



N^o

Schrank

Fach

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299613



II - 351707
I

~~II 7837~~

Inhalt.

	Seite
Fundstätten der Trasssteine	1
Allgemeines mit Bezug auf die gemachten Versuche .	2
Einwirkung der Temperatur	3
Menge des Kalkzusatzes	4
a. Mörtel ohne Sand	5
b. Mörtel mit Zusatz von Sand	5
Menge des Wasserzusatzes	10
Vergleichung verschiedener Sandarten	13
Verhältniss der Druck- zur Zugfestigkeit	17
Dichtigkeit der Mörtel	20
Adhäsionsfestigkeit	22
a. Beton	22
b. Verbindung der Mörtel-Lagen unter einander. — Schlamm bildung	28
Trass-Mörtel in Salzwasser erhärtet	31
Feucht gelagerter Trass	33
Treiben der Mörtel	35
Verderben des fertig-gemischten Mörtels	37
Mörtel-Ergiebigkeit	39
Preisberechnung verschiedener Trass-Mörtel	42
Prüfung der Qualität von Trass	45
Nadel-Probe und Glüh-Probe	46

Fundstätten der Trasssteine.

Die vulkanischen Trasssteine (Tuffsteine) kommen in den mächtigsten Lagern vor bei den Dörfern Plaidt, Kretz und Kruft unweit Andernach a. Rhein und ferner in geringerer Menge im Brohlthal.

Es werden unterschieden blaue, graue und gelbe Trasssteine und sind in der Regel die dunkelfarbigsten die besseren, wenn sie gleichzeitig eine grosse Härte haben; man kann wohl sagen, dass je härter der Stein, je schärfer der Bruch, und je dunkler die Farbe, desto besser die Qualität desselben ist.

Von einigen Verwerfungen abgesehen, liegen die dunkelfarbigsten Trasssteine stets am tiefsten und wird die Steinmasse nach oben zu allmählich immer heller, ohne dass die verschiedenen Farben durch scharf begrenzte Lagerungen getrennt werden.

Ueber dem eigentlichen Trassstein lagern noch andere vulkanische Gesteinsmassen, die hier „wilde“ Gesteine genannt werden (Tauch, Pfeiffen, Knuppen) und ferner noch vulkanische Asche, die sich nur zu weichem Gestein verfestigt hat (Aschenknuppen) oder ganz lose dem festen Stein aufgelagert ist (wilder Trass, Bergtrass).

Diese geringwerthigen Materialien werden noch vielfach an Stelle des aus ächtem Trassstein gemahlenden Trass verkauft und zwar in ganz besonders grossen Quantitäten der

Brohler Bergtrass, der bis gegen 100 Fuss Mächtigkeit zu beiden Seiten des Brohlthales über dem ächten Trassstein auflagert.

Dieser Bergtrass (Tuffasche) lässt sich nicht in der sonst üblichen Weise abraumen, weil das Brohlthal zu eng ist und die Quantitäten, die in den Brohlbach geschüttet und von diesem fortgeschwemmt werden, zu unbedeutend sind. Eine Nichtverwerthung dieser mächtigen Massen Bergtrass würde die Rentabilität der Betriebe vollkommen ausschliessen.

Da sonach der Brohler Bergtrass als Abraum-Material sehr billig gewonnen wird und auch weggeschafft werden muss, um die darunter lagernden ächten Trasssteine ausbeuten zu können, wird derselbe noch in grossen Mengen, theils mehr oder weniger mit besseren Trasssorten vermischt, in den Handel gebracht.*)

Ein ferneres Verfälschungsmaterial bildet mitunter auch Leucit-Tuff, Abfall von den bei Weibern und Rieden gewonnenen Bausteinen.

Allgemeines mit Bezug auf die gemachten Versuche.

Der zu den nachstehenden Versuchen verwendete Trass wurde gewonnen aus Trasssteinen meiner eigenen zu Plaidt gelegenen Trassstein-Gruben und entspricht der Durchschnitts-Qualität derselben.

Soweit nichts besonderes bemerkt steht, ist unter Kalk Bergischer Fettkalk zu verstehen, der in der Grube gelöscht war und zu den Proben so trocken ausgestochen wurde,

*) Vergl.: Beschreibung des Bergreviers Coblenz I, 1883, von Wilh. Liebering, Königl. Bergrath, wo auf Seite 75 die Verfälschungen des ächten Trasses durch Bergtrass besprochen werden.

Vergl. ferner: Bericht der Handelskammer Coblenz, 1882 Seite 14, wo die Besprechung der gleichen Angelegenheit zu finden ist.

dass mit dem Kalk dem Mörtel möglichst wenig Wasser zuzuging, was zu berücksichtigen ist mit Bezug auf die den Mörteln extra noch zugemischten Wassermengen.

Der zugemischte Sand ist in der Regel normalkörnig gesiebter Rheinsand oder Berliner Normalsand und ist das hierüber Nöthige den Tabellen beigemerkt.

Die Materialien wurden zu den nach Raumtheilen aufgeführten Mischungen nicht gemessen, sondern der grösseren Präcision wegen gewogen und dabei folgende Gewichte zu Grunde gelegt:

1 cbm.	Trass	=	1000	kg
1	„	Kalk	=	1400
1	„	Sand	=	1500

Es entsprechen diese Gewichte am besten den Verhältnissen, wie sie sich auf den Baustellen, wo die Materialien gemessen werden, ergeben.

Die Mörtel zu den Zug- und Druckproben wurden in die Formen geschlagen mittelst des Hammer-Apparates von Dr. Böhme, der auch bei der Königl. Prüfungs-Station in Berlin in Anwendung ist und mit der daselbst eingeführten Anzahl von 150 Schlägen (Beschluss der Münchener Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Constructions-Materialien).

Die Probekörper, welche einen Tag an der Luft erhärteten, bevor sie unter Wasser kamen, wurden an diesem ersten Tage in einem geschlossenen Zinkbehälter aufbewahrt, dessen Boden mit Wasser bedeckt war, um ein zu rasches und ungleichmässiges Austrocknen der Probekörper zu verhindern.

Einwirkung der Temperatur.

Die Temperatur hat auf die Erhärtung von Trassmörtel einen grossen Einfluss, indem sie die Erhärtung beschleunigt

oder verzögert, dagegen ist sie ohne Einwirkung auf die schliessliche Erhärtung.

Trassmörtel bei geringerer Wasserwärme erreicht dieselbe Festigkeit wie Trassmörtel bei höherer Wasserwärme, hat aber im Verhältnisse des Temperatur-Unterschiedes längere Zeit nöthig.

Sehr wesentlich ist es, dass diese Einwirkung der Temperatur bei Versuchen, namentlich aber auch bei Controllproben von Trasslieferungen, genügend Berücksichtigung findet, da dabei fast immer nur die Anfangs-Erhärtung ermittelt wird und gerade hierbei die Temperatur von dem grössten Einflusse ist.

Aus dem Vorgesagten erhellt, dass bei Nadelproben, die schon nach 2—5 Tagen probirt werden, die Verschiedenheit der Temperatur viel grössere Differenzen der Festigkeiten hervorrufen muss als bei Zug- oder Druckproben, die in der Regel erst nach 4 Wochen probirt werden. (Vergl. Tabelle der Nadelproben.)

Menge des Kalkzusatzes.

Ich setze als allgemein bekannt voraus, dass Trass nur in Verbindung mit Kalk einen Erhärtungsprozess eingeht, und beschränke mich zunächst darauf, die günstigsten Mischungs-Verhältnisse von:

Trass-Kalk
und
Trass-Kalk-Sand

zu besprechen, soweit sie sich auf Zug- und Druckfestigkeit der Mörtel beziehen; weiteres bezüglich der Adhäsionsfähigkeit (Betons) etc. lasse ich später folgen.

a. Mörtel ohne Sand

(gleich nach Herstellung unter Wasser):

2	2	2	Raumtheile	Trass
0,8	0,9	1	"	Fettkalk
0,290	0,228	0,167	"	Wasser

Alter 14 Tage: Mittlere Wasserwärme $20\frac{1}{2}^{\circ}$ C.

	13,37	13,95	13,44	kg pr. □ cm.	Zugfestigkeit
	80,88	98,57	92,13	" " "	Druckfestigkeit
Summa:	94,25	112,52	105,57	"	
Verhältniss:	84	100	94		

Alter 4 Wochen: Mittlere Wasserwärme $19,3^{\circ}$ C.

	14,73	16,03	15,51	kg pr. □ cm.	Zugfestigkeit
	85,26	121,78	112,62	" " "	Druckfestigkeit
Summa:	99,99	137,81	128,13	"	
Verhältniss:	73	100	93		

Es ist bei der vorstehenden Tabelle bemerkenswerth, dass ein zu geringer Kalkzusatz (0,8 Raumtheile) sich nach 2 Wochen weniger nachtheilig zeigt als nach der längeren Erhärtungsdauer von 4 Wochen.

b. Mörtel mit Zusatz von Sand

[normalkörniger Rheinsand]

(nach 1 Tag unter Wasser).

Die mittlere Wasserwärme für die folgenden Versuche betrug $18\frac{1}{4}$ — $18\frac{3}{4}$ ° C. Alter 6 Wochen.

1	1	1	Raumtheile	Trass
0,500	0,750	1	"	Fettkalk
1	1	1	"	Sand
0,150	0,075	0	"	Wasser
<u>18,81</u>	<u>16,58</u>	<u>14,73</u>	kg pr. □cm.	Zugfestigkeit
<u>119,69</u>	<u>113,26</u>	<u>94,87</u>	" " "	Druckfestigkeit
Summa:	138,50	129,84	109,60	
Verhältniss:	100	94	79	

1	1	1	Raumtheile	Trass
0,750	0,875	1	"	Fettkalk
2	2	2	"	Sand
0,150	0,100	0,050	"	Wasser
<u>15,28</u>	<u>?</u>	<u>14,94</u>	kg pr. □cm.	Zugfestigkeit
<u>116,13</u>	<u>98,78</u>	<u>95,52</u>	" " "	Druckfestigkeit
Summa:	131,41	?	110,46	
Verhältniss:	100	?	83	

1	1	1	Raumtheile	Trass
1	1,125	1,250	"	Fettkalk
3	3	3	"	Sand
0,100	0,075	0,050	"	Wasser
<u>13,53</u>	<u>12,10</u>	<u>11,51</u>	kg. pr. □cm.	Zugfestigkeit
<u>111,81</u>	<u>93,97</u>	<u>93,77</u>	" " "	Druckfestigkeit
Summa:	125,34	106,07	105,28	
Verhältniss:	100	85	84	

1	1	Raumtheile	Trass
1,125	1,250	"	Fettkalk
4	4	"	Sand
0,100	0,050	"	Wasser
<u>12,20</u>	<u>13,35</u>	kg pr. □cm.	Zugfestigkeit
<u>98,80</u>	<u>97,28</u>	" " "	Druckfestigkeit
Summa:	111,00	110,63	
Verhältniss:	100	100	

Aus vorstehenden Tabellen geht hervor, dass bei richtiger Bemessung des Kalkzusatzes ein Mörtel mit hohem Sandgehalt bessere Festigkeitsresultate ergibt als ein Mörtel mit weniger Sand bei zu hohem Kalkgehalt.

