	395,4	12,4	18,2	33,8	37,3	35,1	115,3	212,4	342,6	456,1	478,1	18,8	28,4	35,2	43,6	30,5	137,5	210,7	286,4	360,2	337,4
	Durchschnittlich	11,1	14,3	25,1	28,3	29,3	108,3	165,3	272,6	394,4	470,2	9,1	13,4	22,0	27,9	28,7	75,0	120,9	203,1	283,5	318,1	12,6	18,4	22,9	29,6	29,6	96,9	149,6	203,7	241,1	257,4

Tab. No. IV.

Selbstfestigkeit und Bindekraft hydraulischer Bindemittel.

Tab. No. IV.

Lauf. No.	Herkunft des Materials	Selbstfestigkeit (1 : 0), Wasserlagerung										Sandfestigkeit (1 : 3), Wasserlagerung										Sandfestigkeit (1 : 3), Luftlagerung										
		Zug, kg/cm ²					Druck, kg/cm ²					Zug, kg/cm ²					Druck, kg/cm ²					Zug, kg/cm ²					Druck, kg/cm ²					
		7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	365 Tage	7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	365 Tage	7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	365 Tage	7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	365 Tage	7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	365 Tage	7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	365 Tage	
C. Schlacken-Cemente.																																
1	Kalk- und Cementfabriken Beckenried, Zürich	18,2	21,6	20,6	35,1	31,6	173,8	273,2	345,1	339,1	392,6	21,0	27,8	28,0	34,0	31,1	167,4	229,6	272,0	296,6	309,9	17,0	23,4	28,6	36,9	29,8	163,2	227,6	271,4	291,8	308,5	
2	Portland-Cementfabrik Mönchenstein	20,7	34,4	30,1	36,8	34,3	251,3	527,5	612,8	666,8	783,9	17,9	28,6	30,2	39,7	39,8	177,3	300,1	389,1	446,9	450,5	19,5	27,0	29,8	38,9	39,9	212,0	315,1	349,6	386,3	393,9	
3	Société des usines de L. de Roll, Choindez	13,6	24,7	24,9	32,3	29,2	166,6	332,9	444,9	494,9	588,3	16,3	23,3	28,5	34,0	35,0	152,5	245,4	309,0	364,1	392,9	15,0	21,1	25,3	30,0	32,5	149,3	209,2	251,5	245,0	274,8	
	Durchschnittlich	17,5	26,9	25,2	34,7	31,7	197,2	377,9	467,6	500,3	578,3	18,4	26,6	28,9	35,9	35,3	165,7	258,4	323,4	369,2	384,4	17,2	23,8	27,9	35,3	34,1	174,8	250,6	290,8	307,7	325,7	
D. Portland-Cemente.																																
1	Act.-Ges. d. Portland-Cementfabrik Wagner & Co., Stans	26,5	35,6	39,7	44,3	46,5	304,5	482,6	661,2	850,5	893,3	23,9	30,6	35,4	39,7	47,2	243,9	285,7	375,3	470,4	518,4	28,0	31,1	37,0	39,3	47,1	232,8	327,1	346,2	384,0	465,3	
2	Act.-Ges. der R. Vigier's } Luterbach	27,3	39,0	38,7	45,1	51,6	442,8	576,5	755,1	905,6	1168,9	19,8	28,5	35,8	39,7	44,1	196,9	311,5	393,9	473,0	508,7	20,4	29,8	29,3	40,4	45,3	195,4	231,2	239,7	272,6	302,0	
3	Portland-Cementfabriken } Reuchenette	38,6	42,9	37,1	42,4	43,9	469,4	610,7	863,3	939,3	1059,7	26,4	32,7	35,6	41,2	50,3	269,4	363,9	437,7	520,9	524,0	29,3	33,7	36,2	40,8	55,9	256,5	363,1	364,9	399,5	487,8	
