

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 27/28 (1896)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Ueber die bisherigen Ergebnisse der Untersuchungen der Einwirkung des Meerwassers auf die hydraulischen Bindemittel  
**Autor:** Dykerhoff, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-82317>

### **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:** 15.01.2026

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

INHALT: Ueber die bisherigen Ergebnisse der Untersuchungen der Einwirkung des Meerwassers auf die hydraulischen Bindemittel. — Das Schleusen-Wehr im Nidau-Kanale. III. (Schluss.) — Zur Entstehung des Entwurfes für die neue Tonhalle in Zürich. — Konkurrenzen: Turm-

bau zur Kirche in St. Moritz. Schulhausbau in Burgdorf. — Vereinsnachrichten: Basler Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Stellenvermittlung.

Hiezu eine Tafel: Schleusenwehr mit Schwimmthor im Nidau-Kanal.

## Ueber die bisherigen Ergebnisse der Untersuchungen der Einwirkung des Meerwassers auf die hydraulischen Bindemittel.

Von Herrn R. Dykerhoff aus Amöneburg.\*)

Der Aufforderung des Vorsitzenden der ständigen Kommission, Herrn Professor von Tetmajer, über die Untersuchungen zu berichten, welche an verschiedenen Versuchsstellen bezüglich der Einwirkung des Meerwassers auf hydraulische Bindemittel angestellt worden sind, komme ich gerne nach und erlaube mir, der Versammlung mitzuteilen, was mir darüber bekannt geworden ist.

Die ältesten mir bekannten Versuche sind Anfang der 80er Jahre am Hafenbau von Triest von dem damaligen Leiter desselben, Herrn Hafenbaudirektor Friedrich Bömches, Mitglied unserer Konferenz, ausgeführt worden. Dieselben sind veröffentlicht in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1884, Heft III (Separat-Abdruck unter dem Titel: „Die Erprobung der inländischen hydraulischen Bindemittel bezüglich ihres Verhaltens im Seewasser“, Wien 1884, Spielhagen und Schurich). Die Versuche wurden dadurch veranlasst, dass man inländische Cementkalke und Portland-Cemente mit Kalk von Teil und mit Santorinerde beim Erhärten im Seewasser vergleichen wollte. Es wurde von neun Cementkalken, sechs Portland-Cementen und einer Probe Kalk von Teil die Zugfestigkeit des Mörtels 1 : 3 mit Normalprobekörpern beim Erhärten im Meere bis zu einjähriger Erhärtung bestimmt. Die Santorinerde wurde im Verhältnis 3 Santorinerde : 1 Kalk ohne Sandzusatz geprüft. Alle Mörtel wurden mit Seewasser angemacht. Weil es sich nur um einen Vergleich der genannten Bindemittel beim Erhärten im Seewasser handelte, wurden vergleichende Proben im Süsswasser nicht ausgeführt. Ferner wurde von jeder Mörtelgattung je 1 Probekörper von 15 cm Seitenlänge angefertigt zur Beobachtung des Verhaltens der Mörtel im Seewasser auf längere Dauer.

Das Ergebnis der Versuche ist in der Hauptsache folgendes: Die Festigkeit der Mörtel nimmt im Seewasser mit der Zeitdauer fortwährend zu. Eine Ausnahme machen nur einzelne Cementkalke und Santorinerde, welche nach sechs Monaten ihre höchste Zugfestigkeit erreichen und bis Jahresfrist einen geringen Bruchteil derselben einbüßen. Beinahe alle Cementkalke und Portland-Cemente übertreffen den Kalk von Teil an Festigkeit. Dasselbe gilt von der Santorinerde, welche nur von einem Portland-Cement erreicht wird. Hiezu ist jedoch zu bemerken, dass die geprüften Portland-Cemente nach zwölf Monaten nur 15–20 kg Zugfestigkeit hatten.

Die grösseren Probekörper ergaben nach 20monatlicher Beobachtungsdauer im Meere, dass der Würfel aus Santorinerde und Kalk leicht ritzbar und an den Kanten leicht schneidbar war, während die Cementkalke, der Kalk von Teil und namentlich die Portland-Cemente gegen Ritzen und Schneiden sich weit widerstandsfähiger erwiesen. In der betr. Zusammenstellung ist bemerkt, dass der Mörtel aus Santorinerde wahrscheinlich deshalb weniger widerstandsfähig war, weil derselbe keinen Sand enthielt und die Santorinerde gesiebt war. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei Sandzusatz die Festigkeit des Santorinerdemörtels in Seewasser wohl geringer gewesen wäre. Es ist mir indes nicht bekannt, ob die Santorinerde im Ver-

hältnis von 3 : 1 Kalk, also ohne Sandzusatz, bei den Bauten am mittelländischen Meer verwendet worden ist.

Weiter habe ich mich auf Veranlassung von Herrn Professor von Tetmajer an Herrn Professor Debray, directeur et chef de laboratoire de l'école des ponts et chaussées, in Paris gewandt mit der Anfrage, ob er mir ausser den in den „Documents“ des französischen Ministeriums der öffentlichen Arbeiten enthaltenen Versuchen weiteres Material in Bezug auf die Seewasserfrage mitteilen könne. Da, wie mir Herr Professor Debray schreibt, er den Veröffentlichungen nichts Neues hinzuzufügen hat, so gestatte ich mir, von den Versuchen des Laboratoriums der Ecole des ponts et chaussées und aus den letzten Veröffentlichungen des französischen Ministeriums der öffentlichen Arbeiten betr. die vorliegende Frage das Wesentlichste mitzuteilen.

