

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 83 (1965)  
**Heft:** 28

**Artikel:** Untersuchung einiger für die Praxis wichtiger Zement- und Mörtel­eigenschaften, die von den S.I.A.-Normen nicht erfasst werden  
**Autor:** Joosting, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-68203>

### **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:** 16.02.2025

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

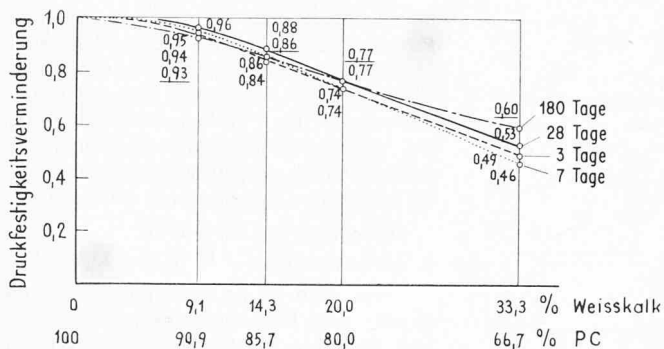


Bild 19. Würfeldruckfestigkeit des mit 9,1 bis 33,3 % Weisskalk verlängerten Portlandzementmörtels, bezogen auf diejenige des reinen Portlandzementmörtels im Alter von 3 bis 180 Tagen

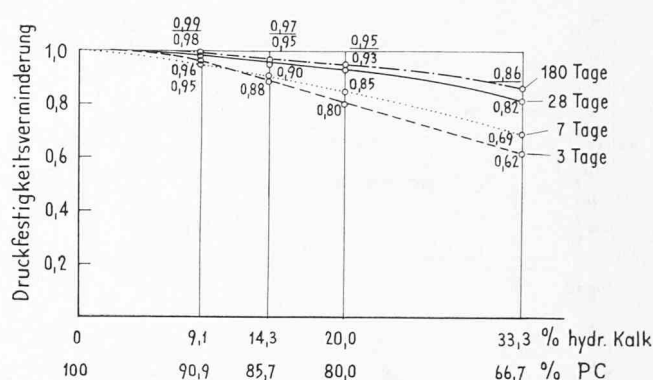


Bild 20. Würfeldruckfestigkeit des mit 9,1 bis 33,3 % hydraulischem Kalk verlängerten Portlandzementmörtels, bezogen auf diejenige des reinen Portlandzementmörtels im Alter von 3 bis 180 Tagen. Bindemittel/Sand 1:4 Gewichtsteile, Konsistenz: plastisch

des zweiten Bindemittels zu. Die Verbesserung von hydr. Kalk- oder Weisskalkmörtel durch Portlandzement ist erheblich grösser als die Verschlechterung von Portlandzementmörtel durch Zusatz von Weisskalk oder hydr. Kalk.

Für *Mauermörtel*, von denen eine höhere Druckfestigkeit und geringe Verformungsfähigkeit des erhärteten Mörtels verlangt werden, können *sauber gewaschene Rundsande mit stetigen oder Ausfallkörnungen* verwendet werden. Sande mit *Überschusskorn* sind dazu ungeeignet.

Beim Waschen wird mit dem Lehm auch der Steinstaub ausgewaschen. Mit solchen Sanden aufbereitete Mörtel sind porös, ungenügend verarbeitbar, übermässig Anmachwasser beanspruchend, saugfähig und weisen sich über geringere Festigkeitseigenschaften aus. Durch Zusetzen von Kalksteinmehl, etwa 5 % der Sandmenge, können diese Nachteile erfahrungsgemäss behoben werden.

Da sich in *Verputzmörteln* mit hoher Zugfestigkeit gut sichtbare Risse bilden, ist die Zugfestigkeit soweit im Rahmen zu halten, dass die Risse unsichtbar bleiben. Es wäre verfehlt, die geringe Zugfestigkeit mit einem unzuweckmässig gekörnten Sand zu erreichen zu suchen, weil die wesentlich grössere Porosität die Frostbeständigkeit herabsetzt und die Wasseraufnahmefähigkeit und das Wasserrückhaltevermögen erhöht. Nur durch die Verwendung eines Bindemittels mit geringer Bindekraft kann die Rissigkeit in Verputzen in zulässige Bahnen gelenkt werden.