4	Basler Cementfabrik Dittingen	42,1	45,8	44,1	34,2	37,5	524,2	733,5	897,4	1008,6	1055,6	27,7	31,9	37,6	41,0	40,2	281,8	377,1	409,9	489,5	433,2	26,0	33,6	36,1	35,6	43,8	249,1	307,2	361,3	365,3	390,4	
5	Brodbeck, W., Liestal	42,5	45,8	52,2	47,3	46,7	551,0	732,1	870,9	1090,3	1190,8	20,3	28,0	32,9	35,5	39,5	249,4	343,1	386,5	408,2	420,2	23,7	30,4	31,9	35,2	40,1	237,3	307,0	353,0	346,6	375,9	
6	Fabrique suisse de Ciment-Portland, St-Sulpice	31,5	45,8	52,9	45,8	55,1	292,3	454,1	667,8	821,8	983,7	14,2	20,9	25,7	33,2	36,8	140,3	205,9	270,3	340,9	377,0	18,7	24,9	27,2	34,2	49,3	166,0	205,1	232,8	263,3	298,1	
7	Feer & Flatt, Frauenfeld	39,5	34,5	35,8	46,1	42,7	504,1	649,7	786,3	966,3	1085,7	22,4	26,6	31,8	37,8	41,1	251,9	305,5	378,2	405,1	427,2	22,9	35,6	37,3	41,4	51,6	249,3	295,5	346,9	333,4	370,6	
8	Fleiner & Co., Aarau (künstlich)	28,3	33,4	43,1	40,2	44,6	369,0	516,5	612,8	842,9	889,3	19,8	26,9	31,0	37,3	40,1	198,4	245,8	302,4	385,4	405,3	19,5	30,8	29,4	36,8	33,8	192,8	264,8	279,2	306,8	316,6	
9	» » » (natürlich)	13,9	16,9	26,0	27,0	28,1	85,1	146,6	235,4	320,0	364,7	6,4	10,2	15,2	20,6	19,8	40,8	73,5	108,8	139,4	178,1	7,1	14,1	18,0	15,6	19,4	55,4	85,9	116,3	133,5	145,9	
10	Jura-Cementfabriken, Aarau	34,8	40,3	52,3	48,5	50,6	413,5	775,0	941,8	994,9	1211,2	19,8	29,3	34,7	33,4	42,9	207,6	319,4	363,3	422,9	510,7	23,4	29,6	31,1	32,8	44,0	225,8	314,2	298,5	323,2	391,9	
11	Leuba & Co., Noiraigue	35,6	44,3	47,3	59,5	50,0	475,5	626,5	916,4	1100,5	1231,6	19,1	25,5	29,7	36,7	38,7	173,3	261,2	322,3	403,0	392,7	18,3	31,9	29,2	37,6	43,9	184,0	267,6	290,5	296,2	344,0	
12	Portland-Cementfabrik Laufen	50,5	46,5	43,8	52,4	48,5	673,4	863,7	1064,3	1115,6	1350,5	27,0	32,6	39,8	46,3	49,1	353,4	406,0	499,0	563,3	633,7	30,2	32,0	37,0	37,3	47,4	292,0	352,6	374,4	458,7	452,0	
13	» » Mönchenstein	35,8	41,2	44,9	32,7	28,6	490,8	713,2	841,3	921,4	991,8	28,0	27,8	36,7	40,9	44,3	336,3	405,7	530,6	538,7	626,0	25,4	34,9	37,9	36,7	46,3	297,6	377,9	411,2	403,7	481,6	
14	» » Rozloch	33,2	34,5	38,8	44,1	40,0	297,7	375,8	529,1	648,0	705,6	20,1	24,7	32,1	34,9	37,8	191,6	225,4	292,7	348,9	361,3	19,8	28,2	31,9	39,0	44,9	198,0	286,1	301,0	350,2	372,4	
15	Société des usines de Grandchp. et de Roche, Grandchamp	31,5	42,4	37,6	49,3	48,7	387,4	545,4	676,8	893,4	1113,8	20,1	25,9	30,7	33,3	44,4	175,6	238,6	321,2	391,1	486,5	21,4	24,5	27,1	33,2	48,4	184,9	249,9	245,4	289,1	308,9	
16	Wallenst. Roman- u. Portland-Cementfabrik, Ennenda	26,8	32,8	34,6	44,7	50,0	202,2	334,7	507,6	717,8	862,2	14,7	17,6	25,3	34,6	33,4	106,9	154,8	207,8	301,1	316,8	19,8	26,0	31,9	36,8	38,1	144,4	198,2	252,6	260,9	292,5	
	Durchschnittlich	33,7	38,9	41,8	41,5	44,6	405,2	571,0	683,0	883,6	1009,9	20,6	26,2	32,5	36,6	42,5	213,6	282,7	350,0	412,6	445,0	22,1	29,4	31,8	35,8	43,7	209,8	277,1	313,4	324,3	362,2	

