

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 23/24 (1894)
Heft: 21

Artikel: Ueber Mauer- und Cementarbeiten bei niedrigen Temperaturen
Autor: Tetmajer, L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-18741>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

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

INHALT: Ueber Mauer- und Cementarbeiten bei niedrigen Temperaturen. II. (Fortsetzung.) — Simplon-Tunnel. IV. (Schluss.) — Versuchsfahrten auf der Gotthardbahn. — Das Deutsche Reichstagshaus zu Berlin. I. — Miscellanea: Die Einfuhr fremder Hochofenschlacken und Schlackencemente nach der Schweiz. — Preisausschreiben: Plakat für die

schweiz. Landesausstellung in Genf 1896. — Konkurrenzen: Eine Ideen-Konkurrenz für die Ausstellung des Verbandes der schweizerischen Liqueur- und Spirituosen-Händler. — Nekrologie: † Bernhard Wirz. † Julius Schlichting. — Briefkasten. — Vereinsnachrichten: Stellenvermittlung. Hierzu eine Lichtdruck-Tafel: Das Deutsche Reichstagshaus zu Berlin.

Ueber Mauer- und Cementarbeiten bei niedrigen Temperaturen.

Von Prof. L. Tetmajer in Zürich.

II. (Fortsetzung.)

2. Experimentelle Untersuchung der Frostbeständigkeitsverhältnisse der Bindemittel.

Ueber die Frostbeständigkeitsverhältnisse der unterschiedlichen Bindemittel und ihrer Mörtelsorten weichen die Ansichten und Erfahrungen stark auseinander. Zur Abklärung des Sachverhalts wurden im eidg. Festigkeitsinstitute zu verschiedenen Zeiten direkte Frostversuche an Mörteln, Beton- und Mauerwerksorten teils unter Benützung der natürlichen Winterfröste, teils unter Zuhilfenahme künstlicher Kälte 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 unsere bezüglichen Mitteilungen mit

a. der Zusammenstellung der Resultate der Laboratoriumsversuche.

Die Bindemittel der folgenden Versuchsreihe wurden unter Zugrundlegung von schweiz. Normalsand, bei normen-gemässer, maschineller Erzeugung der Probekörper in Mischungen 1:3 erzeugt, sodann nach einer 24stündigen, 3- und 7tägigen Lufterhärtung einem Wechsel von Gefrieren und Auftauen in Wasser von Zimmertemperatur unterworfen. Nach 25maliger Frosteinwirkung gelangten die Probekörper in ein Wasserbad, und nach 28tägigem Erhärtungsalter zur Probe auf Kohäsionsbeschaffenheit; dabei waren durch Frostwirkungen beschädigte Druckflächen vermittelt rasch bindender Portland-Cemente ausgebessert.

Chemische Zusammensetzung des Versuchsmaterials.

Nr.	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Ca CO ₃	Ca SO ₄	H ₂ O + Bit.
<i>Hydraulische Kalke.</i>								
I	22,77 %	5,20 %	3,18 %	52,30 %	1,47 %	5,75 %	2,25 %	6,65 %
II	20,19 »	5,60 »	3,94 »	49,80 »	1,91 »	9,73 »	2,05 »	6,67 »
<i>Roman-Cemente.</i>								
III	22,14 %	8,74 %	3,69 %	57,48 %	2,02 %	3,44 %	2,90 %	0,61 %
IV	23,35 »	8,20 »	3,74 »	55,90 »	1,63 »	3,49 »	2,98 »	1,28 »
<i>Schlacken-Cemente.</i>								
V ¹⁾	19,24 %	17,15 %	1,07 %	52,40 %	0,81 %	2,88 %	0,59 %	5,12 %
VI ¹⁾	20,94 »	14,85 »	1,03 »	43,94 »	3,58 »	5,97 »	2,49 »	4,69 »
<i>Portland-Cemente.</i>								
VII	22,15 %	6,31 %	2,94 %	61,88 %	1,40 %	1,64 %	2,01 %	0,86 %
VIII	22,01 »	7,45 »	2,76 »	62,05 »	1,27 »	0,65 »	2,12 »	0,76 »
IX	21,10 »	5,95 »	2,54 »	63,54 »	2,33 »	1,65 »	2,18 »	0,74 »
X	21,57 »	7,57 »	2,64 »	59,02 »	1,35 »	2,39 »	3,50 »	0,98 »

