

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 88 (1970)
Heft: 22

Artikel: Frostversuche beim SBB-Hardturm-Viadukt in Zürich
Autor: Müller, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-84517>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.03.2025

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

und wo eine Baugrube in der angedeuteten Breite B herzustellen ist, die durchgehend in den «unteren Kiessand» bzw. in den sehr heterogen aufgebauten «Moränenkomplex» einbindet. In Bild 15 wird gezeigt, wie man sich hier eigentlich mit ganz einfachen Überlegungen weiterhelfen muss. Es sind dies Überlegungen bezüglich des Gleichgewichtes zwischen einem Wasserdruck und dem Gewicht eines als massgebend erachteten Bodenkörpers. Zu schätzen und gegebenenfalls später zu kontrollieren ist die Grösse H , d. h. der innerhalb der als massgebend angesehenen Schicht unter der Baugrubensohle abzubauen Anteil der gesamten Druckdifferenz H_0 . Wenn wie im Fall B eine undurchlässige Schicht vorhanden ist, wird der Abbau von H innerhalb dieser Schicht anzunehmen sein, sofern man nicht (wie im Fall C) den Wasserspiegel unter diese Schicht absenken will. Nachteilig ist dabei die Vergrösserung der zu pumpenden Wassermenge.

Der Vorteil dieser sehr einfachen Betrachtungsweise liegt vornehmlich darin, dass man mit der Wahl $H = H_0$ eine maximal ungünstige Berechnung durchführen kann, deren Ergebnisse also auf alle Fälle auf der sicheren Seite liegen. Damit wird die Beurteilung des «notwendigen» Sicherheitsgrades wesentlich klarer: Er kann relativ klein sein. Die Erfahrung zeigt, dass Sicherheitsgrade von 1,3 bis 1,5 ausreichen, und es liegen darüber hinaus Erfahrungen vor, nach welchen tatsächlich Grundbruch eingetreten ist, wenn der so errechnete Sicherheitsgrad in der Gröszenordnung von 1,0 lag.

Étwas respektlos, aber nicht unzutreffend bezeichnet man solche Rechnungen im Grundbau oft als «Milchmädchen-Rechnungen». Man will damit zum Ausdruck bringen, dass sie sehr einfache Überlegungen zur Grundlage haben. Andererseits pflegen sie deshalb oft viel klarer zu sein, als komplizierte Berechnungen. Wenn man sich vor unzulässigen Vereinfachungen hütet, ist die Klarheit ein wesentlicher Vorteil. «Milchmädchen-Rechnungen» können also, mit Mass und am rechten Ort angewendet, in der Praxis des Grundbaus durchaus ihre Berechtigung haben.

Literaturverzeichnis

- [1] *Dinesh Mohan*: Load-bearing capacity of Piles, „Géotechnique“ 1963.
- [2] *Cambefort/Cassan*: Le tassement des pieux; synthèse des recherches récentes et essais comparatifs. „Sols-Soils“ No. 18—19 (1966), Nr. 20 (1968).
- [3] *R. Haefeli*: Neuere Untersuchungen und Erkenntnisse über das Verhalten von Pfählen und deren Anwendung in der Praxis der Pfählfundation. Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik, Heft 30/1961.
- [4] *P. Lendi*: Beitrag zur erdstatischen Berechnung von Verankerungen im Lockergestein. Institut für bauwissenschaftliche Forschung, Stiftung Kollbrunner/Rodio, Heft 6, März 1969.
- [5] *N. W. A. Broug*: Die Berechnung der Tragfähigkeit von Streifenfundamenten bei partiell verdichtetem Baugrund. „VDI-Zeitschrift“ Nr. 17/1968.
- [6] Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“, siehe u. a. Grundbautaschenbuch, 2. Auflage, Bd. II, p. 287 ff.

Adresse des Verfassers: Prof. Hans-Jürgen Lang, Direktor der Erdbauabteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau (VAWE) an der ETH Zürich, 8006 Zürich, Gloriastrasse 37/39.