Zum Studium der Einwirkung des Meerwassers auf verschiedene hydraulische Mörtel hat Herr Professor Debray ein Filtrationsverfahren angewendet, welches in der Hauptsache darin besteht, dass er verdünnte Salzlösungen in Glasröhren bis zu einem Meter Höhe auf Würfel oder Cylinder der betreffenden Mörtel einwirken lässt und dabei die Angreifbarkeit der Mörtel während längerer Zeit beobachtet. Herr Professor Debray hat dies Filtrationsverfahren auf der III. internationalen Konferenz in Berlin 1890 beschrieben und sind die Einzelheiten und Abbildungen aus dem Protokoll dieser Konferenz zu ersehen.

Herr Professor Debray hat nun dieses Filtrationsverfahren benutzt, um den Einfluss einer Lösung von schwefelsaurer Magnesia, dem wirksamsten Bestandteil des Meerwassers, und zwar 6 gr. kryst. Salz auf 1 l Wasser, auf verschiedene Mörtel zu beobachten und daraus einen Schluss auf die Wirkung des Meerwassers zu ziehen.

Ueber diese Versuche, die in den „Documents“ vom 17. Juli 1890 enthalten sind, und welche einzusehen ich bei meinem Besuch in Paris im Jahre 1889 Gelegenheit hatte, will ich in möglichster Kürze berichten.

Es wurden hydraulischer Kalk, Cemente vom Charakter des Vassy-Cements, Portland-Cemente und Schlackencemente geprüft. Den Bindemitteln wurde vom 2-fachen bis zum 6,5-fachen ihres Gewichts Normalsand zugesetzt. Die meisten Mörtel waren deshalb wasserdurchlässig. Die Versuche zeigen, dass die Mörtel um so stärker angegriffen werden, je höher der Sandgehalt ist. Der Beginn der Zerstörung schwankt bei den einzelnen Bindemitteln und liegt die Grenze ungefähr bei der Mischung 1 Bindemittel : 3 Normalsand. Nur bei den „Vassy“-Cementen war auch bei der magersten Mischung (1 Cement : 6,5 Sand) keine Zerstörung sichtbar. Es scheint, nach den vorliegenden Analysen, dass die durchlässigen Mörtel der durch Brennen erzeugten hydraulischen Kalke und Cemente der Lösung von schwefelsaurer Magnesia um so besser widerstehen, je geringer der Kalkgehalt gegenüber dem Gehalt an Kieselsäure und Thonerde ist. Die „Vassy“-Cemente z. B., welche auch in magerster Mischung der Salzlösung widerstehen, wozu wohl auch die stärkere Raumerfüllung dieser Bindemittel im Mörtel beitragen mag, haben den geringsten Kalkgehalt. Ein hydraulischer Kalk, der ebenso voluminös ist, wurde dagegen in magerer Mischung zerstört und weist dieser einen weit höheren Kalkgehalt gegenüber Kieselsäure + Thonerde auf, als die „Vassy“-Cemente. Ich bemerke dazu, dass fraglicher hydraulischer Kalk am mittelländischen Meer einen guten Ruf als Material für Seebauten hat.

Bei den fetten Mörteln, wie sie zu Seebauten anzuwenden sind, können die Filtrationsversuche keine wahrnehmbaren Unterschiede bei den verschiedenen Bindemitteln zeigen, weil die Salzlösungen nicht in die Mörtel eindringen können. Die Filtrationsversuche sind also mehr von theoretischem Interesse.

\*) Vortrag, gehalten am 11. September 1895 in der Aula des eidg. Polytechnikums, bei Anlass des Kongresses zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Konstruktionsmaterialien.

Die Kommission, welche der Minister der öffentlichen Arbeiten in Frankreich für die Prüfungsmethoden der Konstruktionsmaterialien ernannt hat, hat jedoch die Filtrationsversuche in das Programm für die Seewasserversuche aufgenommen. In den „Documents généraux, tome I, 1894“ ist dies Programm veröffentlicht und teile ich Ihnen dessen Wortlaut nachfolgend mit.

„A. a) Die Versuche sollen durch Eintauchen und durch Filtration gemacht werden.

b) Zum Eintauchen sollen normale 8-förmige Probekörper angewendet werden, welche 24 Stunden nach ihrer Vollendung in einen Behälter mit Meerwasser gelegt werden. Das Wasser muss während der ersten Woche alle zwei Tage und dann alle Wochen erneuert werden. Während der ersten Woche soll das Volumen des Wassers mindestens viermal so gross als das Volumen der Probekörper sein.

c) Zur Filtration soll man Proben in Form von Würfeln nehmen, ähnlich denjenigen, welche für die Versuche auf Durchlässigkeit bestimmt sind. Der Wasserdruck soll 0,1 m, 1 m oder 10 m sein, je nach der Porosität der Proben, welche zu den Versuchen verwendet werden. Es sollen zwei Reihen von Probekörpern gemacht werden; diejenigen der ersten Reihe sollen der Luft ausgesetzt und diejenigen der zweiten Reihe sollen ganz in Meerwasser eingetaucht werden.

d) In Ermangelung von natürlichem Meerwasser wird man sich künstlichen Meerwassers von folgender Zusammensetzung bedienen:

Chlornatrium (Na Cl) . . . . .	30 g
Schwefelsäure Magnesia (MgO So <sub>3</sub> + 7 HO) . . . . .	5
Chlormagnesium (Mg Cl + 6 HO) . . . . .	6
Schwefelsaurer Kalk (CaO . So <sub>3</sub> + 2 HO) . . . . .	1,5
Doppelt kohlensaures Kali (Ko . Ho . 2 Co <sub>2</sub> ) . . . . .	0,2
Destilliertes Wasser, Regen- oder gekochtes	
Flusswasser . . . . .	1000

e) Reihen der normalen 8-förmigen Probekörper und der Würfel sollen in Süsswasser als Gegenproben aufbewahrt werden.

f) Die Versuchsergebnisse in See- und Süsswasser sollen in folgenden Punkten verglichen werden:

1. Veränderung des Aussehens der Proben.
2. Zug- und Druckfestigkeit der eingetauchten Probekörper und Druckfestigkeit der Würfel, welche der Filtration unterworfen waren.
3. Chemische Zusammensetzung.