Zur Zeit ihrer Verarbeitung besaßen diese Bindemittel folgende physikalischen Eigenschaften:

Bindemittel Nr.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Spezifisches Gewicht	2,76	2,81	3,06	3,02	2,67	2,68	3,18	3,12	3,11	3,04
Glühverlust	13,83 %	11,02 %	2,13 %	2,82 %	7,86 %	9,41 %	1,44 %	1,04 %	1,47 %	1,72 %
Volumengewicht, lose	0,77 kg	0,83 kg	0,96 kg	0,98 kg	0,93 kg	0,80 kg	1,26 kg	1,24 kg	1,27 kg	1,26 kg
» eingerüttelt	1,23 »	1,32 »	1,52 »	1,49 »	1,53 »	1,36 »	1,99 »	1,95 »	2,00 »	1,94 »
Mahlungs-Feinheit										
Rückstand am 900-Sieb	14,2 %	10,0 %	4,8 %	10,0 %	—	—	0,8 %	3,6 %	Spur	0,4 %
» » 4900-Sieb	—	—	—	—	8,0 %	7,0 %	18,0 »	28,6 »	9,2 %	19,0 »
Volumenbeständigkeits-Prob.	best.	best.	best.	best.	best.	best.	best.	best.	best.	best.
Erhärtungsbeginn	2 ^h 30 ^m	2 ^h — ^m	3 ^h 1/2 ^m	5 ^m	1 ^h — ^m	2 ^h — ^m	7 ^h — ^m	2 ^h — ^m	— ^h 35 ^m	6 ^h — ^m
Bindezeit	ca. 48 ^h — ^m	ca. 25 ^h — ^m	10 ^h — ^m	16 ^m	5 ^h — ^m	7 ^h — ^m	18 ^h — ^m	7 ^h — ^m	6 ^h — ^m	24 ^h — ^m
bei einer Temperatur von	14,0° C.	14,5° C.	15,4° C.	15,0° C.	20,0° C.	20,0° C.	15,5° C.	15,5° C.	15,0° C.	16,2° C.
Festigkeitsverhältnisse des Normenmörtels (1:3), Wasserlagerung, kg pro cm ² :										
Zug nach 7 Tagen	2,9	3,4	12,1	13,5	19,4	24,3	25,0	17,6	20,9	21,7
» » 28 »	8,6	9,9	11,6	13,8	24,4	27,3	30,9	21,2	26,3	30,4
Druck nach 7 Tagen	20,9	32,3	91,9	121,0	171,2	174,6	221,0	144,0	176,3	261,4
» » 28 »	40,8	52,9	114,0	154,5	256,0	255,3	324,8	189,0	243,0	322,8

Verhalten der hydraulischen Mörtel in der Frostprobe.

a. Hydraulische Kalke.

Zeit der ersten Frosteinwirkung	Temperaturen des Kältschanks	Beobachtungen
<i>Sorte I.</i>		
nach 24stündiger Luftlagerung	12 bis 18° C.	nach der 1. Frosteinwirkung
» 3 tägiger »	unter Null	» » 4. »
» 7 tägiger »		» » 9. »
} waren sämtliche Probekörper durch allmähliches Abschälen und Absanden total zerstört.		
<i>Sorte II.</i>		
nach 24stündiger Luftlagerung	12 bis 18° C.	nach der 6. Frosteinwirkung
» 3 tägiger »	unter Null	» » 6. »
» 7 tägiger »		» » 21. »
} waren sämtliche Probekörper durch allmähliches Abschälen und Absanden total zerstört.		

b. Roman-Cemente.

Nach 25maligem Wechsel von Gefrieren von 12 bis 18° C. und darauf folgendem Auftauen im 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:

Bezeichnung der Cement-Sorte	Zeit der ersten Frosteinwirkung	28-Tag-Proben; kg pro cm ²			
		ohne Frostwirkung		nach 25 Frostwirkungen	
		Zug	Druck	Zug	Druck
Nr. III	nach 24stündiger Luftlagerung	11,6	114,0	10,5 ²⁾	107,5 ²⁾
	» 3 tägiger »	—	—	10,3 ²⁾	125,4 ²⁾
	» 7 tägiger »	—	—	14,1 ²⁾	135,8 ²⁾
Nr. IV	nach 24stündiger Luftlagerung	13,8	154,5	16,0	130,6 ²⁾
	» 3 tägiger »	—	—	14,6 ²⁾	148,0
	» 7 tägiger »	—	—	13,4 ²⁾	168,3

c. Schlacken-Cemente.