Frostversuche beim SBB-Hardturm-Viadukt in Zürich

DK 666.97:620.179.13

Von Ingenieur G. Müller, Zürich

1. Allgemeines

Der Hardturm-Viadukt ist ein Teil der neuen SBB-Bahnlinie Zürich-Altstetten–Zürich-Oerlikon. Diese Linie ist am 1. Juni 1969 in Betrieb genommen worden. Vorläufig dient sie nur zur Abwicklung des Güterverkehrs, entlastet aber dadurch die heute täglich von über 290 Zügen befahrene Strecke Hauptbahnhof–Wipkingen–Zürich–Oerlikon beträchtlich. Später sollen jedoch auch Personenzüge über die zukünftige doppelspurige Verbindungsschleife Herdern–Hauptbahnhof geführt werden. Dementsprechend besteht der Hardturm-Viadukt vom Portal des doppelspurig ausgebauten Käferbergtunnels bis zur zukünftigen Verzweigungsstelle Herdern aus dem 478 m langen zweigleisigen Teil und, anschliessend bis zum Widerlager Altstetten, aus dem 647,6 m langen eingleisigen Teil.

Wegen der einsetzenden Überbauung im Bereich der Abzweigung Hardturm-Viadukt Richtung Hauptbahnhof (Industriebauten, Strassenbrücke Herdern, Pfingstweidstrasse als Zubringer von der N 1 zur Westtangente) entschlossen sich die SBB, das erste Teilstück der zweigleisigen Verbindung zum Hauptbahnhof vorzeitig zu bauen. Dieser erste Abschnitt mit einer Länge von 230 m in Richtung Hauptbahnhof ist bereits fertig erstellt.

Der Frostbeständigkeit des Betons ist bis anhin wenig Beachtung geschenkt worden. Es sind im Normalfall für im Freien stehende Betonkonstruktionen keine Frostversuche durchgeführt worden. Die alte SIA-Norm 162 aus dem Jahre 1956 hat keine konkreten Angaben über die Anforderungen an den Beton bezüglich Frostbeständigkeit enthalten. In der neuen SIA-Norm 162 (1968) ist nun diese Lücke geschlossen worden.

Die SBB verlangen seit jeher bei ihren Bauwerken eine qualitativ einwandfreie und sichere Ausführung. Sämtliche Arbeiten an Bahnobjekten sollen so ausgeführt werden, dass

später möglichst wenig Reparaturarbeiten auftreten können. Die Reparaturarbeiten bei Bahnobjekten sind äusserst kostspielig, da sie meist unter vollem Betrieb ausgeführt werden müssen. Die SBB haben von der mit dem Projekt und der Bauleitung beauftragten Ingenieurgesellschaft D.J. Bänziger, Dr. H. Hugi und Dr. C. Menn im Rahmen der Bauleitungsaufgaben verlangt, dass Untersuchungen über die Frostbeständigkeit im Untersuchungsprogramm aufgenommen werden.

Der Hardturm-Viadukt ist ein durchlaufender Balken. Im Querschnitt ist die eingleisige Brücke ein ein-zelliger und die zweigleisige Brücke ein drei-zelliger Hohlkasten mit seitlichen Konsolen. Die beiden Betonkonsolen neben dem Schottertrog dienen als Gehweg für das Bahnpersonal. Die ganze Konsole (Konsolkopf und Schotterbord) ist in einer zweiten Betonieretappe vor der ersten Vorspannetappe betoniert worden. Die erste Betonieretappe umfasste den ganzen übrigen Querschnitt (Druckplatte, Längsträger und Fahrbahnplatte).

Um eine möglichst feine Betonoberfläche zu erreichen, ist der frische Beton, so gut es die jeweiligen Wetterverhältnisse

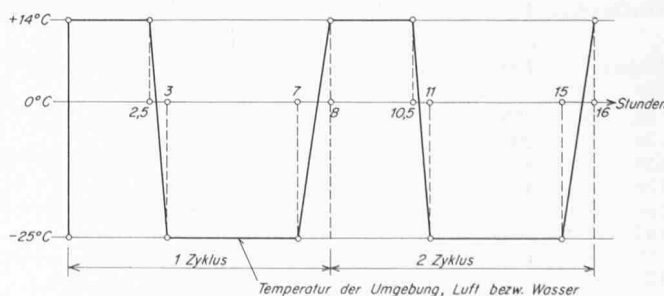
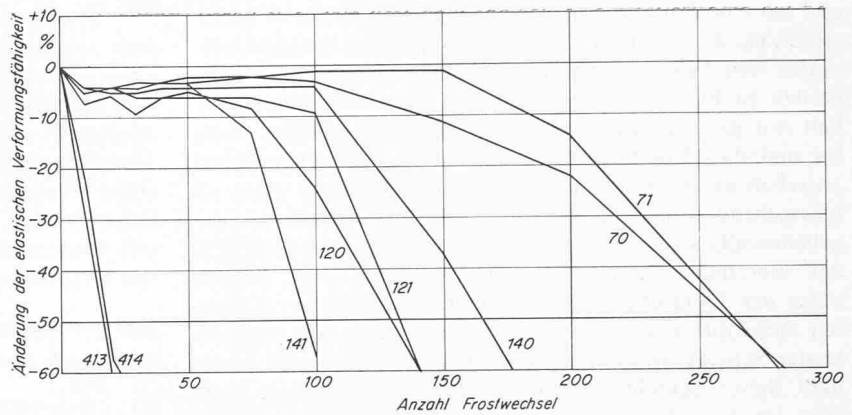