Die Versuche sollen den Umständen entsprechend an einem oder mehreren Terminen gemacht werden, welche für die Festigkeitsprüfungen festgesetzt sind, (28 Tage, drei Monate, sechs Monate, ein Jahr . . .).

B. a) Der Normalversuch bezüglich des Angriffs durch Meerwasser soll mit normalem, plastischem Mörtel gemacht werden; die Filtrationsversuche sollen an Proben ausgeführt werden, welche 28 Tage alt sind, und unter Meerwasser aufbewahrt wurden.

b) Für die Versuche, welche mit Mörtel von verschiedenem Alter und von verschiedener Zusammensetzung gemacht werden, empfiehlt es sich, vorzugsweise Mörtel von 1 : 2 und 1 : 5 im Alter von sieben, 28 Tagen, drei Monaten etc. zu verwenden.

c) In allen Fällen soll die Mischung, das Alter und die Art der Aufbewahrung des Mörtels angegeben werden, welcher den Versuchen unterworfen wird.“

Resultate von Versuchen, welche nach diesem Programm ausgeführt worden sind, sind mir, wie ich schon oben angedeutet habe, nicht bekannt.

Ich selbst habe, um die Einwirkung des Meerwassers auf hydraulische Mörtel kennen zu lernen, ebenfalls Versuche mit einigen Bindemitteln ausgeführt. Da sich mit Portland-Cement die verschiedensten Mörtelmischungen herstellen lassen, so kann man den Einfluss des Seewassers an diesem Material am besten beobachten. Ich habe deshalb die meisten Versuche mit Portland-Cement gemacht.

Die Hauptursache der Angreifbarkeit der Mörtel durch

das Seewasser beruht darauf, dass Schwefelsäure aus den schwefelsauren Salzen des Seewassers vom Mörtel aufgenommen wird. Welche Verbindungen hierbei entstehen, darauf will ich nicht weiter eingehen. — Je mehr Schwefelsäure von einem Mörtel aus dem Seewasser aufgenommen wird, desto stärker wird der Mörtel angegriffen, die Abnahme des Schwefelsäuregehalts des Seewassers ist also ein Mass für die Stärke des Angriffs bei verschiedenen Mörteln. Um nun die Stärke der chemischen Wirkung des Seewassers auf fetten und mageren Cementmörtel nach verschiedenen Erhärtungszeiten kennen zu lernen, wurden Prismen von 10 cm Länge und 5 cm<sup>2</sup> Querschnitt aus Mörtel von 1 Teil Portland-Cement : 1 Teil Sand und 1 Teil Portland-Cement : 6 Teilen Sand angefertigt und in verschlossenen Gläsern in gleiche, genau abgemessene Mengen Seewasser gelegt. In gewissen Zeitabschnitten (drei Tagen, einer Woche, zwei Wochen etc.) wurde unter jedesmaliger Erneuerung des Wassers der Schwefelsäuregehalt des Seewassers bestimmt und auf diese Weise ermittelt, wieviel Schwefelsäure die beiden Mörtelprismen aufgenommen hatten. Das Ergebnis war, dass in den ersten Tagen bei beiden Mörteln die Schwefelsäureaufnahme am grössten war und sich mit der Zeit immer mehr verringerte, jedenfalls infolge der zunehmenden Verkittung und Schliessung der Poren, und dass der Mörtel 1 : 6 nach 12 Wochen mehr Schwefelsäure aufgenommen hatte, als der Mörtel 1 : 1, obwohl der Letztere weit mehr Cement enthält. Auf den Mörtel 1 : 6 wirkt das Meerwasser also viel stärker ein; trotzdem ist das Prisma noch heute — nach drei Jahren — fest und scharfkantig. Die betreffenden Zahlenergebnisse sind veröffentlicht im Protokoll des Vereins deutscher Portland-Cementfabrikanten 1893 Seite 21.

Für die Praxis ist nun die Festigkeitsprüfung der Mörtel bei längerer Erhärtung im Seewasser entscheidend für deren Verwendbarkeit bei Seebauten. Ich habe deshalb auch verschiedene Reihen von Festigkeitsproben ausgeführt und teile Ihnen die für Portland-Cement erhaltenen Resultate mit.

Es wurden fette und ein magerer Mörtel, letzterer auch, um denselben wasserdicht zu machen, mit Kalkzusatz geprüft.

Der Sand war Rheinsand, welcher durch ein Sieb von 60 Maschen pro cm<sup>2</sup> gesiebt war und aus welchem die feinsten Teile durch ein Sieb von 900 Maschen entfernt waren.

Als Seewasser wurde Nordseewasser von Amsterdam bezogen. Es wurden nur Zugproben ausgeführt; von Druckversuchen im Seewasser musste der hohen Kosten wegen leider abgesehen werden. Doch ist die Druckfestigkeit nach 28-tägiger Erhärtung im Süsswasser bestimmt worden, da diese Bestimmung immerhin einen Schluss auf die mechanische Widerstandsfähigkeit verschiedener Mörtel gestattet. Die Proben wurden alle in normaler Konsistenz eingeschlagen und nach 24 Stunden ins Seewasser gelegt. Das Volumen des Seewassers betrug immer das 8-fache des Volumens der eingelegten Proben. Entsprechend der an den vorhin genannten Prismen gemachten Beobachtung wurde das Seewasser anfangs öfter und später seltener erneuert und zwar nach drei Tagen, sechs Tagen, zwei Wochen, vier Wochen und dann jeden Monat einmal. Im Süsswasser wurden Gegenproben angefertigt. Die Resultate gehen bis zu 2-jähriger Erhärtungsdauer und sind in der Tabelle I auf Seite 36 zusammengestellt.