Es brauchen hier nur die folgenden Mischungen verglichen zu werden:

1	1	1	Raumtheile	Trass
1	1	1	"	Fettkalk
1	2	3	"	Sand
<hr/>	<hr/>	<hr/>		
109,60	110,46	125,34	Sa. der	Festigkeiten.

Es ist wahrscheinlich, dass die Erhärtungen in der Praxis nicht vollkommen parallel sein werden den im Laboratorium gefundenen Festigkeiten; es ist vielmehr anzunehmen, dass beim Mauern der durch etwas höheren Kalkzusatz plastischer gemachte Mörtel (z. B. 1 1 1 Raumtheile) bessere Resultate liefern wird, als trockenere Mörtel mit hohem Sandzusatz (z. B. 1 1 3 Raumtheile), die sich im Mauerwerk nicht so dicht zwischen den Steinen lagern können.

Dasselbe gilt natürlich auch bei Cement-Mörtel der gewöhnlich angewandten Mischungen, die im Mauerwerk wegen ihrer weniger dicht geschlossenen Lagerung nur viel geringere Festigkeiten erreichen können, als solche im Laboratorium infolge des festen Einstampfens der Mörtel gefunden werden.

Mit wachsendem Sandzusatz muss auch die Menge des beizumischenden Kalkes zunehmen, aber doch nur in mässigem Verhältniss.

Es würden sich nach obigen Tabellen die folgenden Mischungen am meisten empfehlen lassen:

1	1	1	1	Raumtheile	Trass
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	"	Fettkalk
1	2	3	4	"	Sand

Ausser Betracht geblieben ist hierbei, inwieweit ausser den Gründen zur Erreichung hoher Festigkeiten etwa noch andere Gründe für die Menge des Kalkzusatzes bestimmend sind.

Wie schon erwähnt, kann es sich empfehlen, für gewisse Zwecke einen etwas höheren Kalkzusatz zu nehmen, um den Mörtel durch grössere Geschmeidigkeit besser verarbeiten zu können.

Dies muss für den jedesmaligen Verwendungszweck besonders bestimmt werden.

(Vergl. auch in dieser Brochure: Adhäsionsfestigkeit der Mörtel [Betons]).

In den Gegenden, die den Fundstätten des Trasses nahe liegen und sich infolge nur geringer Transportkosten der Preis des Trasses billig stellt, ist ein höherer Trasszusatz empfehlenswerth, wie aus den nachstehenden Resultaten ersichtlich ist.

1	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂	Raumtheile Trass
1	1	1	„ Fettkalk
2	2	2	„ Sand

Alter 6 Wochen:

14_{,94} 14_{,87} 16_{,53} pr. □cm. Zugfestigkeit.

1	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂	Raumtheile Trass
1	1	1	„ Fettkalk
3	3	3	„ Sand

Alter 6 Wochen:

13_{,53} 15_{,35} 15_{,48} pr. □cm. Zugfestigkeit.

Dass bei richtiger Bemessung des Kalkzusatzes die Festigkeiten bei zunehmendem Sandzusatz nur wenig abnehmen, findet seinen Grund darin, dass innerhalb der Grenzen obiger Tabellen die Verkittungsmaterialien Trass und

Kalk die Hohlräume des Sandes noch vollkommen ausfüllen, der fertige Mörtel also eine dicht geschlossene Masse bildet und nach der Definition des Herrn Professor v. Tetmajer als Normal-Mörtel bezeichnet werden muss.

1 Liter des zu obigen Proben verwendeten Rheinsandes nur mässig eingerüttelt, füllte im Wasser etwa 600 cbcm Raum aus und bleiben also bei den Mischungen mit 3 Raumtheilen Sandzusatz:

$$3 \times 400 = 1200 \text{ cbcm.}$$

leerer Raum zwischen den Sandkörnern, der durch die Verkittungsmaterialien Trass—Kalk auszufüllen ist.

1 Liter Trass	nimmt	479	cbcm.
1 „ Kalkteig	„	<u>1000</u>	„
zusammen			1479 cbcm.

Raum im Wasser ein, so dass also die Raum-Menge der Verkittungsmaterialien den Hohlraum zwischen den Sandkörnern (= 1200 cbcm.) nicht nur ausfüllt, sondern noch einen wesentlichen Ueberschuss ergiebt.

Im Vorstehenden beschränkte ich mich darauf, nur Vergleichen zwischen Mörtel mit Fettkalk aufzuführen, da es zu weit gehen würde, hier auf die Verschiedenartigkeit der Kalkarten einzugehen.

Sollen zu einem bestimmten grösseren Bau die zur Verfügung stehenden Kalksorten darauf geprüft werden, in welchen günstigsten Mengenverhältnissen dieselben dem Mörtel beizugeben sind, so dürfte dies am zweckmässigsten gleichzeitig in Verbindung mit dem ebendasselbst zur Verfügung stehenden Sand geschehen, da auch die Beschaffenheit des Sandes nicht ganz ohne Einfluss ist auf die erforderliche Kalkmenge. (Vergl. „Verschiedene Sandarten“ in dieser Brochure).

Für diese speziellen Versuche können die obigen Tabellen sehr gut als Ausgangspunkte dienen und je nach der grösseren oder geringeren Magerkeit des zu untersuchenden Kalkes, der Kalkzusatz gesteigert werden.

Eine recht gründliche Vermischung der Materialien ist sehr zu empfehlen, da dies auf die Erhärtungsfähigkeit der Mörtel naturgemäss von grossem Einfluss sein muss.

Menge des Wasserzusatzes.

Die mit Bezug hierauf gemachten Proben kamen sämtlich gleich nach Herstellung unter Wasser und blieben während der ganzen Erhärtungsdauer unter Wasser, damit die im Mörtel enthaltene Wassermenge nicht durch theilweises Verdampfen an der Luft vermindert werden konnte.

Diese Mörtel mussten mit der Hand in die Formen geschlagen werden, da sich mit dem Hammer-Apparat nur mässig feuchte Mörtel bearbeiten lassen.

4	Raumtheile	Trass
2	"	Fettkalk
3	"	Sand

Alter 1 Monat:

<u>6%</u>	<u>9%</u>	<u>12%</u>	<u>15%</u>	<u>18%</u>	<u>21%</u>	Wasserzusatz
68,82	61,83	50,17	44,16	42,39	27,48	kg pr. □ cm.
Verhältniss: 156 : 140 : 114 : 100 : 96 : 62						[Druckfestigkt.]

Die gleiche Mischung wie vorstehend:

<u>10%</u>	<u>15%</u>	<u>20%</u>	Wasserzusatz
15,90	9,00	5,80	kg pr. □ cm. Zugfestigkeit
Verhältniss: 177 : 100 : 62			

Alter 3 Monat:

18,95	13,80	8,60	"	"	"	"
Verhältniss: 138 : 100 : 62						

1	Raumtheil	Trass
0,75	"	Fettkalk
1,50	"	Sand
4 ⁰ / ₀	8 ⁰ / ₀	12 ⁰ / ₀
	Wasserzusatz	

Alter 1 Monat:

13,36 12,98 8,67 kg pr. □cm. Zugfestigkeit

Verhältniss: **103 : 100 : 69**

93,32 83,16 46,67 " " " Druckfestigkeit

Verhältniss: **112 : 100 : 56**

Alter 3 Monat:

? 111,45 66,66 " " " "

Verhältniss: **100 : 60**

Aus den vorstehenden Tabellen ist ersichtlich, dass mit dem Kalkteig dem Mörtel schon so viel Wasser zugeführt wird, dass ausser dem im Kalk enthaltenen Wasser dem Mörtel nur noch ein sehr geringer Prozentsatz Wasser zugeführt zu werden braucht und zwar nur so viel, um die gründliche Durcheinanderarbeitung der Materialien zu ermöglichen, da jeder Ueberschuss an Wasser für die Erhärtungsfähigkeit der Mörtel nachtheilig ist.

Bei der Verwendung von Kalk in Pulverform ist es zweckmässig, die Materialien zunächst trocken zu vermischen und erst dann das erforderliche Wasser allmählich zuzusetzen.

Wird bei Anfertigung von Trass-Mörtel-Proben mit Kalkpulver, nach Vermischung der Trockensubstanzen, soviel Wasser zugesetzt, dass der Mörtel das Aussehen von feuchter Erde hat (wie dies bei den Cement-Normen-Proben Vorschrift ist), so kann auch der Fall eintreten, dass der Mörtel zu wenig Wasser enthält, namentlich bei sehr mageren Kalksorten,

Ich unterlasse es, hier Versuchsergebnisse anzuführen, da die Menge des Wasserzusatzes für jeden vorzunehmenden Versuch je nach der Beschaffenheit des anzuwendenden Kalkes besonders bestimmt werden muss.

Bemerkt sei hier nur, dass bei der Mischung:

1	Raumtheil	Trass
1	„	Kalkpulver
1	„	Sand

der erforderliche Wasserzusatz von

0,45
bis 0,60 Raumtheilen (— 15 bis 20 %) schwankt.

Für die Trass-Normen-Proben, wobei der Wasserzusatz genau normirt ist, darf daher auch nur reiner Luftkalk (am besten Marmorkalk) angewendet werden. Vergl. Zug- und Druckproben (Schluss dieser Brochure).

Bei zu Pulver gelöschtem Fettkalk fand ich für das häufig angewandte Mischungsverhältniss:

1	Raumtheil	Trass
2	„	Kalkpulver
<u>2</u>	„	Sand

Alter 1 Monat:

<u>12%</u>	<u>15%</u>	<u>18%</u>	Wasserzusatz
12,85	14,35	14,71	kg pr. □cm. Zugfestigkeit

Verhältniss: **90 : 100 : 102**

50,07	85,40	71,10	kg pr. □cm. Druckfestigkeit
-------	-------	-------	-----------------------------

Verhältniss: **59 : 100 : 82**

Vergleichung verschiedener Sandarten.