Bild 1. Frostdiagramm. Zyklus: drei Frostwechsel im Tag, nämlich: Frost 5 1/2 h bei -25°C, Auftauen 2 1/2 h bei +14°C.

Bild 2. Normalzusammensetzung mit 8% Brechsand. Druckfestigkeiten σ :

Prisma Nr.	Frostwechsel Anzahl	σ kg/cm ²
413	30	145
414	30	166
140	200	234
141	100	361
70	300	250
71	300	271
120	150	209
121	150	305
142	H ₂ O	500
72	H ₂ O	611
122	H ₂ O	497



erlaubten, abtalschert worden. Mit dieser Ausführungsart war es nicht zu vermeiden, dass infolge schlechter Witterung auf grösseren Teilstücken die Oberfläche sehr rauh geworden ist. Diese Betonkonsolen sind den Frosteinwirkungen am stärksten ausgesetzt. Ihre Frostbeständigkeit interessierte daher besonders.

2. Bindemittel und Zuschlagstoffe

2.1 Zement

Für sämtlichen Beton ist Portlandzement der Jura-Cementfabriken, Wildeg, verwendet worden.

2.2 Zuschlagsstoffe

Sämtliche Zuschlagsstoffe für den Hardturm-Viadukt (erste Ausbautetappe) sind vom Kieswerk Weiach AG geliefert worden. Die von der Bauleitung verlangte Siebkurve liegt zwischen der EMPA- und der Fullerkurve. Die Anlieferung der Zuschlagsstoffe erfolgte in 4 Komponenten, welche gewichtsmässig auf der Baustelle gemäss Siebkurve mit folgenden Anteilen dosiert wurden:

Sand:	0- 3 mm	29%	} Normalzusammensetzung
	3- 6 mm	13%	
Kies:	6-16 mm	25%	
	16-31,5 mm	33%	

2.3 Brechsand

Am Anfang zeigten sich Schwierigkeiten bezüglich dem Erreichen der verlangten Betonwürfeldruckfestigkeiten. Die während dem Betonieren der ersten Pfeilerpaare erstellten Betonprüfprismen erreichten die nach 28 Tagen verlangte Würfeldruckfestigkeit von 425 kg/cm² nicht. Auf Grund dieser Schwierigkeit wurde den Zuschlagsstoffen ungewaschener Brechsand beigemischt. Dieser Brechsand ist im Werk der Sandkomponente (0-3 mm) beigemischt worden. Der Anteil dieser Zugabe betrug 8% vom Gesamtgewicht. Mit der Beigabe von Brechsand wurde folgendes erreicht:

1. Höhere Druckfestigkeiten. Die Prüfungsergebnisse der Proben mit Brechsandanteil lagen rd. 40-50 kg/cm² höher als

diejenigen ohne Brechsandanteil. Die verlangten Würfeldruckfestigkeiten konnten erreicht werden.

2. Bedeutend bessere Verarbeitbarkeit, vor allem bei den Pfeilern, Abspannstellen und Querträgern (bei grossen Armierungsgehalten).

3. Geschlossene Betonoberfläche, vor allem bei den Pfeilern mit senkrechten Schalungen. Beim natürlichen Kiesanfall in den Flusskieswerken ist der Mangel an Feinanteilen charakteristisch.

3. Frostversuche

Die Frostversuche wurden an der EMPA durchgeführt. Sämtliche Probekörper sind auf der Baustelle hergestellt worden. Der W/Z-Faktor wurde tief gehalten (gleich wie bei dem am Bauwerk zu verarbeitenden Beton).