Aus der nachfolgenden Tabelle I ziehe ich folgende Schlüsse: Sämtliche Mörtel ergeben im Seewasser eine geringere Festigkeit als im Süsswasser und zwar ist die Abnahme der Festigkeit im Seewasser umso grösser, je magerer der Mörtel ist. Die Festigkeit schreitet jedoch auch im Seewasser bis zu zwei Jahren regelrecht voran. Nur der Mörtel 1 Cement : 4 Sand + 1/2 Kalkhydrat zeigt nach zwei Jahren einen geringen Rückgang der Festigkeit; dabei sind die Probekörper stark angegriffen und war der Beginn des Angriffs schon nach sechs Monaten sichtbar. Der Mörtel 1 Cement : 4 Sand + 1/4 Kalkhydrat hat zwar durchweg im Seewasser bessere Festigkeit als der Mörtel

Tabelle I.

Mörtelmischung	Wasser-Zusatz	Erhärtet in	Zugfestigkeit <i>kg pro cm<sup>2</sup></i>					Druckfestigkeit nach 4 Wochen
			1 Woche	4 Wochen	nach 26 Wochen	1 Jahr	2 Jahren	
1 Portland-Cement : 1 Sand . . . .	12,5 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>	Süsswasser	22,6	28,6	35,8	38,4	45,8	347,5
1 Portland-Cement : 1 Sand . . . .	12,5 »	Seewasser	20,8	26,8	33,4	34,4	42,4	—
1 Portland-Cement : 2 Sand . . . .	11,5 »	Süsswasser	19,7	25,6	31,4	33,6	37,2	267,5
1 Portland-Cement : 2 Sand . . . .	11,5 »	Seewasser	17,6	23,6	28,2	30,4	32,8	—
1 Portland-Cement : 4 Sand . . . .	11 »	Süsswasser	13,6	17,9	23,1	26,6	25,6	170,0
1 Portland-Cement : 4 Sand . . . .	11 »	Seewasser	12,6	16,6	17,9	20,9	20,6	—
1 : 4 + <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Kalkhydrat . . . . .	11 [»]	Süsswasser	17,0	19,9	25,5	27,6	30,2	180,0
1 : 4 + <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Kalkhydrat . . . . .	11 »	Seewasser	16,9	17,6	22,2	20,5	26,5*)	—
1 : 4 + <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Kalkhydrat . . . . .	11,5 »	Süsswasser	12,9	18,6	23,6	26,4	26,6	150,0
1 : 4 + <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Kalkhydrat . . . . .	11,5 »	Seewasser	11,8	12,6	18,0*)	20,5**)	19,6**)	—

\*) An den Kanten angegriffen. \*\*) Stärker angegriffen.

Tabelle II.

Süss- und Meerwasser-Versuche in Holtenau bei Kiel.