1	Raumtheil	Trass
1	„	Fettkalk
2	„	Rheinsand
<u>0,05</u>	„	Wasser

Grob-, normal-, fein-körniger Rheinsand

Alter 6 Wochen:

	12,90	14,94	14,62	kg pr. □cm. Zug-
Verhältniss:	86	100	98	[festigkeit]

1	Raumtheil	Trass
1,250	„	Fettkalk
4	„	Rheinsand
<u>0,050</u>	„	Wasser

10,30	13,35	11,75	kg pr. □cm. Zugfestigkeit
<u>82,94</u>	<u>97,28</u>	<u>77,89</u>	„ „ „ Druckfestigkeit

Sa.: 93,24 110,63 89,61

Verhältniss: **84** : **100** : **81**

Der grobkörnige Sand (der Rückstand auf dem 60-Maschen-sieb) hatte Beimischungen verschiedener Gesteinsarten, was vielleicht die Veranlassung der geringeren Erhärtung war, da bei sonstiger gleicher Beschaffenheit des Sandes nicht erklärlich ist, warum grobkörniger Sand geringere Resultate liefern sollte als normalkörniger.

Der feinkörnige Sand hatte das 120-Maschensieb passirt. Dieser feine Sand enthielt wie jeder Flusssand Staubtheile, die auf die Erhärtung der Mörtel von einigem Nachtheil sein müssen und zwar um so mehr, als die Sandmenge im Mörtel grösser ist.

Der ungesiebte Rheinsand zeigte diese Nachteile nicht, wenn ihm ein etwas höherer Kalkzusatz gegeben wurde.

Der zu nachstehenden Versuchen verwendete ungesiebte Rheinsand enthielt auf 1000 Gewichtstheile:

526	Gewichtstheile	grobkörnigen	Sand
30	„	normal	„
444	„	fein	„

Der Sand wurde vor der Verwendung getrocknet, aber nicht gewaschen, so dass die staubigen Theile in dem Sande verblieben.

Mischung nach Raumtheilen:			Zugfestigkeit pr. □cm. in Kilogr.:		
Trass	Fettkalk	Sand	normalkörn. Rhein-Sand	ungesiebter Rhein-Sand	Verhältniss
1	$\frac{7}{8}$	1	18,81	17,66	100 : 94
1	$\frac{3}{4}$	1	16,58	17,68	100 : 107
1	1	1	14,73	17,11	100 : 116
1	$\frac{3}{4}$	2	15,28	13,94	100 : 91
1	$\frac{7}{8}$	2	?	14,82	? : ?
1	1	2	14,94	16,59	100 : 111
1	1	3	13,53	15,38	100 : 114
1	$1\frac{1}{8}$	3	12,10	14,56	100 : 120
1	$1\frac{1}{4}$	3	11,51	13,57	100 : 118

Während also bei dem normalkörnigen Rheinsand immer bei dem geringsten Kalkzusatz die höchsten Festigkeiten gefunden wurden, zeigen andererseits die Mischungen mit ungesiebttem Rheinsand bessere Resultate bei etwas höherem Kalkzusatz und dies ist für die Bestimmung des Mischungsverhältnisses in der Praxis von grösster Wichtigkeit.

Sand hat durch seine verschiedene Beschaffenheit (nicht nur der Körnung) auf die Erhärtungsfähigkeit der Trass-Mörtel einen grossen Einfluss und muss derselbe bei verlängerten Cementmörteln ein noch viel grösserer sein, weil die Menge des Sandes im Verhältniss zu dem Verkittungsmaterial eine viel grössere ist, als bei den in der Praxis üblichen Trass-Mörtel-Mischungen.

Aber auch bei Trass-Mörteln können die Unterschiede schon ziemlich gross werden, wie die nachstehenden Proben zeigen, zu denen ich einen allerdings sehr schlechten Mainsand verwendete:

1	Raumtheil	Trass
1	"	Fettkalk
2	"	Sand

Berliner ungesiebter
Normalsand: Mainsand:

Alter:

1 Monat	14,46	10,58	kg pr. □cm. Zugfestigkeit
3 "	19,85	17,15	" " " "

Sehr lesenswerthe Resultate mit Trassmörteln sind veröffentlicht in den „Mittheilungen der Königl. technischen Versuchsanstalten in Berlin“, Jahrgang 1885, Heft 3. Diese Versuche erstreckten sich auf die Vergleichen mit 7 verschiedenen Kalksorten und mehreres Sonstige.

Interessant ist darin auch, dass innerhalb bestimmter Grenzen die Zunahme der Sandmenge die Festigkeitsunterschiede bei verschiedenen Sandarten nur unwesentlich beeinflusst, denn das Mittel sämmtlicher Vergleichen ergibt folgendes Verhältniss der Festigkeiten:

Mischung:

Trass	Kalk	Sand	Normalsand	Mainsand
4	3	2	100	: 92
3	3	3	100	: 87
2	3	4	100	: 88

Da in der vorbesagten Veröffentlichung nicht besonders darauf hingewiesen ist, möchte ich noch auf die eigenthümliche Erscheinung aufmerksam machen, dass mit der Zunahme der Erhärtungsdauer die nachtheilige Einwirkung des geringwerthigen Mainsandes bei den Zugproben zunimmt, dagegen bei den Druckproben geringer wird.

Bei der Kalksorte II zeigt sich als Mittel sämmtlicher Zugproben:

	Normalsand	Mainsand
7 Tage	100	: 90
1 Monat	100	: 86
6 „	100	: 77

dagegen bei den Druckproben:

7 Tage	100	: 78
1 Monat	100	: 94
6 „	100	: 92

Es würde zu weit führen, hier noch eine grosse Zahl Vergleichen mit verschiedenen Sandarten aufzuführen, ich will aber den Schlackensand nicht ganz unerwähnt lassen, weil dieser Sand in Bergwerksrevieren, wo Trass vielfach zum Abteufen von Schächten u. dergl. Anwendung findet, oft billig zu haben ist.

Bemerken will ich noch, dass ich zu meinen Proben nicht fein gemahlten Schlackensand genommen habe, wie er zum Schlackencement verwendet wird, sondern granulirte Schlacke als ziemlich grobkörnigen Sand.

Mischung:

Trass	Fettkalk	Sand	Schlackensand	$\frac{1}{2}$ Schlacken-, ungesiebter Rheinsand	Rheinsand
Alter 1 Monat:					
1	1	1	13,57	11,94	11,26
1	1	2	15,56	13,77	11,08

Ich habe noch mehrere Versuche mit grobkörnigem Schlackensand gemacht, die für Trassmörtel meistens ganz ausgezeichnete Resultate lieferten.

Verhältniss der Druck- zur Zugfestigkeit.

Bei den Vergleichen dieser Proben ist zu berücksichtigen, dass, bei ganz gleicher Behandlung, die Mörtel in die grösseren Würfelformen für Druckproben nie so fest eingeschlagen werden, als in die kleineren, flachen Zugformen und daher die Würfel der Druckproben nie die gleiche Dichtigkeit der Zugproben erreichen.

Dieser Unterschied in der Dichtigkeit zwischen Druck- und Zugprobekörper wird je nach der Beschaffenheit der Mörtel ein verschiedener sein. Ich fand für die mit 150 Schlägen des Hammer-Apparates eingeschlagenen Proben als Mittel für eine grosse Anzahl verschiedener Trass-Mörtelmischungen das Verhältniss der spezifischen Gewichte zwischen Druck- und Zugproben etwa wie:

$$98 : 100$$

Diese geringere Dichte der Druck-Probekörper muss bei der Werthschätzung der gefundenen Druckfestigkeiten jedenfalls berücksichtigt werden, da bei gleicher Dichte die Festigkeitsresultate der Druckproben höhere sein müssten, als die jetzt gefundenen.

Für die mit dem Hammer-Apparat bei gleicher Anzahl Schläge angefertigten Probekörper fand ich folgende Festigkeitsverhältnisse:

Mischung:			Festigkeit:	
Trass	Fettkalk	Sand	Druck-	Zug-
1	$\frac{3}{4}$	1	683	: 100
1	$\frac{7}{8}$	2	732	: 100
1	1	3	826	: 100
1	$1\frac{1}{8}$	4	810	: 100

Bei langsam bindendem Cement in der gleichen Weise behandelt (Normen-Festigkeit 17,03 kg) nach 1 Tag unter Wasser gelegt, ergaben sich folgende Resultate:

Mischung:			Festigkeit:	
Cement	Kalk	Sand	Druck-	Zug-
1		1	825	: 100
1		2	822	: 100
1		3	789	: 100
1	$\frac{1}{3}$	4	808	: 100
1	1	6	770	: 100

Ich führe diese Resultate von Cement-Mörteln hier mit an, weil von einigen Cement-Industriellen behauptet wird, Cement-Mörtel sei dadurch dem Trass-Mörtel überlegen, dass ersterer eine im Verhältniss zur Zugfestigkeit höhere Druckfestigkeit habe.

Aus den vorstehenden Resultaten geht nun deutlich hervor, dass Trassmörtel ebenfalls ein günstigeres Verhältniss der Druck- zur Zugfestigkeit zeigt, wenn demselben ein so hoher Sandzusatz gegeben wird, dass er an Plastizität verliert und dadurch dem Cement-Mörtel ähnlicher wird, folglich auch sich ähnlich dem Cement-Mörtel in die Formen einschlagen lässt, während bei den fetten Trassmörteln die Luft aus denselben weniger leicht entweichen kann, also dadurch mit der Zunahme der Grösse des Probekörpers die Dichte derselben abnehmen wird und im Verhältniss der Abnahme der Dichtigkeit geringere Festigkeiten ergeben muss.

Bei der Verwendung des Trassmörtels in der Praxis, wo das feste Einstampfen der Mörtel in Wegfall kommt, muss also, im Vergleich zu den bei den Proben gefundenen Festigkeiten, Trassmörtel immer günstigere Resultate im Mauerwerk ergeben als Cement-Mörtel.

In den „Mittheilungen der Königl. Versuchs-Anstalten in Berlin“, 1885, 3. Heft, sind die Resultate einer grösseren Anzahl Trass-Mörtel-Proben veröffentlicht und zwar Druck- und Zugfestigkeiten.

Die angeführten Zahlen zeigen für die Druckproben verhältnissmässig geringe Festigkeiten, was an der Herstellungsweise liegen wird.

Auf einiges Interessante in diesen Veröffentlichungen möchte ich besonders aufmerksam machen, weil in denselben nicht direct darauf hingewiesen ist und es übersehen werden kann.

Es ergibt sich nämlich aus dem Gesamt-Mittel sämtlicher Festigkeiten dieser Tabellen, dass das Verhältniss der Druck- zur Zugfestigkeit mit zunehmender Erhärtungsdauer für die Druckfestigkeit immer günstiger wird.