3.1 Probekörper

Die Probekörper waren im Normalfall Prismen mit den Abmessungen 12 x 12 x 36 cm.

3.2 Lagerungsbedingungen

Die Probekörper wurden 28 Tage in Luft von 18° und 90% rel. Luftfeuchtigkeit und anschliessend 14 Tage in Wasser von rd. 18° gelagert. Der eigentliche Versuch begann also erst nach 42 Tagen.

3.3 Versuchsdurchführung

Die Proben wurden in einem bestimmten Rhythmus dem Frost in der Luft und dem Auftauen im Wasser ausgesetzt (Bild 1). Je drei Versuchskörper bildeten eine Gruppe für einen Versuch. Die ersten beiden Prüfkörper sind bezüglich Frost in der Kühltruhe geprüft und der dritte Prüfkörper ist jeweils während der ganzen Versuchsdauer im Wasser gelagert worden. Am Schluss eines Versuches wurden jeweils alle Prüfkörper zur Ermittlung der Würfeldruckfestigkeit abgedrückt. Von sämtlichen Proben einer Serie sind nach 10, 20, 30 usw. Frostwechseln die Elastizitätsmoduli bestimmt und die Rissbildung beurteilt worden. Die Ergebnisse der Frostversuche wurden in Diagrammen aufgezeichnet. Die Änderung des Elastizitätsmoduls wird als Funktion der Frostwechsel,

Bild 3. Normalzusammensetzung mit 8% Brechsand + Porenbildner. Druckfestigkeiten σ :

Prisma Nr.	Frostw. Anzahl	σ kg/cm ²
75	400	234
76	300	288
125	400	233
126	400	329
146	200	400
147	200	375
77	H ₂ O	586
127	H ₂ O	658
145	H ₂ O	363

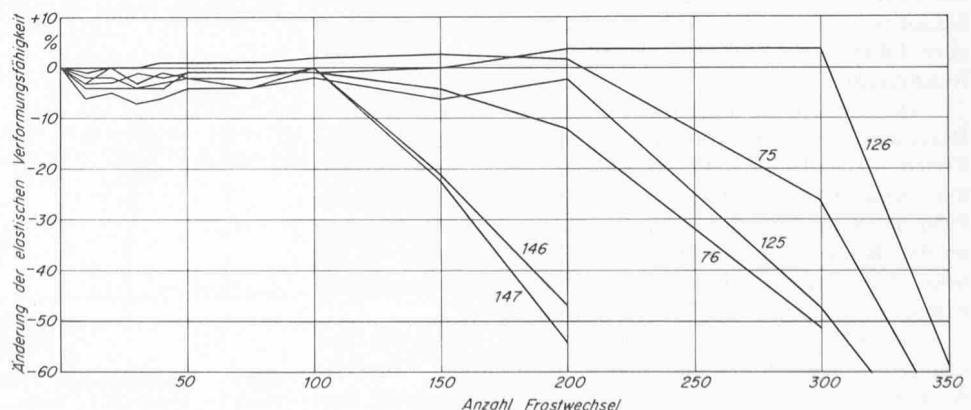


Bild 4. Normalzusammensetzung mit 4% Brechsand.
Druckfestigkeiten σ :

Prisma Nr.	Frostwechsel Anzahl	σ kg/cm ²
80	200	233
81	200	234
130	200	281
131	150	290
82	H ₂ O	607
132	H ₂ O	527

bezogen auf die Nullablesung, in Prozenten aufgetragen. Die Versuche sind fortgesetzt worden, bis der Abfall des *E*-Moduls 60 bis 70% betragen hat. Die Durchführung aller Frostversuche erforderte sehr viel Zeit, weil pro Tag nur 3 Frostwechsel durchgeführt werden können. Von einem frostsicheren Beton haben wir 200 Frostwechsel erwartet.