Mörtelmischung	Zugfestigkeit kg pro cm <sup>2</sup>					Druckfestigkeit kg pro cm <sup>2</sup>			Erhärtungsart	Aeusserere Beschaffenheit	Bemerkungen	
	nach					nach						
	I Woche	4 Wochen	13 Wochen	1 Jahr	2 Jahren	4 Wochen	1 Jahr	2 Jahren				
Portland-Cement.												
Mischung 1 : 3 mit Normalsand . . . .	—	19,7	23,5	—	—	—	—	—	Unter Süsswasser	Tadellos	Der verwendete Sand war Fluss- sand, zwischen 60 und 900 Ma- schen pro cm <sup>2</sup> liegend.	
1 Portland-Cement : 1 Sand . . . . .	38,3	40,3	48,6	50,9	57,6	296,9	445,2	483,9		»		Sand war Fluss-
1 » » : 2 » . . . . .	26,8	26,9	32,5	40,2	37,6	256,0	352,1	372,1		»		sand, zwischen
1 : 3 + 1/4 Kalkhydrat . . . . .	21,3	24,8	28,5	34,9	42,1	199,4	250,7	294,2		»		60 und 900 Ma-
1 : 4 + 1/2 » . . . . .	17,5	19,4	23,5	27,3	29,0	155,1	185,6	203,4		»		schen pro cm <sup>2</sup>
1 Portland-Cement : 1 Sand . . . . .	42,2	41,3	39,7	37,0	48,5	241,6	305,7	384,3	Unter Ostseewasser	Tadellos	liegend.	
1 » » : 2 » . . . . .	25,1	27,2	23,3	27,0	36,3	247,7	303,0	322,8		»		
1 : 3 + 1/4 Kalkhydrat . . . . .	21,7	21,7	21,9	24,5	30,5	164,4	238,4	268,7		Ecken abge- brochen Zerstörung durch Seewasser		
1 : 4 + 1/2 » . . . . .	16,1	16,3	16,4	21,7	24,5	148,6	164,4	164,4				
Roman-Cement.												
Mischung 1 : 3 mit Normalsand . . . .	—	7,0	12,0	—	—	—	—	—	Unter Süsswasser	Tadellos		
1 Roman-Cement : 1 Sand . . . . .	4,1	10,0	16,9	22,1	27,4	50,4	112,2	115,7		»		
1 » » : 2 » . . . . .	4,2	8,2	13,8	17,4	22,8	30,9	78,3	90,3		»		
1 Roman-Cement : 1 Sand . . . . .	4,6	3,8	9,4	18,9	20,4	24,3	87,5	82,8	Unter Ostseewasser	Tadellos		
1 » » : 2 » . . . . .	3,7	3,6	7,7	15,5	17,5	14,3	72,4	77,0		»		
Puzzolan-Cement.												
Mischung 1 : 3 mit Normalsand . . . .	—	22,2	25,4	—	—	—	—	—	Unter Süsswasser	Tadellos		
1 Puzzolan-Cement : 1 Sand . . . . .	25,2	33,3	35,7	37,5	—	194,3	290,1	—		»		
1 » » : 2 Sand . . . . .	19,8	27,1	29,9	38,3	—	165,0	252,3	—		»		
1 : 3 + 1/4 Kalkhydrat . . . . .	16,3	21,8	28,8	32,5	—	113,8	202,0	—	Unter Ostseewasser	Tadellos		
1 : 4 + 1/2 » . . . . .	11,5	16,7	22,5	25,1	—	82,1	108,8	—		»		
1 Puzzolan-Cement : 1 Sand . . . . .	22,0	33,8	36,7	35,1	—	176,6	270,0	—		»		
1 » » : 2 » . . . . .	19,9	34,4	37,4	36,7	—	156,3	249,4	—	Unter Ostseewasser	»		
1 : 3 + 1/4 Kalkhydrat . . . . .	12,5	16,6	19,4	18,0	—	97,4	157,2	—		»		
1 : 4 + 1/2 » . . . . .	10,9	11,6	16,2	17,6	—	63,2	97,8	—		»		
Trass.												
1 Vol. Trass : 1 Vol. Kalkhydrat : 1 Vol. Sand	7,5	17,0	19,4	24,3	Proben durch Eisgang gänzlich verunglückt	62,9	118,6	157,6	Unter Süsswasser	Tadellos		
1 » » : 1 1/2 » » : 2 » »	4,7	13,9	18,3	18,1		63,0	106,6	107,8		»		
1 » » : 2 » » : 3 » »	4,5	11,6	16,9	20,5		46,1	96,0	102,6		»		
1 Vol. Trass : 1 Vol. Kalkhydrat : 1 Vol. Sand	7,5	16,3	17,9	16,3		62,8	76,8	89,6	Unter Ostseewasser	Tadellos		
1 » » : 1 1/2 » » : 2 » »	4,7	12,3	13,9	16,4		60,0	93,2	86,9		»		
1 » » : 2 » » : 3 » »	5,6	10,8	11,6	15,6		43,6	71,2	65,8		»		
Wasserkalk.												
1 Vol. Wasserkalk : 1 Vol. Sand . . . .	1,5	3,5	10,7	21,4	20,9	13,0	85,9	91,3	Unter Süsswasser	Tadellos		
1 » » : 2 » » . . . . .	—	—	4,7	11,9	13,2	11,2	54,6	51,8		»		
1 Vol. Wasserkalk : 1 Vol. Sand . . . .	—	—	3,0	4,5	4,5	6,1	*	45,8		Zum Teil sehr gelitten und ganz zerstört		* Proben durch Eisgang gänzlich verunglückt.
1 » » : 2 » » . . . . .	—	—	3,0	*	6,9	5,3	*	*	Ostseewasser			

1 Cement : 4 Sand, ist aber nach zwei Jahren an den Kanten der Proben etwas mürbe. Ich hatte früher angenommen, dass die mageren Portland-Cementmörtel bei richtig gewähltem Kalkzusatz wegen ihrer grösseren Dichte der Einwirkung des Seewassers besser widerstehen würden,

als die betreffenden Mörtel ohne Kalkzusatz. Dies ist jedoch bei langem Lagern im Seewasser, wie die Versuche dies ergeben, nicht der Fall; das Seewasser wirkt mit der Zeit doch auf den zugesetzten Kalk ein.

Auch in Holland sind von den Herren Koning & Bienfait



in Amsterdam einige Versuche im Meere ausgeführt worden. Diese Versuche sind veröffentlicht in der „Tytschrift van het Kongl. Instituut“ vom 22. Januar 1894.

Geprüft wurden die Mörtel:

1 Gewt. Portland-Cement: 3 Gewt. Sand

1 „ „ „ : 3 „ „ + 0,5 Gewt. hydr. Kalk

1 „ „ „ : 4 „ „ + 0,5 „ „ „

1 Gewt. Trass : 0,6 Gewt. hydraul. Kalk : 1,4 Gewt. Sand  
(1 Vol. Trass : 1 Vol. Kalk : 1 Vol. Sand).

Der benutzte Sand war Lecksand zwischen 64 und 900 Maschen pro  $cm^2$  liegend.

Die Probekörper für Zug- und Druckfestigkeit erhärteten einerseits im Süsswasser und andererseits in durchlöcherten Kisten im Nordseekanal bei Amsterdam bis zu sechsmonatlicher Dauer.

Aus den erhaltenen Zahlen wird der Schluss gezogen, dass die Festigkeit der Proben im Seewasser durchgehends geringer ist, als die der Süsswasserproben und dass der Kalkzusatz bei den Cementkalkmörteln bei Erhärtung im Seewasser ziemlich erheblich auf Verminderung der Zug- und Druckfestigkeit wirkt. In ähnlicher Weise macht sich der Einfluss des Seewassers bei dem Trassmörtel bemerkbar.