Bei *wasserdichten Verputzen* ist die Verwendung eines zweckmässig gekörnten Sandes eine unabdingbare Forderung.

Adresse des Verfassers: *Paul Haller*, dipl. Bau-Ing. ETH, Sektionschef der EMPA, 8600 Dübendorf, Ueberlandstrasse 129.

## Untersuchung einiger für die Praxis wichtiger Zement- und Mörtel Eigenschaften, die von den S.I.A.-Normen nicht erfasst werden

DK 666.94.001.4

Von **R. Joosting**, dipl. Ing., Abteilungsvorsteher der EMPA, Dübendorf

Durchführung der Versuche: B. Geiger

Neben den Zement- und Normenmörtel-Eigenschaften, für welche in den S.I.A.-Normen No. 115 (1953) «Normen für die Bindemittel des Bauwesens» Güterwerte vorgeschrieben sind, gibt es noch einige andere, die für die Praxis von Bedeutung sind. Dass diese Eigenschaften bisher nicht in die Normen aufgenommen wurden, ist darauf zurückzuführen, dass entweder die Grundlagen noch nicht genügend erforscht sind oder dass, sofern eine Prüfungsmethode besteht, der Aussagewert der Prüfungsergebnisse für die Praxis noch nicht mit Sicherheit abgeschätzt werden kann.

Bei einer Lagerung an Luft von 90 % r. F. nehmen die Festigkeiten etwas ab; dagegen ist bei einer Lagerung an Luft von 70 % r. F. und 35 % r. F. der Abfall der Festigkeiten beträchtlich. Das Verhältnis

zwischen der Festigkeit bei Wasserlagerung und derjenigen bei einer bestimmten Luftlagerung streut bei den verschiedenen Altersstufen ziemlich stark, so dass hierfür kein Wert angegeben werden kann. Dieses Ver-

Nachfolgend werden die Ergebnisse einiger diese Eigenschaften betreffenden Untersuchungen, welche an der EMPA durchgeführt wurden, behandelt.

### a) Lagerung der Normenprismen

Nach den S.I.A.-Normen Nr. 115 müssen die Normenmörtelprismen nach einer 24stündigen Lagerung im Modell an feuchter Luft von mindestens 95 % relativer Luftfeuchtigkeit (r. F.) und +18 °C ausgeschalt und anschliessend bis zur Prüfung in Wasser von +18 °C gelagert werden. Es wird aber nur selten vorkommen, dass ein Mörtel oder Beton unter Wasser erhärten kann.

In Bild 1 ist die Festigkeitsentwicklung von Normenmörtelprismen bei verschiedener Lagerung dargestellt. Hierbei zeigt sich, dass die in Wasser gelagerten Prismen durchwegs die höchsten Druck- und Biegezugfestigkei-