3.4 Erster Frostversuch

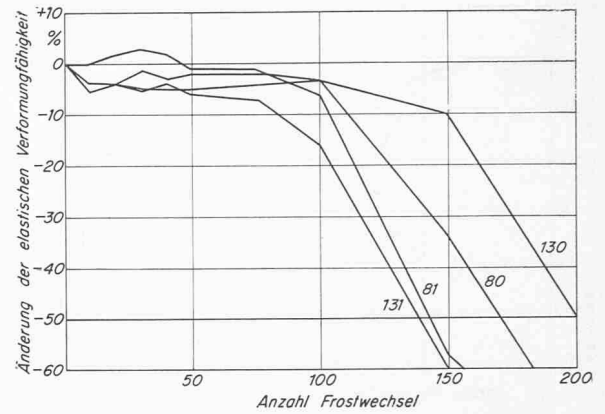
Beim Betonieren der ersten grösseren Überbauetappe im Sommer 1965 haben wir die ersten Prismen bezüglich Frost an der EMPA prüfen lassen. Es handelt sich um die beiden Proben Nr. 413 und 414, welche im Bild 2 aufgezeichnet sind. Die Versuchsergebnisse dieser beiden Proben waren erschreckend. Die Versuchskörper sind genau gleich hergestellt worden wie alle übrigen. Es hat sich dann später gezeigt, dass bei Resultaten von Frostversuchen mit einer grossen Streuung zu rechnen ist. Für die Herstellung des Betons ist die Normalzusammensetzung + 8% Brechsand verwendet worden. Auf Grund dieser schlechten Ergebnisse haben wir beschlossen, nochmals einen Versuch durchzuführen.

3.5 Zweiter Frostversuch

Bei diesem grösseren Versuch mit 5x3 Prismen erwarten wir genaueren Aufschluss über: 1. Einfluss der Brechsandanteile, 2. Einfluss von Zusatzmitteln. Bei allen Proben wurde die Normalzusammensetzung gemäss 2.2. belassen, aber der Brechsandanteil variiert.

Als Zusatzmittel haben wir plastifizierende und plastifizierend + porenbildende Mittel verwendet. Die Zusammensetzung der 5 Gruppen war wie folgt:

Nr. 70, Nr. 71 und Nr. 72:	Normalzusammensetzung mit 8% Brechsand
Nr. 75, Nr. 76 und Nr. 77:	Normalzusammensetzung mit 8% Brechsand + Luftporenbildner
Nr. 80, Nr. 81 und Nr. 82:	Normalzusammensetzung mit 4% Brechsand
Nr. 85, Nr. 86 und Nr. 87:	Normalzusammensetzung mit 4% Brechsand + Verflüssiger



Nr. 90, Nr. 91 und Nr. 92: Normalzusammensetzung ohne Brechsand und ohne Zusatzmittel

Die Ergebnisse des zweiten Versuches sind in den Bildern 3 bis 7 aufgezeichnet; sie waren jedoch nicht so umfassend, dass eindeutige Schlüsse gezogen werden konnten. Es zeigte sich aber, dass ein zu hoher Anteil an Brechsand für die Frostbeständigkeit schädlich ist und dass mit Luftporenbildner die Frostbeständigkeit erhöht werden kann. Von diesem Zeitpunkt an wurde für Konsolbeton die Normalzusammensetzung mit 8% Brechsand + Porenbildner verwendet.

Mit einem letzten Grossversuch sind im September 1966 die Ergebnisse aus den ersten beiden Versuchen noch ergänzt worden.

3.6 Dritter Versuch

Zu diesem Grossversuch wurden 6x3 Prismen in folgender Gruppenzusammensetzung verwendet:

Nr. 120, Nr. 121 und Nr. 122:	Normalzusammensetzung mit 8% Brechsand
Nr. 125, Nr. 126 und Nr. 127:	Normalzusammensetzung mit 8% Brechsand + Porenbildner
Nr. 130, Nr. 131 und Nr. 132:	Normalzusammensetzung mit 4% Brechsand
Nr. 135, Nr. 136 und Nr. 137:	Normalzusammensetzung mit 4% Brechsand + Porenbildner
Nr. 140, Nr. 141 und Nr. 142:	Normalzusammensetzung mit 8% Brechsand
Nr. 145, Nr. 146 und Nr. 147:	Normalzusammensetzung mit 8% Brechsand + Porenbildner