In Deutschland wurden, ebenfalls von der Erwägung ausgehend, dass Festigkeitsversuche mit Mörteln, welche im Meere selbst erhärten, den besten Vergleich bieten für den Wert verschiedener Bindemittel zu Seebauten, an zwei Stellen Versuche ausgeführt, einerseits auf meine Anregung an der Ostsee in Holtenau bei Kiel von Herrn Wasserbauinspektor Sympher und ferner in der Nordsee auf der Insel Sylt.

In Holtenau sind die Versuche schon länger begonnen und sind mir vor Kurzem die 2-jährigen Resultate zugegangen. Geprüft wurden verschiedene Mörtelmischungen aus Portland-Cement, Roman-Cement, Puzzolan-Cement, Trass und hydraul. Kalk auf Zug- und Druckfestigkeit im Süss- und Ostseewasser. Die Resultate sind in der Tabelle II auf Seite 36 zusammengestellt.

Die Versuche sind zwar nicht ganz einwandfrei. So z. B. haben die Mörtel, abgesehen davon, dass sie mit sehr geringem Wasserzusatz eingeschlagen worden sind, weshalb die erhaltenen Resultate nicht mit andern Versuchsstellen vergleichbar sind, nicht immer gleiche Konsistenz gehabt. Dieses und andere Operationsfehler sind Vorkommnisse, welche bei geringerer Uebung im Prüfungsverfahren leicht eintreten können.

Immerhin geben die Versuche ein ungefähres Bild davon, wie die verschiedenen Bindemittel im Seewasser sich verhalten.

Alle Proben haben sich nach zwei Jahren — die Puzzolancementmörtel waren erst ein Jahr alt — nach Entnahme aus dem Ostseewasser als gut erhalten erwiesen, nur der Mörtel aus 1 Portland-Cement :  $\frac{1}{2}$  Kalk : 4 Sand war vom Seewasser angegriffen. Hieraus ergibt sich, wie notwendig es ist, die Versuche im Seewasser auf mehrere Jahre auszudehnen, da bei obigem Cementkalkmörtel eine Beschädigung durch das Seewasser erst nach langer Zeit sichtbar wurde.

Die Festigkeit beträgt nach obigen Versuchen bei der Erhärtung im Ostseewasser gegenüber der Erhärtung im Süsswasser im Durchschnitt bei Portland-Cement 86%, bei Roman-Cement 77%, bei Puzzolan-Cement 95%, bei Trass 76%, bei Wasserkalk 50%. Auffallend ist, dass bei vorliegenden Versuchen der Puzzolan-Cement mit 1 und 2 Teilen Sand im Seewasser kaum an Festigkeit verliert. Es kommt dies wohl daher, dass die Mörtel von dichter Konsistenz waren, als z. B. die entsprechenden Mörtel aus Portland-Cement und eigentlich etwa 4—5% Wasser mehr erfordert hätten. Die Einbusse an Festigkeit wäre dann eine grössere gewesen, wie dies auch an einer anderen Versuchsstelle am Meere gefunden worden ist.

Die erhaltenen Druckfestigkeitszahlen beweisen ferner, wie nötig es ist, die Druckfestigkeit zu bestimmen, da die Druckfestigkeit sich nicht aus der Zugfestigkeit entnehmen lässt.

Ferner ist von Herrn Sympher eine Versuchsreihe

mit Portland-Cement von 1—12 Teilen Sand und einigen Cementkalkmörteln bis zu 6 Teilen Sand im Gange. Es liegen bis jetzt erst die Resultate bis zu einjähriger Erhärtung im Ostseewasser und Süsswasser vor. Ich will jedoch nicht weiter auf diese Zahlen eingehen und erwähne nur noch, dass bis jetzt eine Beschädigung der Probekörper durch Seewasser bei keinem Mörtel beobachtet worden ist.

Die Versuche auf Sylt sind durch den Verein deutscher Portland-Cement-Fabrikanten veranlasst worden. Bei der Wichtigkeit, welche die Prüfung hydraulischer Bindemittel im Seewasser für die Bauten an den Meeresküsten hat, hat der Minister der öffentlichen Arbeiten in Preussen auf Antrag des genannten Vereins die Kgl. Baubehörde von Sylt mit der Ausführung von Versuchen beauftragt und, wie der Cementfabrikanten-Verein, Geldmittel zu den Versuchen bewilligt.

Von einer von dem Verein ernannten Kommission, deren Vorsitzender ich bin, ist in Gemeinschaft mit dem in Sylt stationierten Regierungsbaumeister der Arbeitsplan für die Versuche aufgestellt worden.

Die leitenden Gesichtspunkte, welche bei Aufstellung des Programms massgebend waren, sind folgende gewesen:

Wegen ihrer Undurchdringlichkeit und grösseren Festigkeit sollen in erster Linie fette Mörtel geprüft werden. Die Proben sollen im Meere selbst und Gegenproben im Süsswasser erhärten und zwar auf Jahre hinaus. Die Mörtel sollen auf Zug- und Druckfestigkeit geprüft werden. Auf letztere Festigkeit wird besonderer Wert gelegt, weil durch dieselbe die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Angriffe am besten zum Ausdruck gelangt. Zur Prüfung sollen zunächst folgende Bindemittel gelangen, welche aus dem Handel zu entnehmen sind: Portland-Cement, Roman-Cement, Puzzolan-Cement und Trass. Von allen Bindemitteln sollen die chemischen Analysen ausgeführt werden.

Als Sand soll in der Natur vorkommender Quarzsand genommen werden, welcher folgende Korngrösse haben soll: 50% zwischen 60 und 120 (oder 64 und 144) Maschen pro  $cm^2$   
25% „ 240 „ 400 Maschen pro  $cm^2$   
25% „ 400 „ 900 „ „ „

Sämtliche Mörtel sind mit Süsswasser anzumachen und in gleicher Konsistenz in die Formen einzuschlagen.