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort zur zweiten Auflage	5
1. Einflüsse der Rammarbeit auf die Dichte und die Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1:3)	7
2. Einflüsse der Sandbeschaffenheit auf die Dichte und die Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1:3)	15
3. Einfluss der Wassermenge auf die Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1:3)	21
4. Würdigung der 3-Tagproben als Wertmesser der Bindekraft hydraulischer Bindemittel	24
5. Würdigung der Heisswasserprobe zur Abkürzung der Erhärtungsdauer des Normenmörtels	27
6. Untersuchung der Bindekraft des Portlandcement-Ofenmehls	43
7. Untersuchung der Bindekraft überlagerter Cemente	44
8. Untersuchung der Erhärtung hydraulischer Bindemittel unter verschiedenen Bedingungen.	
a) Einfluss des Wassers und der Kohlensäure auf die Bindekraft hydraulischer Bindemittel	48
b) Einfluss der Jauche (flüssige Fäkalstoffe) auf die Bindekraft hydraulischer Bindemittel	48

	Seite
c) Einfluss des Petrols auf die Bindekraft hydraulischer Bindemittel	55
d) Einfluss des Glycerins auf die Bindekraft hydraulischer Bindemittel	56
9. Untersuchung der Bindekraft magnesiareicher Cemente	
a) Unterhalb der Sintergrenze gebrannte Magnesia-Cemente	57
b) Bis zur Sinterung gebrannte Magnesia-Cemente	59
10. Resultate der Untersuchung der Anmachlauge im „Metallic-Pflaster“ auf die Bindekraft einiger Cemente	64
11. Experimentelle Untersuchung der Wirkung einiger Zumischmittel auf die Bindekraft hydraulischer Bindemittel.	
a) Allgemeines	66
b) Resultate der Untersuchung der Wirkung einiger Zumischmittel:	
α) Gemenge aus Gips und pulverförmigem Kalkhydrat	67
β) Kochsalz	68
γ) Soda und Kalialaun	70
δ) Einflüsse des gebrannten Gipses	73
ε) Einflüsse des Chlorbariums auf Roman-Cement	75
ζ) Einflüsse einiger Zumischstoffe auf die Bindekraft des Portland-Cementes	76
η. Resultate der Prüfung des Einflusses einiger Zumischstoffe auf die Bindekraft des Portlandcementes bei reichlicher Wassermenge und geringer Rammarbeit	88
θ) Einfluss der mechanischen Dichtung und der Menge des Anmachwassers auf die Bindekraft gemischter Cemente	89
ι) Resultate der Prüfung der Kiesfestigkeit gemischter Portland-Cemente	93

18. Resultate der Untersuchung der Produkte der schweiz. Industrie hydr. Bindemittel im Zeitraume von der Zürcher (1883) bis zur Genfer (1896) Landesausstellung 269

19. Resultate der Untersuchung der Produkte der schweiz. Industrie hydr. Bindemittel vom Jahre 1895/96 282

 Tab. I und II: Resultate der chemischen Analysen und der allgemeinen Untersuchungen Anhang

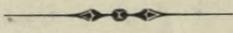
 Tab. III und IV: Resultate der Prüfung der Selbstfestigkeit und der Bindekraft "

 Tab. V: Resultate der Ausgiebigkeitsproben 286

 " VI: " " Bétonproben 293

 " VII: Zusammenstellung der mittleren Raumgewichte der Bétonsorten 300

20. Resultate der Untersuchung der Druckelasticität einiger Mörtel und Bétonsorten hydraulischer Bindemittel 301



S - 96

S. 61

POLITECHNIKA KRAKOWSKA

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351667

Kdn. 524. 13. IX. 54

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294699