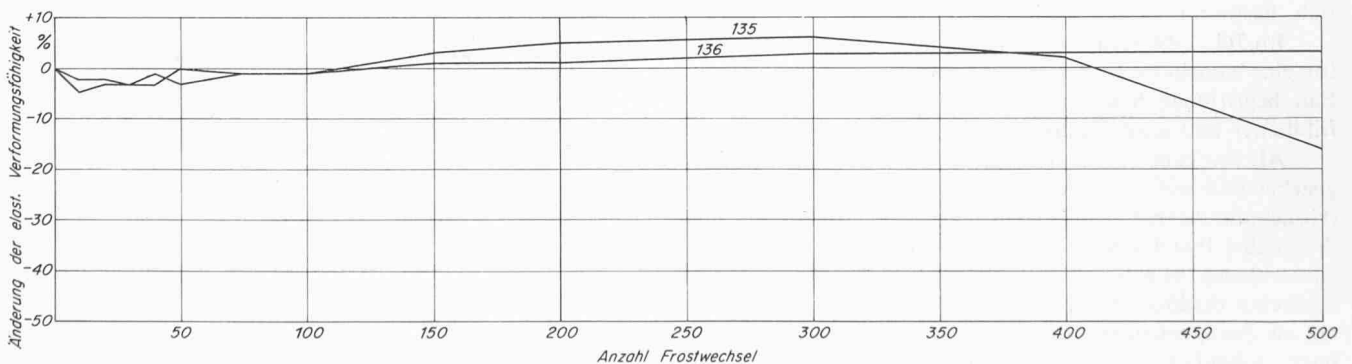


Bild 5. Normalzusammensetzung mit 4% Brechsand + Porenbildner.
Druckfestigkeiten σ :

Prisma Nr.	Frostwechsel Anzahl	σ kg/cm ²
135	500	440
136	500	462

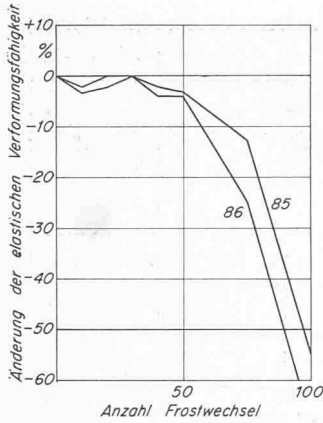
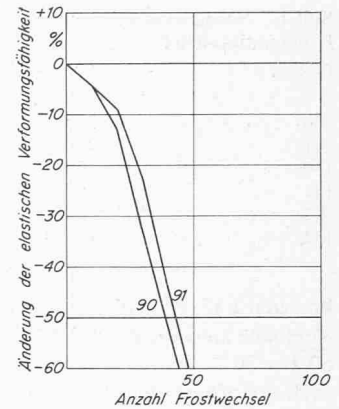


Bild 6 (links). Normalzusammensetzung mit 4% Brechsand + Verflüssiger

Prisma Nr.	Frostwechsel Anzahl	σ kg/cm ²
85	100	329
86	100	292

Bild 7 (rechts). Normalzusammensetzung ohne Brechsand und ohne Zusatzmittel

Prisma Nr.	Frostwechsel Anzahl	σ kg/cm ²
90	50	240
91	50	269



3.7 Diskussion der Versuchsergebnisse

Mit den Ergebnissen des letzten Versuches zeigte sich eindeutig die bezüglich Frostbeständigkeit in unserem Fall beste Zusammensetzung. Die Versuchsergebnisse der Proben mit gleicher Zusammensetzung sind ebenfalls in den Bildern 2 bis 7 aufgezeichnet.

Bild 2 zeigt die Ergebnisse der Proben mit der Normalzusammensetzung mit 8% Brechsand. Der ganze Hardturm-Viadukt ist mit dieser Zusammensetzung betoniert worden (ausser den Konsolen, bei denen Porenbildner zugegeben wurde). Fünf Proben dieser Zusammensetzung haben die erwünschte Frostwechselanzahl von 200 nicht erreicht (total 8 Proben).

In Bild 3 sind die Ergebnisse der Proben mit der Normalzusammensetzung mit 8% Brechsand + Luftporenbildner aufgezeichnet. Die sechs ausgeführten Proben haben die gewünschte Frostwechselanzahl erreicht.

Bild 4 zeigt vier Proben mit der Normalzusammensetzung mit 4% Brechsand. Die Werte liegen alle unter 200 Frostwechseln.

Bild 5. Zwei Proben mit der Normalzusammensetzung mit 4% Brechsand + Porenbildner. Diese beiden Proben haben mehr als 500 Frostwechsel ausgehalten.