Um den Einfluss des Meerwassers auch auf nicht komprimierte Mörtel kennen zu lernen, sollen auch einige Mörtel geprüft werden, welche bei gleicher breiförmiger Konsistenz in die Formen eingefüllt werden.

Die Probekörper sind die ersten 24 Stunden im feuchten Raum, dann sechs Tage in täglich zu erneuerndem Seewasser und dann im Meere selbst bis zum Prüfungstermin aufzubewahren.

Die Festigkeitsbestimmungen sind nach folgenden Fristen auszuführen:

Bei Zug nach 7 Tagen, 28 Tagen, 90 Tagen, 1 Jahr, 2 Jahren,  
„ Druck „ — 28 „ — 1 „ 2 „  
und nach 2 weiteren, noch näher zu bestimmenden Terminen.

Auf Sylt sind die Versuche im vergangenen Jahre begonnen worden. Es war bereits eine grössere Anzahl Zugproben angefertigt, als infolge eines Personenwechsels und Neubaus des Versuchsraumes die Versuche leider auf längere Zeit unterbrochen werden mussten. Im Laufe dieses Sommers nahm ich Veranlassung, die Versuche in Sylt einzusehen, nehme jedoch Abstand, über die vorliegenden Resultate zu berichten, da Endgültiges noch nicht vorliegt. Ich kann jedoch Folgendes schon angeben. Die Nordsee hat auf sämtliche Mörtel eine stärkere Einwirkung als die Ostsee und es treten dabei die Unterschiede zwischen den einzelnen Bindemitteln schärfer hervor. So z. B. wurde beobachtet, dass die Bindemittel mit einer grösseren Beimischung von Kalkhydrat sich namentlich im Nordseewasser ungünstig verhalten.

Einschaltend will ich bemerken, dass ich bei meinen Versuchen im Laboratorium mit verschiedenen Mörteln im Nordseewasser ähnliche Beobachtungen gemacht habe und dass auch der bekannte Cementtechniker Candlot in Paris dasselbe gefunden hat.

Nachdem der neu erbaute Versuchsraum auf Sylt eingerichtet und mit den nötigen Apparaten, z. B. mit einer Amsler'schen Presse versehen worden ist, nachdem ferner eine Persönlichkeit von Sylt von der Königlichen Versuchsanstalt in Charlottenburg für das Prüfungsverfahren eingeschult worden ist, werden die Versuche auf Sylt von Neuem ausgeführt.

Man darf wohl erwarten, dass diese Versuche, welche je nach Umständen erweitert werden können, sowie die Untersuchungen der vorhin genannten Kommission in Frankreich einen befriedigenden Beitrag zur Lösung der Meerwasserfrage geben werden.

### Das Schleusen-Wehr im Nidau-Kanale.

Von Oberingenieur C. von Graffenried in Bern.

(Mit einer Tafel.)

#### III. (Schluss.)

**Kosten.** Die Ausführung der Schleusenanlage war der Firma Probst, Chappuis & Wolf in Nidau verakkordiert, welche auch die Konstruktion der Schwimmthore besorgte. Maurer- und Betonarbeiten führte Hr. Ritter-Egger, Unternehmer in Biel, aus, und Baggerungen und Steinwürfe wurden in Regie vorgenommen.

Die Kosten rubrizieren sich folgendermassen:

Abschussboden und Versicherungen . . . . .	Fr. 81,600
Pfeiler und Ufermauern . . . . .	„ 36,000
Eisenkonstruktionen: in den Seitenöffnungen.	
Fr. 34,000, Schwimmthore mit Ein-	
richtungen zum Manövrieren Fr. 33,500	„ 67,500
Ausbaggerungen in der alten Zühl . . . . .	„ 51,800
Verschiedenes . . . . .	„ 3,100
	Fr. 240,000

An diese Summe leisteten:

Der Bund . . . . .	Fr. 73,000
Die Kantone Freiburg und Neuenburg . . . . .	„ 20,000
Bern . . . . .	„ 147,000

Obige Fr. 240,000

Ueberdies fiel letzterem Kanton allein die Bedienung und der Unterhalt des Schleusenwerkes zu.

**Schleusenreglement.** Obschon der Schleusendienst sich eigentlich von selbst aus dem Zwecke der Erhaltung eines bestimmten Wasserspiegels im Bielersee ergibt, so kommen doch dabei mannigfache Umstände in Betracht, namentlich ist mit dem Abflusse in der offenen Zühl zu rechnen. Zwischen den beteiligten Kantonen wurde denn auch à priori ein Schleusenreglement vereinbart, worin bestimmt ist, bei welchen Seeständen im Herbst die Schützen geschlossen und die Schwimmthore vorgelegt werden sollen, und wann und wie im Frühjahr wieder zu öffnen ist. Diese Vorschriften haben mehr provisorischen Charakter und sollen den gesammelten Erfahrungen gemäss definitiv geregelt werden.

Der Schwerpunkt des Reglementes liegt in der einzuhaltenden Minimalwasser-Kote, welche, ursprünglich zu 431,26 m vorgesehen, auf 431,32 m erhöht wurde. Nur einmal während dem 7-jährigen Bestande der Schleuse ist der Bielersee um 6 cm unter letztere Kote gesunken, also bloss um denjenigen Betrag, welcher nachträglich zugegeben wurde.

Richtige und rechtzeitige Handhabung von Schützen und Schwimmthoren, sowie auch deren gute Erhaltung in Bezug auf Dichtigkeit des Abschlusses vorausgesetzt, erfüllt das Schleusenwerk bei Nidau den beabsichtigten Zweck.