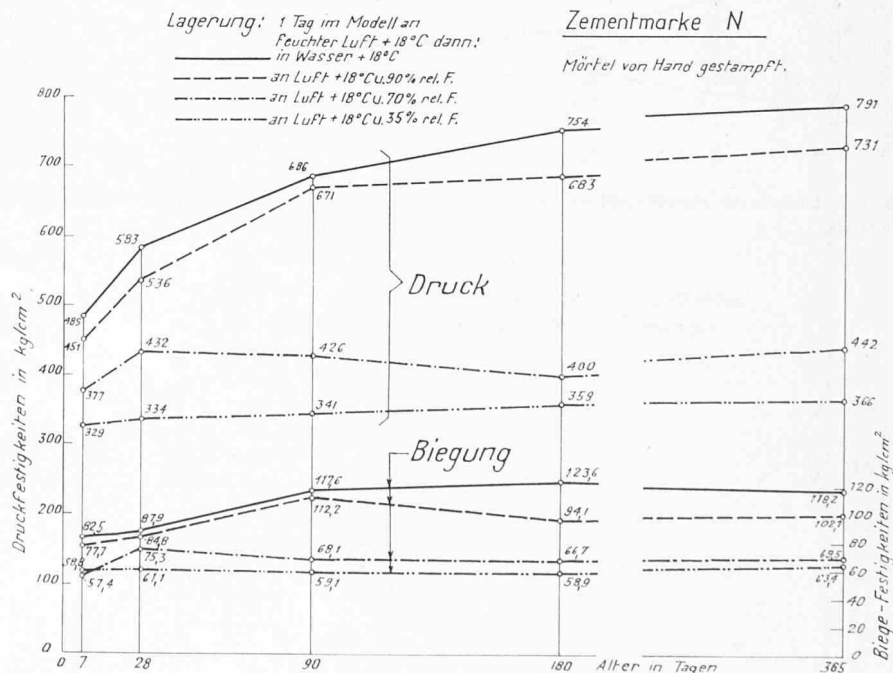


Bild 1. Festigkeit von Normenmörtelprismen bei verschiedener Lagerung

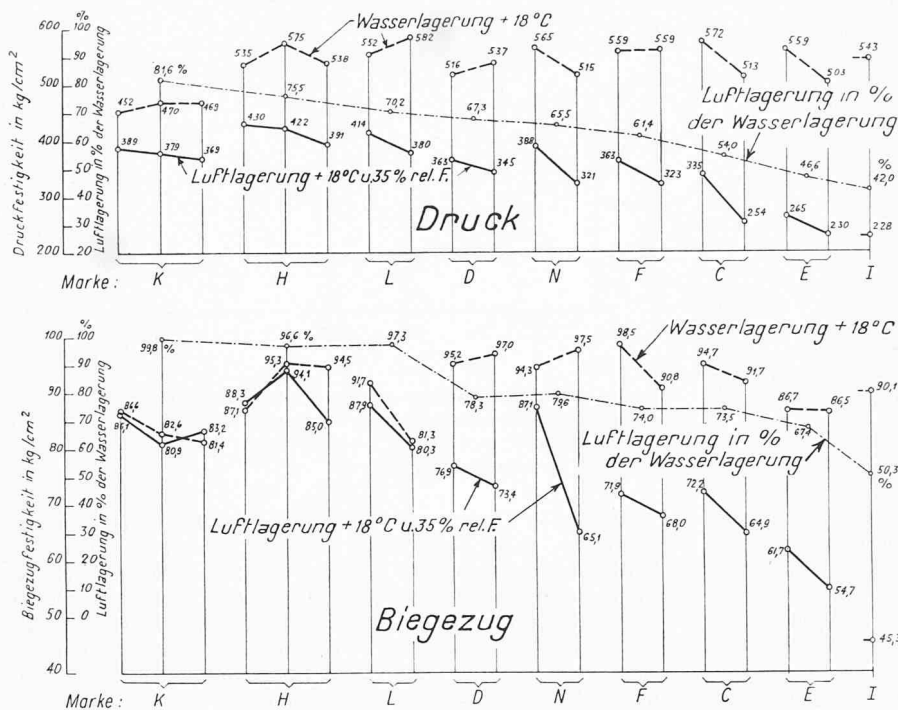


Bild 2. Vergleichswerte der Festigkeiten im Alter von 28 Tagen von Normenmörtelprismen, hergestellt mit verschiedenen Zementmarken bei Luft- und Wasserlagerung