Bild 6. Zwei Proben mit der Normalzusammensetzung mit 4% Brechsand + Verflüssiger. Diese beiden Proben haben 100 Frostwechseln nicht standgehalten.

Bild 7. Zwei Proben mit Normalzusammensetzung ohne Brechsand und ohne Zusatzmittel. Diese beiden Proben haben 50 Frostwechsel nicht überstanden.

Auf allen Diagrammen sind die erreichten Würfeldruckfestigkeiten aufgeführt. Die im Wasser gelagerten Prismen sind zu gleicher Zeit abgedrückt worden wie die andern Prismen.

3.8 Ergebnis und Folgerungen

Es muss nochmals darauf hingewiesen werden, dass bei Versuchsergebnissen aus Frostversuchen eine bedeutend grössere Streuung zu erwarten ist als z.B. bei normalen Druck- und Biegeversuchen.

Auf Grund aller Prüfungsergebnisse hat sich eindeutig gezeigt, dass bezüglich Frostbeständigkeit, Verarbeitbarkeit, Druckfestigkeit und Betonoberfläche die nachstehende Zusammensetzung beim verwendeten Material ein Optimum bringt:

Kies - Sand (Normalzusammensetzung) mit 6% Brechsand + Luftporenbildner (Minimaldosierung).

Adresse des Verfassers: Ing. G. Müller, vormalig im Ingenieurbüro D. J. Bänziger. Bauleiter Hardturm-Viadukt der Ingenieurgesellschaft D. J. Bänziger, Dr. H. Hugli und Dr. C. Menn, Wydäckerring 40, 8047 Zürich.

Wettbewerb für die künstlerische Gestaltung beim Schulhaus «Im Moos» in Rüslikon

DK 73:727.112

Die Gemeinde Rüslikon führte im Jahre 1966 einen Projektwettbewerb für eine Primarschulhausanlage durch, verbunden mit einem Ideenwettbewerb für die Gestaltung eines angrenzenden Quartierzentrums «Im Moos» (SBZ 1966, H. 40, S. 701). Zur Ausführung wurde das Projekt der Architekten Jakob Zweifel und Heinrich Strickler, Zürich, bestimmt.

Im Juli 1969 schrieb die Schulpflege einen Wettbewerb für eine künstlerische Gestaltung beim Pausenplatz des im Bau begriffenen Schulhauses aus. Beteiligt haben sich 31 Bildhauer und auch Architekten.

Als Aufgabe stellte sich, das für den Wettbewerb freigegebene Gebiet auf dem oberen und unteren Pausenplatz (Höhenunterschied rund 70 cm) *tektonisch* zu gestalten und die beiden Platzflächen auf eine lebendige Art miteinander zu verbinden. Hierfür waren eines oder mehrere skulpturale Elemente denkbar. Neben Vertretern der Gemeinde amtierten als *Fachpreisrichter* die Bildhauer Peter Hächler, Lenzburg, Johannes Burla, Basel, Albert Schilling, Arlesheim und Architekt Jakob Zweifel, Zürich.

Die Beurteilung

erfolgte nach Einsetzen der Modelle M. 1:50 aller Entwürfe in das Situationsmodell gemäss der Kriterien

- betriebl. Gestaltung der Durchgangswege Schulhaus-Pausenplatz und Schulhaus-Turnhallen. Ermöglichung eines ungehinderten Pausenbetriebes;
- pädagogisch: Spiel- und Benutzungsmöglichkeiten. Anpassung an den Erlebnisbereich des Kindes;
- künstlerisch: Konzeption, räumliche Gestaltung, plastische Qualität;
- technisch: Zweckmässigkeit der vorgeschlagenen Materialien, Möglichkeit der Ausführung im vorgesehenen finanziellen Rahmen.

Das Preisgericht hat anfangs März wie folgt entschieden:

1. Rang (zur Ausführung beantragt):

Bernard Schorderet, Bildhauer, Fribourg

2. Preis (6000 Fr.) Otto Müller, Bildhauer, Zürich

3. Preis (3000 Fr.) Edi und Ruth Lanners, Architekten, Zürich

4. Preis (1500 Fr.) Edwin Wenger, Bildhauer, Zürich

5. Preis (1500 Fr.) Ellen Classen-Rüfenacht, Zürich

Zum Ergebnis

Rund die Hälfte der in erfreulich hoher Zahl eingereichten Entwürfe wies (im zweiten Rundgang) wohl pla-