Diese Verhältnisszahlen ergeben sich als folgende:

	Druck-	zur	Zugfestigkeit
1 Woche	388	:	100
1 Monat	466	:	100
6 „	596	:	100

Sehr wesentlich ist diese Erscheinung desswegen, weil daraus hervorgeht, dass Trassmörtel hinsichtlich des Erhärtungsprozesses der Druckproben keineswegs gleichen Schritt hält mit den Zugproben und es aus diesem Grunde zu sehr falschen Schlüssen führen kann bei Werthbestimmung verschiedener hydraulischer Bindemittel, die nach 1 Monat gefundene Druckfestigkeit zu Grunde zu legen, ohne die in obiger Tabelle hervortretende Eigenschaft des Trassmörtels in Rücksicht zu ziehen.

In den „Mittheilungen der Königl. Techn. Versuchs-Anstalten in Berlin“, 1884 4. Heft, und 1885 1. Heft, sind eine grosse Anzahl Versuche publicirt von verschiedenen Cementmarken, die nach 1 Monat in der Normen-Mischung meistens die 7- bis 8fache Druckfestigkeit gegenüber der Zugfestigkeit aufweisen, aber zum Theil auch unter die 6fache Festigkeit herabgehen.

Dichtigkeit der Mörtel.

Diese Proben wurden angefertigt als kreisrunde conische Mörtelplatten, deren kleinste Fläche 20 □cm. und deren Stärke 15 mm. betrug.

Nach Art der Zugproben fest in die Form eingeschlagen, erhärteten diese Mörtel 1 Monat oder länger unter Wasser und wurden dann auf Undurchlässigkeit geprüft.

Zu diesem Zwecke wurde der Probekörper unter Benutzung von Verdichtungsringen so eingespannt, dass der Raum unterhalb des Probekörpers, der mit einer Luftpumpe und einem Barometer in Verbindung stand, luftleer gepumpt und der Raum oberhalb des Probekörpers mit Wasser gefüllt wurde.

Das Wasser drückte nun mit 1 Atmosphäre auf den Mörtelkörper und blieb derselbe diesem Druck während 24 Stunden ausgesetzt.

Nach Verlauf von 24 Stunden wurde das durch den Mörtel hindurch gepresste Wasser mittelst eines Schwämmchens aufgesaugt und die Menge dieses Wassers durch Abwägen genau bestimmt.

Nach 6 wöchentlicher Erhärtung unter Wasser (1. Tag an der Luft) ergaben sich folgende Resultate:

Mischung nach Raumtheilen:

Trass	Fettkalk	Sand	Wasser	Durchgepresste Wassermenge:
2	1	0	0,180	0,00 Grammes
1	$\frac{1}{2}$	1	0,150	0,03 "
1	$\frac{3}{4}$	1	0,075	0,10 "
1	1	1	0,000	0,14 "
1	$\frac{3}{4}$	2	0,150	0,14 "
1	1	2	0,050	0,06 "
$1\frac{1}{2}$	1	2	0,200	0,01 "
1	1	3	0,100	defect
1	$1\frac{1}{8}$	3	0,075	0,59 "
$1\frac{1}{4}$	1	3	0,200	0,29 "
$1\frac{1}{2}$	1	3	0,300	0,10 "
1	$1\frac{1}{4}$	4	0,050	0,66 "

Ausser den vorstehenden mit Kalkteig (Fettkalk) angefertigten Mörteln lasse ich nachstehend noch einige Mischungen mit zu Pulver gelöschtem Fettkalk folgen:

Erhärtung unter Wasser 4 Wochen (1. Tag an der Luft):

Mischung nach Raumtheilen:

Trass	Kalk	Sand	Wasser	Durchgepresste Wassermenge:
2	1	0	0,800	0,10 Grammes
1	1	1	0,450	1,15 "
1	1	1	0,500	0,25 "
1	1	1	0,550	0,15 "
1	1	1	0,600	0,07 "
1	1	1	0,600	0,00 "

Die Wassermenge der letzten Mischung zu übersteigen, würde von Nachtheil sein, wie überhaupt die Menge des Wasser- und Kalkzusatzes wesentlichen Einfluss hat auf die zu erzielende Dichtigkeit der Mörtel. Es empfiehlt sich

jedenfalls, die Mörtel nicht flüssiger zu machen, als zu einer guten Verarbeitung des Mörtels unbedingt erforderlich ist.

Es verändert sich das günstigste Mischungs-Verhältniss natürlich auch hier je nach der Beschaffenheit des Kalkes und Sandes, worauf näher einzugehen hier zu weit führen würde.

Cement-Sand-Mörtel sind in den üblichen verlängerten Mischungen weniger dicht, weil dabei der Cement die Räume zwischen den Sandkörnern nicht so vollkommen ausfüllt wie dies, durch Trass und Kalk zusammen, bei den Trassmörteln geschieht.

Cement, langsam bindend (Normen-Festigkeit 17,03 kg), liess in der Normen-Mischung nach 4 wöchentlicher Erhärtung unter Wasser (1. Tag an der Luft)

1,25 Grammes Wasser durch

und die Mischungen:

Cement	Kalk	Sand
1	—	4
1	$\frac{1}{3}$	4
1	1	6

bei gleicher Behandlung das sämmtliche aufgefüllte Wasser.

Adhäsions-Festigkeit.

a. Beton.

Eine rationelle Probe zur Ermittlung der Adhäsions-Festigkeit war bis jetzt nicht eingeführt.

Die von der ständigen Commission zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Constructions-

Materialien in München in Vorschlag gebrachte Prüfungsweise an Glas- und Marmorplatten, womit ich auch viele Versuche angestellt habe, lieferte ganz unsichere Resultate und ist allgemein aufgegeben worden.

Bei der letzten Zusammenkunft obengenannter Commission in Dresden ist eine neue Probeweise nach den Angaben der Herren Professor Bauschinger und Dr. Michaelis empfohlen worden, die sichere und gute Resultate verspricht.

Es dient dazu eine Kastenform, in welcher der Mörtel an das Material, woran die Adhäsionsfestigkeit zu prüfen ist, durch Behandlung wie bei den Druckproben angepresst werden soll.

Ob diese Probe von der ständigen Commission zur allgemeinen Einführung vorgeschlagen wird, entscheidet sich erst auf der Conferenz in Berlin im September 1888, nachdem inzwischen noch umfassende Versuche gemacht sein werden.

Die Adhäsionsfestigkeit der Mörtel an Stein ist indess von so grosser Wichtigkeit, namentlich für Beton, dass, so lange eine zuverlässige selbstständige Adhäsionsprobe noch nicht gefunden ist, diese Eigenschaft der Bindefähigkeit an Stein in Verbindung mit anderen Eigenschaften des Mörtels gesucht werden muss.

Ich bin wieder dazu übergegangen, die Adhäsionsfestigkeit in Verbindung mit der Widerstandsfähigkeit gegen Druck zu ermitteln, und stellte zu diesem Zweck Betonmischungen her, die ich vermittelst des Hammer-Apparates in die Formen schlug und auch im Uebrigen wie die gewöhnlichen Druckproben behandelte.

Da Ziegelsteine zu grosse Verschiedenheit haben, zog ich es vor, zu meinen Betonproben einen ganz gleichartigen Basaltstein zu verwenden, den ich in kleine Stücke zerschlug.

Der zum Mörtel verwendete Sand war normalkörniger Rheinsand.

Auf 1 Raumtheil fertigen Mörtel wurden jedesmal
 2 „ Basaltkleinschlag
 genommen. Diese Steinchen hatten vor der Verwendung
 längere Zeit unter Wasser gelegen.

Erhärtungsdauer 6 Wochen unter Wasser (1. Tag an
 der Luft):

Mörtelmischung nach Raumtheilen:				Verhältniss der Festigkeiten:	
Trass	Kalk	Sand	Wasser	Beton	Mörtel ohne Steinzuschlag
2	1	0	0,180	108	: 100
1	$\frac{1}{2}$	1	0,150	101	: "
1	$\frac{3}{4}$	1	0,075	121	: "
1	1	1	0,000	115	: "
1	$\frac{3}{4}$	2	0,150	109	: "
1	1	2	0,050	126	: "
1	1	3	0,100	90	: "
1	$1\frac{1}{4}$	3	0,075	109	: "
$1\frac{1}{4}$	1	3	0,050	95	: "
1	$1\frac{1}{8}$	4	0,100	73	: "
1	$1\frac{1}{4}$	4	0,050	78	: "

Die Mörtel mit höherem Kalkzusatz zeigen meist für
 den Beton höhere Verhältnisszahlen, als die Mischungen
 mit weniger Kalkzusatz; es muss also den Mörteln ein
 höherer Kalkzusatz gegeben werden, wenn sie zu Beton
 verwendet, als wenn sie ohne Steinzuschlag verarbeitet werden.

Ferner ist aber auch ersichtlich, dass, wenn für ein richtiges
 Mischungs-Verhältniss gesorgt ist, bei den Mischungen bis
 zu 2 Raumtheilen Sand die günstigsten Beton-Mischungen

höhere Festigkeiten ergeben als die Mischungen ohne Steinzuschlag, denn es verhalten sich die höchsten Festigkeits-Resultate wie folgt:

Mischung:	Verhältnisszahlen:		
	Beton	Mörtel ohne Steinzuschlag	
ohne Sand	123,2 kg	114 kg	108 : 100
mit 1 Raumth. Sand	134,8 "	123,2 "	109 : 100
" 2 " "	126,8 "	116,6 "	109 : 100

Bei jedesmaliger günstigster Menge des Kalkzusatzes.

Bei den Mischungen mit noch höheren Sandzusätzen nimmt indess die Adhäsionsfestigkeit der Mörtel soweit ab, dass die höchsten Festigkeiten der Betons von den höchsten Festigkeiten der Mörtel ohne Steinzuschlag übertroffen werden:

mit 3 Raumth. Sand	102,8 kg	111,8 kg	92 : 100
" 4 " "	76,6 "	104,7 "	73 : 100

Es ist hiernach sehr erklärlich, dass Cement-Mörtel in den meist angewandten Mischungen mit hohem Sandzusatz (auf 1 Raumtheil Cement mindestens 3 Raumtheile Sand) als Beton auch wesentlich geringere Festigkeiten ergeben müssen als die gleichen Cement-Mörtelmischungen ohne Steinzuschlag.

Diese Festigkeitsunterschiede müssen grösser sein, als bei Trass-Mörtel mit gleich hohem Sandzusatz, weil diese Trass-Mörtel infolge ihrer grösseren Dichtigkeit mehr Berührungspunkte zu den beigemengten Steinen haben, als die poröseren Cement-Mörtel.