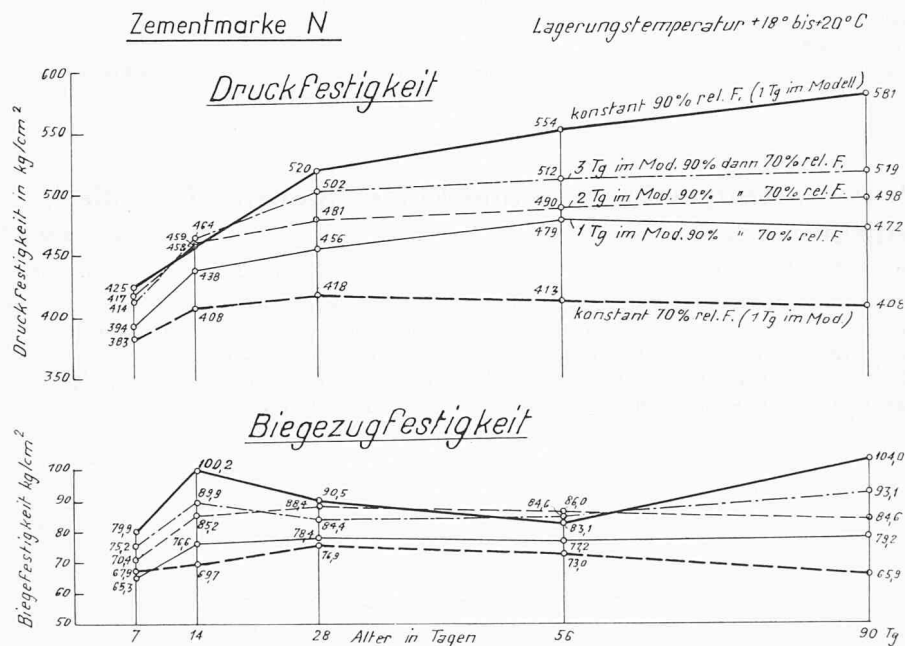


Bild 3. Einfluss der Ausschaltzeit auf die Festigkeitsentwicklung von Normenmörtelprismen bei Luftlagerung

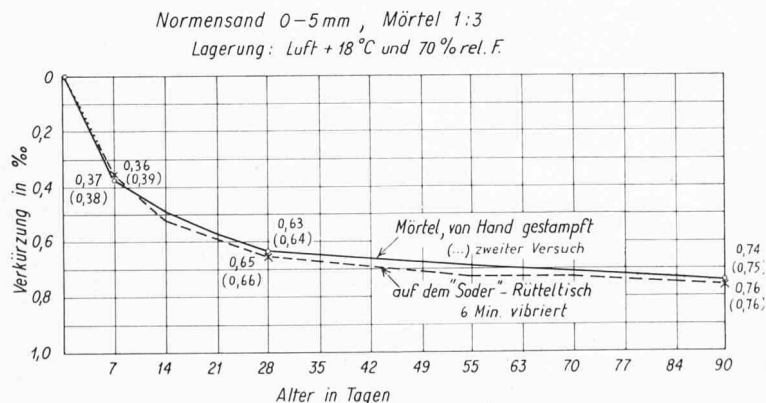


Bild 6. Die Reproduzierbarkeit von Schwindmessungen

hältnis streut nicht nur bei verschiedenen Proben einer Zementmarke, sondern auch bei Proben verschiedener Zementmarken. In Bild 2 sind die Ergebnisse von Versuchen, welche mit 1 bis 3 Proben von 9 verschiedenen schweizerischen Zementmarken durchgeführt wurden, aufgetragen. Hierbei wurden die folgenden Lagerungsarten untersucht:

1. Wasserlagerung bei +18 °C
2. Luftlagerung bei +18 °C und 35 % r. F.

Aus Bild 2 ist ersichtlich, dass die Druck- und Biegezugfestigkeiten im Alter von 28 Tagen bei Wasserlagerung für die verschiedenen Zementmarken eine bedeutend geringere Streuung aufweisen als diejenigen, welche bei 35 % r. F. gelagert wurden. Die in den S.I.A.-Normen Nr. 115 für die Normenmörtelprismen vorgeschriebene Wasserlagerung ergibt also bedeutend gleichmässige Festigkeitsergebnisse als die Luftlagerung bei 35 % r. F. Dies kommt auch in den in der Abbildung eingetragenen Verhältniszahlen der Festigkeiten bei Wasser- bzw. Luftlagerung zum Ausdruck und weist darauf hin, dass gewisse Zementmarken in bezug auf ihre Festigkeitsentwicklung bedeutend empfindlicher reagieren als andere Zementmarken. Die Verhältniszahlen variieren für die Druckfestigkeiten zwischen 42 und rd. 82 % und für die Biegezugfestigkeiten zwischen rd. 50 und 100 %. Diese Werte können aber nicht ohne weiteres auf andere Mörtel und auf Beton übertragen werden. Es wäre deshalb für die Baupraxis von Interesse abzuklären, ob und in welchem Ausmass die vorher erwähnten Schwankungen der Normenfestigkeiten infolge der Lagerungsbedingungen die Betonfestigkeiten beeinflussen.