Sichtbare Beschädigungen der Oberflächen der Probekörper liegen nicht vor. Die mit den verfrorenen Probekörpern ausgeführten Festigkeitsproben ergaben folgende Resultate:

Bezeichnung der Cement-Sorte	Zeit der ersten Frosteinwirkung	28-Tag-Proben; kg pro cm ²			
		ohne Frostwirkung		nach 25 Frostwirkungen	
		Zug	Druck	Zug	Druck
Nr. V.	nach 24stündiger Luftlagerung	24,4	256,0	25,4	249,3
	» 3 tägiger »	—	—	22,7	259,8
	» 7 tägiger »	—	—	22,8	210,0
Nr. VI.	nach 24stündiger Luftlagerung	27,3	255,3	27,3	250,4
	» 3 tägiger »	—	—	25,9	248,1
	» 7 tägiger »	—	—	23,8	224,4

d. Portland-Cemente.

Sichtbare Beschädigung der Oberflächen der Probekörper kamen bei ungemischten Portland-Cementen nicht vor. Die mit den verfrorenen Probekörpern an Mörteln 1:3 (in Gew.-Teilen) ausgeführten Festigkeitsproben ergaben folgende Resultate:

Zeit der ersten Frosteinwirkung	Bezeichnung der Cement-Sorte	28-Tag-Proben; <i>kg</i> pro <i>cm</i> ²				Bezeichnung der Cement-Sorte	28-Tag-Proben; <i>kg</i> pro <i>cm</i> ²			
		ohne Frostwirkung		n. 25 Frostwirkungen			ohne Frostwirkung		n. 25 Frostwirkungen	
		Zug	Druck	Zug	Druck		Zug	Druck	Zug	Druck
<i>I. Versuchsreihe: Ohne Kalkzuschlag.</i>										
nach 24stündiger Luftlagerung	Nr. VII.	30,9	324,8	27,8	330,4	Nr. IX.	26,3	243,0	24,9	239,8
» 3 tägiger »		—	—	28,6	299,9		—	—	26,7	283,0
» 7 tägiger »		—	—	27,0	297,4		—	—	25,6	240,3
nach 24stündiger Luftlagerung	Nr. VIII.	21,2	189,0	22,4	189,2	Nr. X.	30,4	322,8	26,0	296,1
» 3 tägiger »		—	—	24,4	211,4		—	—	28,7	302,0
» 7 tägiger »		—	—	21,3	216,0		—	—	28,0	283,1
<i>II. Versuchsreihe: 1,0 Gew.-Teile Cement : 0,25 Gew.-Teile Kalkhydrat (pulverförmig).</i>										
nach 24stündiger Luftlagerung	Nr. VII.	24,9	305,3	23,8	265,6	Nr. IX.	22,9	244,4	21,1	215,9
» 3 tägiger »		—	—	25,3	287,9		—	—	19,9	229,4
» 7 tägiger »		—	—	22,7	259,0		—	—	15,6	225,3
nach 24stündiger Luftlagerung	Nr. VIII.	18,3	187,3	13,1	187,0	Nr. X.	21,9	261,1	20,2	231,6
» 3 tägiger »		—	—	15,5	161,5		—	—	18,6	264,1
» 7 tägiger »		—	—	18,7	163,3		—	—	17,8	239,5

Zu vorstehenden Versuchsreihen sei bemerkt, dass sämtliche Mörtelproben mit Kalkzusatz, welche nach 24stündiger 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 & Cie.*, der *Stadtverwaltung* Zürich und der 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 & Cie.* grössere Objekte in Stampfbeton, Bruchstein- und Ziegelmauerwerk in Weisskalk, hydraul. Kalk, Schlacken- und Portland-Cement, 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 drei 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 etwa 10 bis 12 stündi-

¹⁾ Schwefel-Calciumgehalt (CaS) bei Nr. V: 0,29%; bei Nr. VI: 1,88%.