Ich fand für Cement-Mörtel (Normen-Festigkeit 17,03 kg) unter Anwendung von Berliner Normal-Sand, desselben Basaltes als Steinzuschlag und auch sonst gleicher Behandlung wie bei den Trassmörteln (nach 1 Tag unter Wasser) folgende Festigkeitsverhältnisse:

Alter 6 Wochen:

Mischung:		Verhältniss der Festigkeiten:		
Cement	Kalk	Sand	Beton	Mörtel ohne Steinzuschlag
1	—	3	76	: 100
1	—	4	62	: 100
1	$\frac{1}{3}$	4	72	: 100
1	1	6	65	: 100

Die Festigkeiten der Betons sind also bei diesen Sandzusätzen viel geringer, als die der gleichartigen Cement-Mörtel ohne Steinzuschlag.

Für die Werthschätzung der Mörtel-Materialien verdient es sicherlich alle Beachtung, dass bei den meistens zu Betonirungen angewandten Mörtel-Mischungen einerseits die Trassmörtel infolge des Steinzuschlages an Festigkeit gewinnen, während andererseits die poröseren Cement-Mörtel im Beton viel geringere Festigkeiten ergeben, als nach den üblichen Prüfungen auf Mörtel-Festigkeit ohne Steinzuschlag gefunden wird.

Um schliesslich noch zu ermitteln, wie sich die Mörtel zu den verschiedenartigen Stein-Materialien verhalten, machte ich noch folgende Versuche:

Mörtel-Mischung:	1	Raumtheil	Trass
	1	"	Fettkalk
	1	"	Sand
	1	Raumtheil	fertiger Mörtel
	+ 2	"	Steinzuschlag

Alter:	Rheinkiesel	Basalt	Ziegel	
1 Monat:	75,8	86,9	91,3	kg pr. □cm.
Verhältniss:	87	: 100	: 105	
3 Monat:	82,1	107,6	112,9	" " "
Verhältniss:	76	: 100	: 105	

1 Raumtheil fertiger Mörtel
 + 4 „ Steinzuschlag

Alter:	Rheinkiesel	Basalt	Ziegel
1 Monat:	31,1	36,7	72,5
Verhältniss:	85	100	198
3 Monat:	47,2	62,6	76,7
Verhältniss:	75	100	122

Der Ziegel (hartgebrannt) zeigt also namentlich bei 4 Raumtheilen Steinzuschlag gegenüber den anderen Steinarten grosse Ueberlegenheit und zwar besonders nach dem ersten Monat der Erhärtung.

1 Raumtheil Cement-Mörtel
 (Normen-Mischung)
 + 4 „ Steinzuschlag (Ziegel)

verhielt sich nach 1 Monat zu obigem Beton mit Trass-Mörtel:

	Cement	Trass
	49,9	72,5
oder wie:	69	100

Diese Proben mit Zuschlägen verschiedener Steinarten sind unter anderen Temperaturverhältnissen gemacht, als die früher angeführten Betons mit Basaltstein, sind also mit einander nicht direct vergleichbar.

Es wäre zu wünschen, dass die in Dresden vorgeschlagene Probenahme auf Adhäsionsfestigkeit die erwarteten Resultate aufweisen wird, weil besonders diese Eigenschaften zur Beurtheilung des Werthes hydraulischer Bindemittel sehr in die Waagschale fällt.

Die Dresdener Conferenz war auch vollständig der Meinung, dass die einseitige Beurtheilung der hydraulischen Bindemittel nach Zug- und Druckfestigkeit nicht genüge und erhob einstimmig folgenden Antrag des Herrn Professor Schulatschenko-St. Petersburg zum Beschluss:

„Die Conferenz spricht sich dahin aus, dass die Zug- und Druckfestigkeit des Cementmörtels, so wie sie jetzt normengemäss bestimmt wird, für die Dauerhaftigkeit der Bauten nicht allein als massgebend zu betrachten sei, dass vielmehr noch mehrere gewichtige Momente in Betracht kommen, beispielsweise Wetterbeständigkeit, Sprödigkeit, Wasserundurchlässigkeit, Adhäsionsfestigkeit, Volumenbeständigkeit der Mörtel, welche für die Dauerhaftigkeit der Bauten von dem grössten Belang sind. Da ohnedies durch die bis jetzt angenommenen Festigkeitsziffern die Dauerhaftigkeit der Bauten vollständig gewährleistet wird, so ist eine weitere Erhöhung der Festigkeitsziffern als nicht nothwendig anzusehen.“

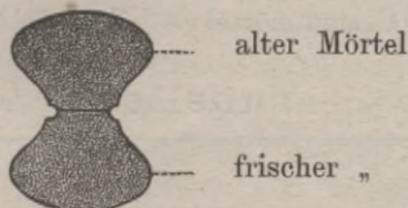
b. Verbindung der Mörtel-Lagen unter einander.

Schlamm bildung.

Da ein Bauwerk nicht ohne Unterbrechung ausgeführt werden kann, so ist die Verbindung der einzelnen Mörtellagen unter sich von besonderer Wichtigkeit. Die mehr oder weniger innige Verbindung von bereits erhärtetem, mit frisch aufgetragenem Mörtel hängt nicht mit der endgiltigen Erhärtung des Mörtels zusammen, sondern mehr mit dessen Adhäsionsfestigkeit. Meine dahin gehenden Versuche machte ich in folgender Weise:

Die Mörtel wurden nach gewöhnlicher Art in die Form eingeschlagen und gleich unter Wasser gebracht, nach Verlauf von 24, 36 etc. Stunden ein Theil wieder aus dem Wasser genommen und halbirt, während der Rest der Proben zur Ermittlung der gewöhnlichen Zugfestigkeit unter Wasser

liegen blieb. Bei den halbirtten Proben wurde die eine Hälfte der Zugform mit frischem Mörtel nachgefüllt und dabei möglichst fest an die alte Mörtelhälfte angepresst; auch diese Proben kamen gleich wieder unter Wasser.



Der verwendete Cement hielt bei $19\frac{1}{2}^{\circ}$ C., nach den Normen (1. Tag an der Luft) 16,85 kg, dagegen zeigt die nachstehende Tabelle dafür geringere Festigkeit, weil auch diese Cementproben gleich nach Herstellung unter Wasser gelegt wurden.

Es folgen hier die damit gefundenen Resultate:

Tabelle I.

Mischung:	Mittlere Temperatur des Erhärtungswassers:	Festigkeit nach 28 Tagen in kg pr. □cm.	
		der gewöhnlichen Zugproben:	der nach 24 Stunden zusammengeführten Zugproben:
1 Gew.-Th. Trass $1\frac{1}{2}$ " Fettkalk 3 " Normalsand ohne Wasserzusatz	} $19\frac{1}{4}^{\circ}$ C.	15,00	12,00
Cement-Normen-Mischung			
Cement-Kalk-Mörtel 1, 1, 6	$19\frac{1}{4}$ "	3,50	0,50

Es entspricht das den Verhältnisszahlen:

Trassmörtel	100	:	80
Cementmörtel	100	:	55
Cement-Kalkmörtel	100	:	14

Einige erst nach 3 Monaten zerrissene Proben dieser Mischungen ergaben für:

Trassmörtel	17,00 kg
Cementmörtel	6,50 "

Tabelle II.

Mischung:	Temperatur	gewöhnliche Zugproben:	nach 36 Stunden zusammen gefügte Zugproben:
Trassmörtel-Mischung wie oben:	15 ¹ / ₄ ° C.	13,25	9,25
Trassmörtel-Mischung: je 1 Gew.-Th. Trass Fettkalk Normalsand + 5 0/0' Wasser	15 "	14,50	11,00
Cement-Normen-Mischung:	15 "	9,50	4,00

oder in Verhältnisszahlen ausgedrückt:

Trassmörtel	1, 1 ¹ / ₂ , 3	100	:	70
"	1, 1, 1	100	:	77
Cementmörtel		100	:	42

Dass Trassmörtel selbst bei längerer Unterbrechung der Arbeit doch noch eine so innige Verbindung eingeht, wie dies die vorstehenden Tabellen zeigen, ist gewiss für die Praxis von ausserordentlicher Wichtigkeit und überhaupt die einzige Bürgschaft für vollkommen wasserdichtes Mauerwerk.

Von noch grösserer Bedeutung ist diese Verbindung bei Betonirung unter Wasser. Bei verlängerten Cementmörteln tritt oft eine so starke Schlamm bildung ein,

dass dieser Schlamm erst entfernt werden muss, bevor mit der Weiterbetonirung fortgefahren werden kann. Wo dies durch Taucher geschehen muss, vermehrt dieser Umstand die Baukosten bedeutend. Da die Schlammbildung nur eine Folge der Entmischung des Mörtels ist, so werden dessen hydraulische Eigenschaften dadurch nicht unwesentlich herabgemindert. Bei dem plastischen Trassmörtel kommen Entmischungen und Schlammbildungen fast nicht vor.

Beim Baue der Rheinbrücke bei Wesel wurde vermittelt 40 Fuss langer Eisenrohre bis zu 26 Fuss u. Weseler Pegel betonirt, was bei Verwendung von verlängertem Cementmörtel wohl kaum ohne grossen Nachtheil möglich gewesen wäre.

Trassmörtel in Salzwasser erhärtet.

Ich lasse hier einige Resultate folgen, die beweisen, dass die Erhärtung unter Seewasser für den Trassmörtel durchaus nicht nachtheilig ist, sondern sogar meist bedeutend höhere Festigkeiten ergibt als bei der Erhärtung in Süswasser.

	2 Gewichtstheile Trass	
	<u>1</u> „ Fettkalk (Bergischer)	
Verhältniss der	Süswasser	Seewasser
Festigkeiten:	100	(3% feste Bestandtheile) 111

	1 Gewichtstheil Trass	
	1 „ Fettkalk (Bergischer)	
	<u>1</u> „ Sand	
	Süswasser	Seewasser
	100	: 168

1	Raumtheil	Trass		
1	"	Fettkalk (Bergischer)		
2	"	Sand		
<hr/>				
			Süßwasser	Seewasser
			100	: 132

1	Raumtheil	Trass		
1	"	Kalkpulver (Moselkalk)		
1	"	Sand		
<hr/>				
			100	: 126

1	Raumtheil	Trass		
1 ^{1/2}	"	Kalkpulver (Moselkalk)		
2	"	Sand		
<hr/>				
			100	: 100

Die Kalkart und Kalkmenge der Mörtel ist jedenfalls von Einfluss auf das Festigkeitsverhältniss zwischen Seewasser- und Süßwasser-Proben.