Eine weitere Untersuchung hatte den Zweck, abzuklären, welchen Einfluss die Art und Dauer der Lagerung der Normenmörtelprismen auf deren Druck- und Biegezugfestigkeit hat. Die Ergebnisse, welche in Bild 3 zusammengestellt sind, zeigen, dass sowohl die Dauer als die Art der Lagerung des frischen Mörtels im Modell von grosser Bedeutung für die weitere Festigkeitsentwicklung sind. Besonders die Luftlagerung im Modell bei 70 % statt bei 90 % r. F. während des ersten Tages bewirkt, dass die Festigkeiten stark reduziert werden und dass nach einem Alter von 28 Tagen die Festigkeiten nicht mehr zunehmen, sogar eher geringfügig abnehmen. Auch die Dauer der Lagerung der Normenprismen im Modell bei 90 % r. F. verursacht Festigkeitsunterschiede, und es tritt eine Stagnierung der weiteren Festigkeitsentwicklung auf, wenn die weitere Luftlagerung nach dem Ausschalen bei 70 % r. F. erfolgt. Bei einer Luftlagerung von 90 % r. F. ist die Festigkeitszunahme am grössten.

Weiter zeigen diese Versuche noch, dass, auch wenn die Herstellung, Lagerung und Prüfung der Normenprismen mit der grössten Sorgfalt erfolgt, bei den Resultaten der Biegezugfestigkeiten grössere Unregelmässigkeiten auftreten. Dies ist bei der Beurteilung von Versuchsergebnissen zu berücksichtigen.

#### b) Die Mahlfeinheit des Zementes

Es ist bekannt, dass Zemente mit höherer Mahlfeinheit (z. B. HPC) bei Mörtel und Beton höhere Anfangsfestigkeiten ergeben. Versuche haben gezeigt, dass dies bei Mörtel und Beton im Alter von 7 Tagen noch zu-

trifft, dass aber im Alter von 28 Tagen die Mahlfeinheit des Zementes unter Umständen auf die Festigkeiten kaum mehr einen Einfluss hat. So zeigt Bild 4, dass bei den drei Zementen der Marke A mit den spezifischen Oberflächen nach Blaine von 2530, 2670 und 2980  $\text{cm}^2/\text{g}$  die Normenmörtelprismen auch noch im Alter von 28 Tagen die erwartete Abstufung der Druckfestigkeiten nach der Mahlfeinheit aufweisen, während dies im Alter von 90 und 365 Tagen nicht mehr zutrifft. Zur Ergänzung dieser Untersuchung wurden an je einer Probe von 16 schweizerischen Zementfabriken die spezifische Oberfläche nach Blaine, die Druck- und Biegezugfestigkeiten an Normenmörtelprismen im Alter von 28 Tagen sowie das Schwindmass nach 90 Tagen bestimmt. In Bild 5 wurden die Zementproben nach ihren spezifischen Oberflächen geordnet. Die Resultate der Normenfestigkeiten im Alter von 28 Tagen zeigen, dass bei diesen Versuchen kaum eine Korrelation zwischen den Normenfestigkeiten und der spezifischen Oberfläche besteht. Es zeigt sich eher die Tendenz, dass bei einer kleineren spezifischen Oberfläche die Normenfestigkeiten im Alter von 28 Tagen zunehmen. Auch die Ergebnisse der Schwindversuche, welche sowohl mit Normenmörtel 1:3 (Wasserzusatz konstant) als mit Mörtel 1:3 mit gleicher Konsistenz durchgeführt wurden, lassen keinen Einfluss der Mahlfeinheit auf das Schwindmass des Mörtels erkennen.