²⁾ Proben zeigen ziemlich bedeutende Oberfläche-Frostschäden.

ger Dauer der jedesmaligen Frostwirkung in 24 Stunden zweimal dem Wechsel von Gefrieren und Auftauen in Wasser unterworfen. Nach 7- und 28 tägiger Erhärtungsfrist wurden die Kohäsionsverhältnisse der Mörtel festgestellt, die Probekörper der dritten Altersklasse wurden dagegen nach etwa 20 maligem Wechsel der Frosteinwirkung bis zur einjährigen Erhärtungsfrist unter Wasser aufbewahrt.

Während der Erstellung der Beobachtungsobjekte wurde ferner mit jeder Sorte des verwendeten Mörtels gleichzeitig eine Reihe würfelförmiger Probekörper erzeugt, ausgeschalt und ähnlich den Hauptobjekten an Ort und

Stelle den Einflüssen der Witterungsverhältnisse ausgesetzt.

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

am 7. Januar:
8 Uhr: $-10,0^{\circ}$ C.; 12 Uhr: $-7,5^{\circ}$ C.; 6 Uhr: $-9,0^{\circ}$ C.;
am 8. Januar:
8 Uhr: $-9,5^{\circ}$ C.; 12 Uhr: $-7,5^{\circ}$ C.; 6 Uhr: $-8,0^{\circ}$ C.;
am 9. Januar:
8 Uhr: $-11,5^{\circ}$ C.; 12 Uhr: $-9,0^{\circ}$ C.; 6 Uhr: $-10,5^{\circ}$ C.

Physikalische Eigenschaften des Versuchsmaterials.

Bezeichnung des Materials	Zustand der Probekörper	Spezif. Gewicht γ	Glüh- Verlust %	Binde- Zeit h. m.	Rückstand in % am 900- Sieb 4900- Sieb		Festigkeit des Normenmörtels, <i>kg</i> pro <i>cm</i> ²					
							nach 7 Tagen		nach 28 Tagen		nach 1 Jahr	
							Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
Portland-C., Vigier	ungefroren	3,04	2,87	22 —	1,9	14,6	18,4	236,6	26,1	296,1	38,2	410,0
	gefroren						16,1	131,9	32,2	234,4	49,3	365,8
Schlacken-C., Choindez	ungefroren	2,62	9,90	8 —	0,0	10,0	19,7	167,0	25,1	201,4	32,0	301,4
	gefroren						0,0	30,2	3,3	73,0	18,8	196,9
Hydr. Kalk, Sevestre & Cie.	ungefroren	—	—	24 —	27,0	—	2,4	14,0	7,8	35,3	17,9	85,8
	gefroren						0,0	4,0	6,5	27,8	13,8	62,8

(Schluss folgt.)

Simplon-Tunnel.

IV. (Schluss.)

Der Expertenbericht.

Zur Prüfung und Begutachtung des in den drei vorhergehenden Nummern beschriebenen neuesten Simplon-Projektes hat der schweizerische Bundesrat am 27. April d. J. eine Expertise angeordnet und als Experten ernannt: die HH. Commendatore *Giuseppe Colombo*, Ingenieur und Professor in Mailand, *Francis Fox*, Ingenieur in London (Erbauer des Mersey-Tunnels) und *Karl Johann Wagner*, Inspektor der k. k. Staatsbahnen in Wien (früher Sektionsingenieur der Osthälfte des Arlberg-Tunnels).

Den Experten wurden zwölf Fragen zur Beantwortung vorgelegt, von denen sich die fünf ersten auf den Bau, weitere drei auf die Ventilation, drei auf den Betrieb und die letzte auf Verschiedenes bezogen.