In Wilhelmshaven wurden Versuche angestellt unter Anwendung von Dornaper Fettkalk, der auch mit Seewasser gelöscht war und für die Seewasser-Proben wesentlich bessere Festigkeitsresultate ergaben, als für die Süßwasser-Proben.

Ebenso zeigen Vergleichenungen zwischen in See- und Süßwasser erhärteten Mörteln, die in den „Mittheilungen der Königl. technischen Versuchsanstalten in Berlin“, 1883, 4. Heft, veröffentlicht sind, für verschiedene Trassmörtelmischungen immer wesentlich höhere Festigkeiten bei den in Seewasser erhärteten Proben.

Ferner wurden an der Polytechnischen Schule in Delft durch Herrn Professor van der Kloes Proben angestellt bei ziemlich niedriger Temperatur (7,9° C.) in der Mischung von

2 Theilen Trass
1 „ Kalk

und nach 1 Monat folgende Festigkeiten gefunden:

	Süßwasser	Seewasser	
	7,84	10,56	kg pr. □cm. gegen Zug
also Verhältniss	100	:	135

(Vergl. Veröffentlichung im „Ambachtsman“, 1886, Nr. 31).

Feucht gelagerter Trass.

Cement verliert bekanntlich bedeutend durch feuchte Lagerung, weil der Erhärtungsprozess lediglich durch die Einwirkung von Wasser eingeleitet wird.

Vielfach ist noch die irrige Ansicht verbreitet, dass in gleicher Weise auch die Qualität des Trasses durch feuchte Lagerung Einbusse erleide. Dies ist indess keineswegs der Fall, da Trass erst nach Hinzutritt von Kalk seinen Erhärtungsprozess beginnt.

Um mir vollständige Sicherheit darüber zu schaffen, dass auch bei feuchtem Lagern dem Trass die ganze Erhärtungsfähigkeit erhalten bleibe, machte ich Versuche in verschiedener Weise und zwar mit ganz gleichartigem Trass, der theils in frisch gemahlenem Zustande Verwendung fand, theils längere Zeit (etwa 6 Monate) an der Luft lagerte und häufig angefeuchtet wurde. Der Rest kam vollständig unter Wasser und war längere Zeit eingefroren.

Die mit dem so verschiedenartig behandelten Trass angefertigten Proben ergaben übereinstimmende Festigkeits-Resultate.

Bei dem durch die Cöln-Mindener Eisenbahn-Gesellschaft ausgeführten Bau der Hamburger Elbbrücke wurde im

ersten Baujahre durch eine Sturmfluth ein Theil des Trasslagers unter Wasser gesetzt. Der dadurch angefeuchtete Trass, welcher in einem Schuppen in grossen Mengen lagerte, wurde zu Beton verwendet, nachdem die Bau-Verwaltung sich vorher durch Proben überzeugt hatte, dass derselbe vortreffliche Bindekraft besass und gleichzeitig angefertigte Mörtelproben mit trockenem und angefeuchtetem Trass kaum einen Unterschied in der Güte erkennen liessen. Nur die äussersten Trassschichten, die durch die Ueberfluthung unreinigt und mit Schlamm bedeckt waren, wurden als unbrauchbar erkannt.

Herr Geh. Regierungsrath Lohse machte hierüber Mittheilungen an Herrn Eisenbahn-Baumeister Wolff in Altbreisach, welcher in dieser Angelegenheit angefragt hatte, um sich zu vergewissern, ob die bei den Rheinbrückenbauten zu Altbreisach und Hünigen bei Basel durch die grosse Ueberschwemmung im Jahre 1876 unter Wasser gesetzten Trasslager ohne Nachtheil verwendet werden könnten.

Die von der Bau-Verwaltung in Altbreisach angestellten Versuche verschafften ebenso Herrn Baumeister Wolff die Ueberzeugung, dass ein Durchnässen des Trasses dessen Bindekraft keinen Abbruch thue. Die mit trockenem und feuchtem Trass angestellten Versuche zeigten nach 14 Tagen fast genau gleiche Resultate.*)

Die „Deutsche Bauzeitung“ giebt in Nr. 59 vom 22. Juli 1876 folgendes Gutachten ab:

„Gemahlener Trass in reines Wasser versenkt, verliert nichts an seinem Werthe als hydraulisches Material. Durch Berührung mit kalkhaltigem und schlammigem Wasser kann die Güte des Trass verringert werden; ganz unbrauchbar wird derselbe aber dadurch nicht.

*) Diese Mittheilung verdanke ich einer Veröffentlichung des Herrn Meurin, dessen Trass damals unter Wasser gekommen war.

Die leicht anzustellenden Zugfestigkeits-Proben eines 14 Tage alten Mörtels aus gleichen Theilen Trass und Kalkhydrat lassen die im ungünstigen Falle entstandene Verschlechterung leicht mit Sicherheit nachweisen.

Feuchte Lagerung von Tuffstein und gemahlenem Trass afficirt die Brauchbarkeit des Materials, auch wenn dieselbe monatelang fortgesetzt wird, nur in relativ geringem Grade — ein Umstand, der zu dem günstigen Urtheil, dessen guter Trass sich erfreut, wesentlich beiträgt.

Treiben der Mörtel.

Trassmörtel, aus ächtem Trass, vollkommen gelöschtem Kalk und genügender Menge Wasser hergestellt, ist vollständig volumbeständig.

Verschiedenartige, sogenannte „wilde“ Gesteinssorten oder Tuffasche, namentlich Brohler Bergtrass, die noch immer in ziemlich grossen Quantitäten in den Handel kommen, zeigen indess sehr stark auftreibende Eigenschaften und sind interessante dahin gehende Beobachtungen an der Polytechnischen Schule in Delft durch Herrn Professor van der Kloes gemacht worden (veröffentlicht im „Ambachtsman“ 1886 Nr. 26). Es wurden danach Trassmörtel-Mischungen hergestellt mit ächtem Trass, ferner mit immer $\frac{1}{8}$ steigendem Zusatz von Brohler Bergtrass und schliesslich mit pur Bergtrass.

Nach 28 tägiger Erhärtung unter Wasser ergaben bei ächtem Trass 16 Stück Zugproben aufeinander gelegt eine Gesamtdicke von

37,4 cm.

und stieg diese allmählich im Verhältniss des beigemischten Bergtrasses bis zu

40,6 cm.

bei Anwendung von pur Bergtrass.

Ob ächter Trass in erheblicher Menge mit geringwerthigem, zum Treiben geneigten Material vermischt ist lässt sich leicht mit dem blossen Auge erkennen, wenn der zu untersuchende Trassmörtel nach Art der später besprochenen Nadel-Proben gleich nach Herstellung unter Wasser gebracht wird. Mörtel mit Sandbeimischung eignen sich weniger gut zur Beobachtung des Treibens.

Soll der Versuch beschleunigt werden, so empfiehlt es sich, das Erhärtungswasser bis auf 30—40° R. zu erwärmen, wodurch das Treiben bei Trassmörtel gewöhnlich schon nach einigen Stunden beobachtet werden kann.

Von einigen Seiten wird hervorgehoben, dass Trass überhaupt nicht „treibe“, sondern diese Bezeichnung nur auf die Eigenschaft anwendbar sei, die treibende Cementmörtel zeigten.

Wenn bei geringwerthigem Trassmörtel auch die Ursache des Treibens eine von den Cementmörteln verschiedene ist, so halte ich doch auch für Trassmörtel den Ausdruck „Treiben“ für bezeichnend, da es eine Volumenvermehrung des Mörtels ist. Welche Bezeichnung man aber auch dafür wählen mag, jedenfalls ist die Eigenschaft der Volumenvermehrung und Rissebildung bei Mörtel mit geringwerthigem Trass eine so nachtheilige, dass sie bei der Prüfung auf Qualität des Trasses nicht ausser Acht gelassen werden darf.

Werden Nadel-Proben hergestellt, so kann, wie schon oben bemerkt, die Eigenschaft der Volumen-Aenderung an den Nadel-Proben selbst beobachtet werden.

Auf der bereits mehrmals erwähnten Conferenz in Dresden wurde die Tetmajer'sche Hartgummidose (welche auch zur Bestimmung der Temperatur-Erhöhung während der Abbindezeit der Mörtel dient) zur Bestimmung der Volumbeständigkeit der Puzollane-Mörtel in Vorschlag gebracht und zur näheren Prüfung der ständigen Commission überwiesen.

Die betreffende Vorschrift lautet:

„Die Prüfung auf Volumbeständigkeit der Puzollane-(Trass)-Mörtel, wird in der Weise ausgeführt, dass eine Mischung aus:

2	Gewichtstheile	Puzollane (Trass)
1	„	Kalkpulver
1	„	Wasser

in die Dose des Vicat-Nadel-Apparates eingefüllt, abgestrichen und nach Auslösung des Schliessringes in ein Gefäss mit ebenem Boden gesetzt wird, in welches dann vorsichtig Wasser bis zu einer Höhe von mindestens 2 cm. über den oberen Rand der Dose eingegossen wird. Die beiden Theile der Dose dürfen in keinem Falle durch den erhärtenden Mörtel auseinander getrieben werden, noch darf derselbe nach oben heraustreten.“

Verderben des fertig-gemischten Mörtels.

Fertig gemischter Trassmörtel verliert nicht an seiner Erhärtungsfähigkeit, wenn derselbe nach mehrstündigem (selbst bis 24stündigem) Lagern nochmals gehörig durchgearbeitet wird, ohne Wasser zuzusetzen.

Es ist selbstverständlich, dass hier nicht von kleinen in- zwischen vollständig aufgetrockneten Mörteltheilen die Rede sein kann, sondern nur von grösseren Mengen fertigen Mörtels

Bei einigen Behörden war es sogar Vorschrift, den Trass am Tage vor der Verwendung anzumengen und kurz vor dem Gebrauche nochmals „in seinem eigenen Saft“ durchzukneten, weil man der Ansicht war, dass derselbe dann besser erhärtete.

Die bessere Durcharbeitung des Mörtels und die Abnahme des überschüssigen Wassers in demselben, die durch diese Vorschrift veranlasst wurden, hatte wohl die irrige Meinung über die Ursache der grösseren Erhärtungsfähigkeit hervorgerufen.

Cement-Mörtel, auch mit langsam bindendem Cement angemacht, verliert dagegen sehr bald an Erhärtungsfähigkeit, wenn derselbe einige Zeit vor der Verwendung in fertig gemischtem Zustand liegt.