Nun geht aber das Bestreben dahin, im Interesse der Schifffahrt in der Broye und im Neuenburgersee die Bielerseeniederwasser höher zu halten, was zu Aenderungen in der Schleuseneinrichtung führen könnte.

Man steht vor einer neuen Aufgabe, deren Lösung gegenwärtig geprüft wird und welcher hier nicht vorgreifen werden darf.

### Zur Entstehung des Entwurfes für die neue Tonhalle in Zürich.

Die Deutsche Bauzeitung hat uns in ihrer Nummer vom 25. Dezember die Ehre erwiesen aus dem Artikel über die neue Tonhalle, der im letzten Jahrgang unserer Zeitschrift erschien, einen kurzen Auszug unter Verwendung der Ansicht vom Alpenquai und zweier Grundrisse zu veröffentlichen.

In ihren Betrachtungen über die Entstehung des Baues sagt sie, dass die Vorgeschichte desselben zu den unerquicklichsten ihrer Art gehöre und in einem Buche über die Rücksichtslosigkeiten, welche Architekten öfters zu erdulden haben, eines der dunkelsten Kapitel bilden könnte.

Hinsichtlich der Benutzung des Schmitz'schen Entwurfes, auf die wir wiederholt hingewiesen hatten, bemerkt die genannte Zeitschrift:

«Wenn es für einen Künstler, den man um die Frucht seines Schaffens gebracht hat, überhaupt einen Trost gäbe, so könnte der deutsche Architekt, dem dies Loos im vorliegenden Falle zu Teil geworden ist, eine gewisse Genugthuung immerhin darin finden, dass zum wenigsten sein Gedanke siegreich gewesen ist. Denn wie fast alle Entwürfe für diese Aufgabe, die nach dem ersten Wettbewerb v. J. 1887 entstanden sind, den Einfluss des Schmitz'schen Planes nicht verleugnen, so lehnt auch der zur Ausführung gekommene Entwurf in seiner Hauptanordnung eng an jene Arbeit sich an.»

Dieser Passus hat Professor *Frentzen* in Aachen zu einer Einsendung an die Redaktion der Deutschen Bauzeitung veranlasst, die nebst einigen Skizzen in der genannten Zeitschrift vom 1. Februar zur Veröffentlichung gelangte. Der berühmte Aachener Professor, dem sein Misserfolg den guten Humor nicht zu rauben vermochte, sagt hier u. a.:

«Im Allgemeinen habe ich keine Sehnsucht danach, bemitleidet zu werden, sondern halte es grundsätzlich mit dem Spruche: Besser Neider, als Mitleider. Aber diesmal ist der Grundsatz doch etwas ins Wanken gekommen, als ich nämlich in dem Aufsatz: «Die neue Tonhalle in Zürich» die tiefempfundenen Worte las, mit denen am Schluss des Artikels dem Vater der beiden Schmitz'schen Entwürfe gewissermassen am Grabe seiner Kinder ein letzter Trost zugesprochen wird.

Dabei stieg mir beinahe eine Thräne wahren Mitgeföhls ins Auge; denn auch ich sehe mich im Geiste am Sarge eines solchen Kindes meiner Muse, dem im Jahre 1892 die Tonhallegesellschaft ein Begräbnis dritter Klasse zum Preise von 1500 Fr. bewilligte, das ich als einzige «Frucht meines Schaffens» betrachten musste. Aber dafür darf ich auch jetzt etwas lindernden Balsam auf meinen Schmerz träufeln lassen, denn auf Grund Ihres Artikels und der begleitenden Abbildungen ist mir eine überaus tröstliche Gewissheit geworden, nämlich die, dass es noch eine Auferstehung für solche Toten giebt, und dass für sie auch die Seelenwanderung nicht in das Gebiet des Unmöglichen zu verweisen ist.

Wie eine Geistererscheinung dünkte es mich, als mir die lieben vertrauten Züge meines vermeintlich auf ewig entschlafenen Kindes, meines Konkurrenzentwurfes zur Züricher Tonhalle plötzlich in perspektivischer Ansicht und Grundriss entgegenlachten. Kaum verändert hatte sich der liebe Kleine und als ich nun noch las, dass er wirklich lebte und sich in den seligen Gefilden am Züricher See seines Daseins freut, da fühlte ich etwas wie Regung väterlichen Stolzes und tröstlicher Genugthuung, die mir nun auch den Mut geben, meinen Anteil an der Seele des Kindleins zu sichern, die von Aachen über Zürich nach Wien flog, um sich dort unter anderer Firma wieder zu verkörpern.

Damit sich nun auch der liebe Leser Ihres geschätzten Blattes selbst von dem merkwürdigen Vorgang überzeugen könne, habe ich versucht, Ihnen den Werdegang des jetzt auf den Namen Fellner & Helmer getauften Entwurfes zur Züricher Tonhalle durch einige photographisch beglaubigte Handskizzen klar zu stellen, um deren Aufnahme in die Spalten der Deutschen Bauzeitung ich Sie bitten möchte, um damit zur öffentlichen Legitimation des Kindes beizutragen. Zum Glücke heisst es auf dem Gebiete der Kunst noch nicht wie auf dem des französischen Rechts: «la recherche de la paternité est interdite.»

Die erwähnten Handskizzen bestehen in der Hauptsicht des ersten Konkurrenz-Entwurfes von Prof. Frentzen (veröffentlicht in Bd. X, Nr. 18 u. Z.), des zweiten Konkurrenz-Entwurfes (veröffentlicht in Bd. XIX, Nr. 14) mit Grundriss und einer solchen des ersten Entwurfes von