Über die Reproduzierbarkeit von Schwindversuchen gibt Bild 6 Auskunft. Es wurden mit einer Zementprobe vier Schwindversuche durchgeführt, und zwar zwei Versuche mit Mörtel 1:3, welcher von Hand gestampft wurde und zwei Versuche, welche auf dem «Soder»-Rütteltisch verdichtet wurden. Die Resultate zeigen, dass besonders bei den auf gleiche Art verdichteten Mörteln eine sehr gute Übereinstimmung der Schwindmasse erzielt wurde. Vorbedingungen für die Durchführung von Schwindversuchen sind:

1. eine sehr gut funktionierende Konditionierung des Lagerraumes sowohl in bezug auf Temperatur als auf Feuchtigkeit;
2. eine einwandfreie Messapparatur;
3. erfahrenes Personal.

#### c) Frostbeständigkeit

Über die Frostbeständigkeit werden in den S.I.A.-Normen Nr. 115 keine Angaben gemacht. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass der Einfluss der Zementqualität auf die Frostbeständigkeit des Mörtels und Betons bis heute nicht eindeutig abgeklärt ist. Wohl wurden schon viele Untersuchungen im In- und Ausland durchgeführt. Es ist aber schwierig, die Resultate dieser Untersuchungen miteinander zu vergleichen, weil die Prüfungsbedingungen, d. h. besonders die Frost- und Auftaubedingungen sehr unterschiedlich waren. Bei vielen Untersuchungen ist man zur Überzeugung gekommen, dass der verwendete Zement einen Einfluss auf die Frostbeständigkeit eines Mörtels oder Betons haben kann.

Eine orientierende Untersuchung wurde an der EMPA durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Bild 7 dargestellt. Mit 15 schweizerischen PC-Marken wurden Mörtelprismen P300 hergestellt. An diesen wurden nach einer 34tägigen Lagerung an feuchter Luft (90% r. F.) und nach einem Tag Lagerung in

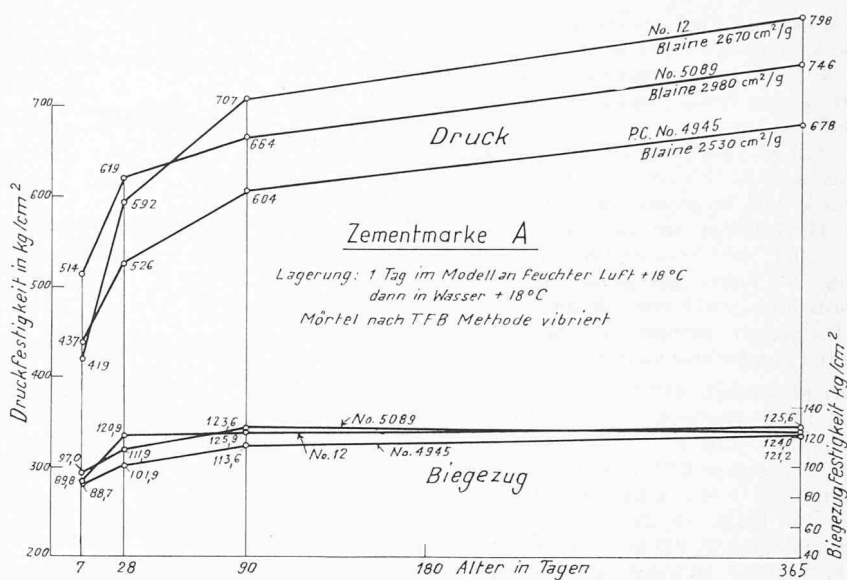


Bild 4. Festigkeiten von Normenmörtelprismen, hergestellt mit Zementen verschiedener Mahlfeinheit