Ich wiederhole hier nochmals die früher schon veröffentlichten Resultate von Cement-Mörtel der Normen-Mischung:

Zugfestigkeit nach 28 Tagen (1. Tag an der Luft):

Wasserwärme $19\frac{1}{2}^{\circ}$ C.

frisch verwendeter Mörtel	16,85	kg	pr.	□	cm.
$\frac{1}{4}$ Stunde alter	16,55	"	"	"	"
$\frac{1}{2}$ " "	14,20	"	"	"	"
$\frac{3}{4}$ " "	11,10	"	"	"	"

Ich bemerke noch, dass diese Mörtel vor der Verarbeitung vollständig gegen Zugluft geschützt waren, während auf den Baustellen die Erhärtungsfestigkeit der nicht frisch verwendeten Cementmörtel durch darüber hinstreichende Luft noch weiter herabgemindert wird.

Dass Trassmörtel diese nachtheilige Eigenschaft nicht besitzt, dürfte wohl bei der Werthschätzung der Mörtel-Materialien mit in Betracht gezogen werden.

Mörtel-Ergiebigkeit.

Die Mörtel-Ergiebigkeit wurde in der Weise ermittelt, dass in ein cubisches Litergefäß 1 Liter Trocken-Material gefüllt und dann durch Nachfüllen von Wasser constatirt wurde, wie viel Wasser erforderlich war, die Hohlräume auszufüllen.

Es ergab sich,

dass	1 Liter Trass (= 1,000 kg)	=	483 cbcm.
	1 " Kalk (= 1,400 ")	=	1000 "
	1 " Sand (= 1,500 ")	=	570 "
	Raum im Wasser einnahm.		

Hiernach würde die

Mischung	1 cbm. Trass (= 1000 kg)	=	0,483 cbm.
	1 " Kalk (= 1400 ")	=	1,000 "
	2 " Sand (= 1500 ")	à 0,570	1,140 "
	0,05 " Wasser (= 1000 ")	=	0,050 "
	<u>4,050</u> cbm. Mischung	=	<u>2,673</u> cbm.
	fertigen Mörtel ergeben.		

Ich habe dann zur Controle den fertigen Mörtel gemessen und dabei nur sehr unbedeutende Abweichungen von obiger Berechnung gefunden, die leicht durch etwas Wasserverlust bei Vermischung der Mörtel zu erklären sind.

Bei dem Messen der Einzel-Materialien in oben angegebener Weise darf selbstverständlich das Wasser zum Ausfüllen der Hohlräume nur so langsam nachgefüllt werden, dass die Luft aus dem Litermaass vollkommen entweichen kann.

Nach vorstehender Berechnungsweise ergibt sich folgendes Resultat:

Mischung nach cbm.:				Gesamt- Mischung:	Ergiebt fertigen Mörtel:
Trass	Fettkalk	Sand	Wasser	cbm.	cbm.
2	1	0	0,180	3,180	2,146
1	$\frac{1}{2}$	1	0,150	2,650	1,703
1	$\frac{3}{4}$	1	0,075	2,825	1,878
1	1	1	0,000	3,000	2,053
1	$\frac{3}{4}$	2	0,150	3,900	2,523
1	$\frac{7}{8}$	2	0,100	3,975	2,598
1	1	2	0,050	4,050	2,673
1	1	3	0,100	5,100	3,293
1	$1\frac{1}{8}$	3	0,075	5,200	3,393
1	$1\frac{1}{8}$	4	0,100	6,225	3,988
1	$1\frac{1}{4}$	4	0,050	6,300	4,063

Zu 1 cbm. fertigen Mörtel sind erforderlich:

Trass	Kalk	Sand	Wasser	Gesamt- Menge
0,93	0,47	0,00	0,08	1,48
0,59	0,29	0,59	0,08	1,55
0,53	0,40	0,53	0,04	1,50
0,49	0,49	0,48	0,00	1,46
0,40	0,30	0,79	0,06	1,55
0,39	0,33	0,77	0,04	1,53
0,38	0,38	0,74	0,02	1,52
0,31	0,31	0,90	0,03	1,55
0,30	0,33	0,89	0,03	1,53
0,25	0,28	1,00	0,03	1,56
0,25	0,29	1,00	0,01	1,55

Preis-Berechnung verschiedener Trass-Mörtel.

Unter Zugrundelegung vorstehender Mörtel-Ergiebigkeit und bei Annahme der Preise von

Mark 16	pr. cbm.	(= 1000 kg)	Trass
10	" "	(= 1400 ") Fettkalk
2	" "	(= 1500 ") Sand

ergeben sich folgende Preise für den fertigen Mörtel:

Mischung nach Raumtheilen:			Preis pr. cbm.
Trass	Kalk	Sand	fertiger Mörtel:
2	1	0	Mk. 19,58
1	$\frac{1}{2}$	1	13,52
1	$\frac{3}{4}$	1	13,54
1	1	1	13,70
1	$\frac{3}{4}$	2	10,98
1	$\frac{7}{8}$	2	11,08
1	1	2	11,36
1	1	3	9,86
1	$1\frac{1}{8}$	3	9,88
1	$1\frac{1}{8}$	4	8,80
1	$1\frac{1}{4}$	4	8,90

Ich lasse hier noch eine Tabelle folgen, aus der die Preise für den fertigen Mörtel zu ersehen sind, wenn sich die Preise der Einzel-Materialien billiger oder theurer stellen, als vorstehend angenommen wurde.

Trass-Preis in Mark: 14 15 16 17 18 19 20

Mischung:

Trass Kalk Sand

Preis pro cbm. fertiger Mörtel in Mark:

Preis
pro cbm.
Fettkalk:

1	3/4	1	11,68	12,21	12,74	13,27	13,80	14,33	14,86	9,00
1	7/8	2	9,84	10,03	10,42	10,81	11,20	11,59	11,98	"
1	1	3	8,62	8,93	9,24	9,55	9,86	10,17	10,48	"
1	1 1/8	4	7,74	7,99	8,24	8,49	8,74	8,99	9,24	"
1	3/4	1	12,08	12,61	13,14	13,67	14,20	14,73	15,26	9,00
1	7/8	2	9,97	10,36	10,75	11,14	11,53	11,92	12,31	"
1	1	3	8,93	9,24	9,55	9,86	10,17	10,48	10,79	"
1	1 1/8	4	8,02	8,27	8,52	8,77	9,02	9,27	9,52	"
1	3/4	1	12,48	13,01	13,54	14,07	14,60	15,13	15,66	10,00
1	7/8	2	10,30	10,69	11,08	11,47	11,86	12,25	12,64	"
1	1	3	9,24	9,55	9,86	10,17	10,48	10,79	11,10	"
1	1 1/8	4	8,30	8,55	8,80	9,05	9,30	9,55	9,80	"
1	3/4	1	12,88	13,41	13,94	14,47	15,00	15,53	16,06	11,00
1	7/8	2	10,63	11,02	11,41	11,80	12,19	12,58	12,97	"
1	1	3	9,55	9,86	10,17	10,48	10,79	11,10	11,41	"
1	1 1/8	4	8,58	8,83	9,08	9,33	9,58	9,83	10,08	"
1	3/4	1	13,27	13,81	14,33	14,87	15,40	15,93	16,46	12,00
1	7/8	2	10,96	11,35	11,74	12,13	12,52	12,91	13,30	"
1	1	3	9,86	10,17	10,48	10,79	11,10	11,41	11,72	"
1	1 1/8	4	8,86	9,11	9,36	9,61	9,86	10,11	10,36	"

Der Sandpreis ist in vorstehender Tabelle immer zu Mark 2,— pr. cbm. angenommen und würden sich für je Mark 1,— pr. cbm. Erhöhung desselben, die Mörtel obiger Mischungen wie folgt vertheuern:

Trass	Kalk	Sand						
1	$\frac{3}{4}$	1	um Mk.	0,53	pr. cbm.	fertiger	Mörtel	
1	$\frac{7}{8}$	2	„	„	0,77	„	„	„
1	1	3	„	„	0,90	„	„	„
1	$1\frac{1}{8}$	4	„	„	1,00	„	„	„

Mit Bezug auf die vorstehenden Preisberechnungen ist noch folgendes zu bemerken:

Der aus ächtem Trassstein in dem üblichen Mischungsverhältniss von blauen, grauen und gelben Steinen hergestellte Trass zeigt so geringe Unterschiede im spezifischen Gewicht, dass sie bei der Preisberechnung der Mörtel ausser Betracht bleiben können.

Fettkalk, in der Grube gelöscht, ist auch gleichbleibend hinsichtlich der Mörtel-Ergiebigkeit, und nur der Sand zeigt so grosse Abweichungen im spezifischen Gewicht, dass sie bei der Mörtel-Berechnung nicht ausser Acht gelassen werden dürfen.

Durch Ausgiessen von 1 Liter Sand mit Wasser in einem geeigneten Gefäss ist aber leicht zu ermitteln, wieviel der auf der Baustelle zur Verfügung stehende Sand Raum in 1 cbm. fertigen Mörtel ausfüllen wird, und kann darnach die vorstehende Tabelle leicht für jede Baustelle corrigirt werden.

Auf der Baustelle wird zum Mörtel etwas mehr Wasser genommen, als ich zu meinen Versuchen verwendete, und müsste also in der Praxis die Mörtel-Ergiebigkeit im Verhältniss zu dem höheren Wasserzusatz grösser sein; berücksichtigt man aber andererseits die unvermeidlichen Mörtel-

verluste, so dürften die Zahlen vorstehender Tabellen den Berechnungen für die Praxis doch wohl zu Grunde gelegt werden können.

Preisberechnungen von Trassmörteln mit Kalkpulver, wie diese auf den Baustellen der Maincanalisation und dem Hafenbau bei Oberlahnstein sich ergaben, veröffentlichte Herr Wolfram, Königl. Wasserbau-Inspector in Diez (Lahn) in seinen „Mittheilungen über Tuffstein, Trass etc.“ 1885 (im Selbstverlage des Verfassers).

Prüfung der Qualität von Trass.

Zur Beurtheilung der Qualität des Trasses wird wie bei Cement meistens die Probe auf Zugfestigkeit nach 28 Tagen angewendet und sind die damit ermittelten Resultate für die Qualität eines Trasses auch massgebender als bei Cement.

Trass ist ein Naturprodukt und mit der besseren Erhärtungsfähigkeit werden (mit alleiniger Ausnahme der Volumbeständigkeit) auch die übrigen Eigenschaften wie Adhäsionsfestigkeit, Wasserundurchlässigkeit etc., in gleichem Verhältniss steigen.

Bei einem Fabrikat wie Cement ist dies nicht der Fall und weichen die verschiedenen Marken darin oft sehr von einander ab.