Auf Grundlage des zur Verfügung gestellten reichhaltigen Plan- und Aktenmaterials, einer am 4. Juni in den Werkstätten der HH. Gebrüder Sulzer in Winterthur vorgenommenen Besichtigung der Brandt'schen Bohrmaschine und Luftkühlungsapparate, einer Bereisung des Simplon, die am 7. und 8. Juni erfolgte, und der erhaltenen mündlichen Auskunft von Seite der Gesellschaft, der Unternehmer und des technischen Inspektorates, haben die Experten am 19. Juli d. J. dem schweiz. Post- und Eisenbahn-Departement ein ausführliches Gutachten eingereicht, aus welchem wir die hauptsächlichsten Gesichtspunkte in nachfolgenden gedrängten Auszug zusammenfassen wollen. Die Fragestellung und Beantwortung war im allgemeinen folgende:

I. Bau. Frage 1. Genügen die im Programm der Bauunternehmung vorgesehenen Einrichtungen und die verfügbaren Wasserkräfte?

Diese Frage wird bejaht und es wird weiter ausgeführt, dass die Kraftbeschaffung für den Bau und Betrieb des Simplon-Tunnels, infolge der tiefen Lage der Portale desselben, aus welcher grosse nutzbare Gefälle resultieren, und aus den vielen Flüssen und Bächen, von welchen einige bedeutende Wassermengen führen, eine leichte sei. Sollte durch ausserordentliche Ereignisse eine weitere Kraftbeschaffung notwendig werden, so können hiezu die schon ausgenützten Wassermengen durch erneute Fassung wieder verwendet werden. Ueberdies stehen an der Nordseite noch die Wasserkräfte der Massa (2100 P. S.), der Saltine (250 P. S.) und der Ganther (800 P. S.) und an der Südseite noch die-

jenigen der Cherasca (1200 P. S.), wovon nur ein Teil (300 P. S.) benützt wird, zur Verfügung. Ausserdem stehen für besondere Vorfälle auch die Dampfmaschinen zur Disposition (180 P. S. für die Nord- und 225 P. S. für die Südseite.)

Hinsichtlich der Installationen bezeichnen die Experten es als wünschenswert, dass der tägliche Fortschritt während der zweiten Periode grösser sei, als der im Arbeitsprogramm angegebene, um die letzten Stollenarbeiten nicht allzu sehr forcieren zu müssen. Im fernern wird noch bemerkt:

„Nach dem Lokalausgusschein an den beiden Portalen dürfte die Gewinnung von geeignetem Bausand mit Schwierigkeiten verbunden sein; es ist daher in Erwägung zu ziehen, ob nicht von vorneherein, durch die Anlage von Gesteinsbrechmaschinen, aus gutem Gneiss Sand zu erzeugen wäre.

In den Erläuterungen wurden die sanitären Einrichtungen besonders hervorgehoben; es erscheint jedoch zur vollkommenen Klarlegung der Verhältnisse notwendig, noch hinzuzufügen, dass jeder Arbeiter bei der Aufnahme einer gründlichen ärztlichen Untersuchung unterzogen werde, und solche Elemente, deren Organismus den im Tunnelbau gewöhnlich bestehenden, mehr oder weniger ungünstigen Verhältnissen nicht dauernd Widerstand leisten könnte, nicht in Arbeit genommen werden.

Weiter erscheint es nach dem Aufschlusse der tiefer gelegenen Tunnelpartien als notwendig, dass die ganze Mannschaft in gewissen Zeiträumen einer ärztlichen Revision unterzogen werde, um einen Arbeiter, der in seiner Erwerbsucht den Keim eines Leidens nicht respektiert, einer solchen Verwendung zuzuführen, wo er wieder seine volle Gesundheit erlangen kann, zum mindesten aber einem Weitergreifen der Krankheit Einhalt geboten wird.

Auch sind die Arbeitshäuser und Privatquartiere insoweit einer Revision zu unterziehen, dass bei dem mehrfachen Schichtwechsel in 24 Stunden ein und dieselbe Schlafstelle nicht von mehr als einem Arbeiter benutzt werde.

Besonders wichtig erscheint, dass, sobald die tiefer gelegenen Arbeitsstellen aufgeschlossen sind, die von den Arbeitern in den Tunnel mitgenommenen Erfrischungen (Speise und Trank) einer Kontrolle unterworfen werden, welche sich nicht allein auf die Qualität, in Bezug auf die Geniessbarkeit, sondern hauptsächlich darauf richten soll, dass durch Versuche erprobte, für den gegebenen Fall besonders geeignete, den Organismus stählende Lebensmittel konsumiert werden.“