Diese Verschiedenheit hat auch zu dem früher erwähnten Antrag des Herrn Professor Schulatschenko und zur Beschlusserhebung desselben auf der Dresdener Conferenz Veranlassung gegeben. (Vergl. Seite 28.)

Für die Prüfung der Zugfestigkeit hat die Dresdener Conferenz folgenden Beschluss gefasst:

„Die Prüfung auf Festigkeit der Puzzolane-(Trass)-Mörtel soll einheitlich geschehen an einer Mischung aus:

2	Gewichtstheile	Puzzolane (Trass)
1	"	Kalkhydratpulver
3	"	Normensand
1	"	Wasser

Die Behandlung soll im Uebrigen die gleiche wie für Cementproben sein; insbesondere sollen auch die Puzzolane-(Trass)-Mörtel vor dem Versenken unter Wasser 24 Stunden an der Luft in einem mit Wasserdampf gesättigten Raum aufbewahrt werden.

Für besondere Zwecke können die Probekörper auch sofort nach der Herstellung unter Wasser gebracht werden; in solchen Fällen empfiehlt es sich, den Wasserzusatz für die Mörtelbildung um $\frac{1}{10}$ zu erhöhen. Die Beobachtung der Wärme-Verhältnisse ist für alle Puzzolane-(Trass)-Mörtel von grösster Wichtigkeit; wenn irgend möglich, soll eine Wärme von 15—18° C. für das Anmache- und Aufbewahrungswasser innegehalten werden.

Zu den Puzzolane-(Trass)-Mörtelproben soll nur reinsten Luftkalk (Marmorkalk) angewendet werden, da die Festigkeit in hohem Maasse von dem Kalk abhängig ist.

Stellen sich Bau-Verwaltungen die Puzzolane (den Trass) aus Tuffstein (Trassstein) selbst her, so ist das Gestein für die Probenahme so fein zu pulvern, dass 75 % das 900-Maschensieb und 50 % das 5000-Maschensieb passiren.

Bei der Zerkleinerung dürfen keine gröbereren Theile ausgesiebt und fortgeworfen werden, sondern die Zerkleinerung muss so lange fortgesetzt werden, bis alles die vorgeschriebene Feinheit besitzt.“

Nadel-Probe und Glüh-Probe.

Schwierig ist es, die Qualität eines hydraulischen Bindemittels nach wenigen Tagen mit Sicherheit zu beurtheilen,

und doch ist dies für die Praxis auf der Baustelle von allergrösster Wichtigkeit.

Für Cement hat man eine 7 tägige Probe in der Normenmischung und eine 3 tägige Probe für reinen Cement, in Normalconsistenz angemacht, vorgeschlagen.

Für Trass hat sich durch die Praxis ein Verfahren herausgebildet, dass namentlich in Holland mit grossem Erfolg angewendet wird. Es ist dies die Bestimmung des Gehaltes an Hydratwasser durch die Glüh-Probe, im Zusammenhang mit der Anfangs-Erhärtung durch die Vicat'sche Nadel.

Herr H. Wolffram, Königl. Wasserbau-Inspector in Diez (Lahn), der die Controle über die Qualität der zur Maincanalisation gelieferten sehr grossen Quantitäten Trass geführt hat, ist auch der Meinung, dass diese Probe für die schnelle Beurtheilung der Lieferung auf der Baustelle wesentliche Vorzüge biete, da sie eine Würdigung des Materials nach 3 Tagen gestatte. (Vergl. Seite 27 in dessen Brochure „Mittheilungen über Tuffstein und Trass und einige andere Baumaterialien der vulkanischen Eifel“. Im Selbstverlage des Verfassers).

Der Werth der Glüh-Probe beruht darauf, dass bis jetzt kein ächter, guter Tuffstein (Trassstein) gefunden worden ist, der weniger wie 7% Hydratwasser hat, während die hauptsächlich in Betracht kommenden Verfälschungs-Materialien bedeutend weniger Hydratwasser enthalten.

Der Wortlaut des Antrages Dr. Michaelis' auf der Conferenz in Dresden, der der ständigen Commission überwiesen wurde, ist folgender:

„Die feingepulverte bei 100°—110° getrocknete Puzzolane (Trass) wird auf den Glühverlust (gebundenes Wasser) und mittels der Vicat'schen Nadel auf die Anfangserhärtung unter Wasser bei möglichst 15°, jedenfalls unter Berücksichtigung der Temperatur, geprüft in einer Mischung von

2	Gewichtstheile	Puzzolane (Trass)
1	"	Kalkhydratpulver
1	"	Wasser.

Der in die Dose eingefüllte und glatt abgestrichene Mörtel soll sofort unter Wasser gebracht und nach 2, 3, 4 und 5 Tagen in der Weise geprüft werden, dass ermittelt wird, mit welcher Belastung die Nadel von 1 □mm. rundem Querschnitt 5 mm. tief in denselben eindringt.“

Ich lasse hier noch die für die Nadel-Probe von mir garantirten Minimal-Festigkeiten (bei Anwendung der seither üblichen 1,2 mm.-Nadel) folgen, sowie Abbildung des dazu verwendeten Apparates.

Die Belastung richtet sich nach der Wärme des Erhärtungswassers wie folgt:

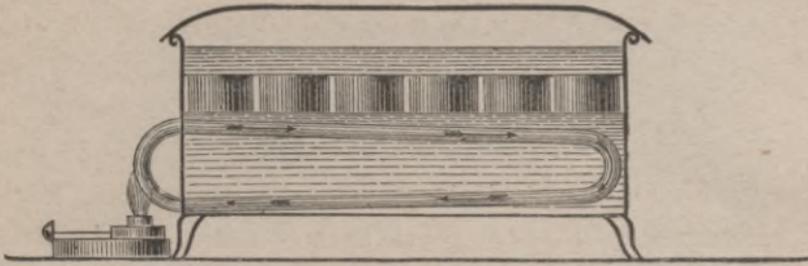
Belastungs - Gewicht in Grammen:

Bei:	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21° C.
Nach 2 Tagen	115	125	150	195	255	330	425	535	660	805	965	1145 Gr.
3 „	230	255	295	370	480	620	790	990	1225	1485	1780	2110 „
4 „	345	370	435	550	705	910	1155	1450	1785	2170	2595	3070 „
5 „	460	490	580	725	935	1200	1525	1905	2350	2850	3410	4030 „

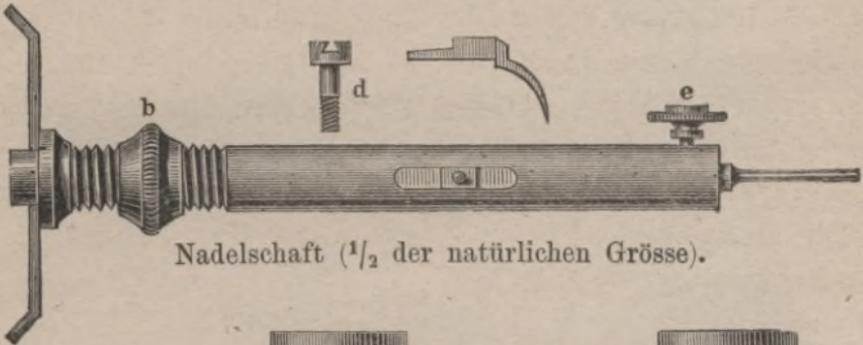
Bei den Nadelproben ist darauf zu achten, dass die Vermischung der Materialien eine vollkommen innige ist und der Mörtel möglichst fest und dicht in die Formen kommt, so dass keine Hohlräume im Mörtel bleiben.

Vor Belastung der Nadel ist dieselbe vollständig auf die Oberfläche des Probekörpers aufzusetzen, (aber ohne die Oberfläche zu durchstechen), damit jeder Stoss vermieden wird.

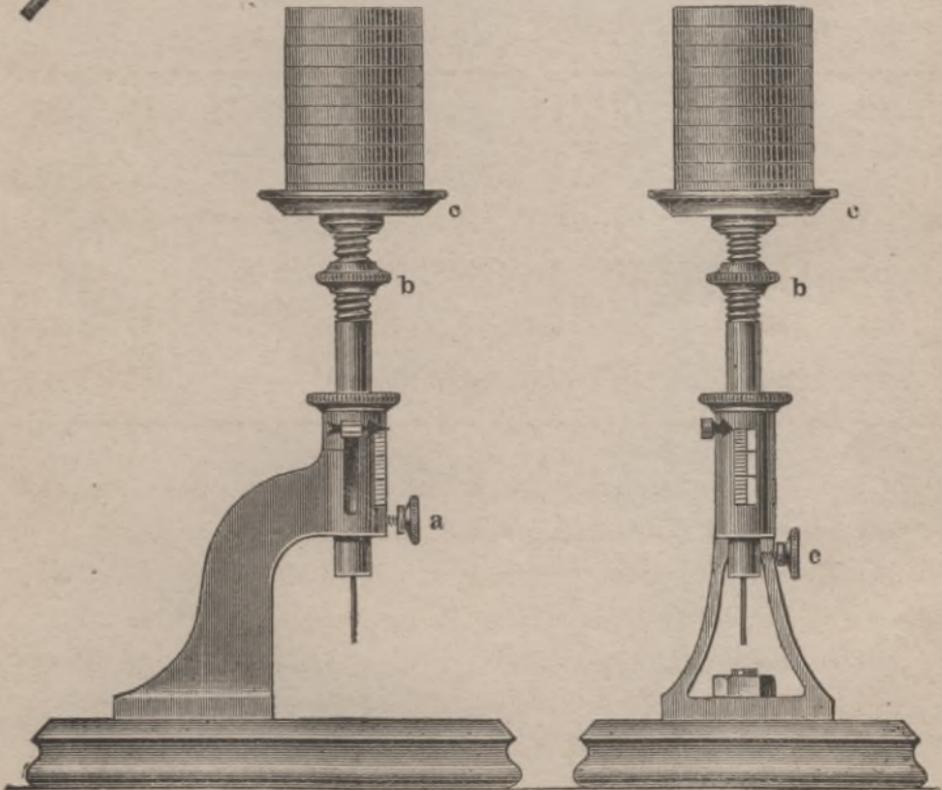
Die Belastung geschieht jedesmal gleich mit dem vollen vorgeschriebenen Gewicht.



Wasserbecken ($\frac{1}{8}$ der natürlichen Grösse).



Nadelschaft ($\frac{1}{2}$ der natürlichen Grösse).



Nadelapparat ($\frac{1}{4}$ der natürlichen Grösse).

S. 61

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351707

L

Druk, U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299613