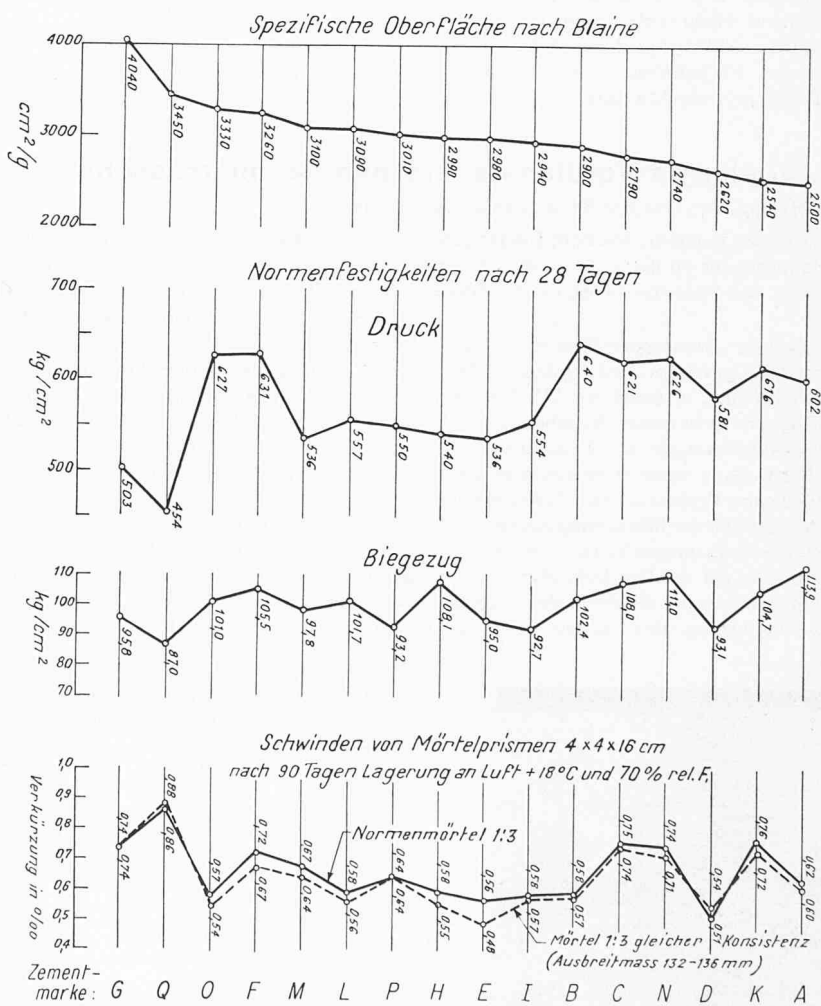


Bild 5. Zementmahlfeinheit, Normenfestigkeit und Schwindmass, bestimmt an Normenmörtelprismen, hergestellt mit verschiedenen Zementmarken

Wasser (+18 °C) die Elastizitätsmoduli bestimmt. Wie aus Bild 7 ersichtlich ist, blieb die Streuung der Elastizitätsmoduli verhältnismässig gering, so dass in dieser Hinsicht die Qualität der verschiedenen Zemente als gleichmässig bezeichnet werden kann. Anschliessend wurden an den Probekörpern die Frostversuche durchgeführt, und zwar

nach folgendem Programm:

- 4 Stunden Frost (-12 bis -15 °C)
- 6 Stunden Wasserlagerung (+18 °C)
- 14 Stunden Frost
- 4 Stunden Wasserlagerung
- 6 Stunden Frost
- 14 Stunden Wasserlagerung usw.

Nachdem die Elastizitätsmoduli auf rd. 50% des anfänglichen Wertes gesunken waren, wurde der Frostversuch abgebrochen und an den Prismen die Druck- und Biegezugfestigkeit bestimmt.

In Bild 7 ist der prozentuale Abfall pro Frostwechsel der Elastizitätsmoduli sowie der Druck- und Biegezugfestigkeiten aufgetragen. Hierbei zeigt sich, dass der prozentuale Abfall der Elastizitätsmoduli und derjenige der Biegezugfestigkeiten sehr gut übereinstimmen, während derjenige der Druckfestigkeiten geringer ist, aber doch annähernd proportional verläuft.

Der prozentuale Abfall pro Frostwechsel der Elastizitätsmoduli ist bei den 15 Zementmarken sehr verschieden. Für den Zement C beträgt er 0,57%, während er für den Zement P 1,34% oder das 2,35fache beträgt. Die Frage, ob diese Unterschiede, welche an Mörtel P 300 bestimmt wurden, auch beim Beton auftreten, kann mangels Untersuchungsergebnissen nicht beantwortet werden. In verschiedenen Publikationen, zur Hauptsache aus dem Ausland, wird diese Frage bejahend beantwortet. Eine neutrale und gründliche Abklärung dieser Frage für schweizerische Verhältnisse wäre für die Baupraxis von grossem Interesse.

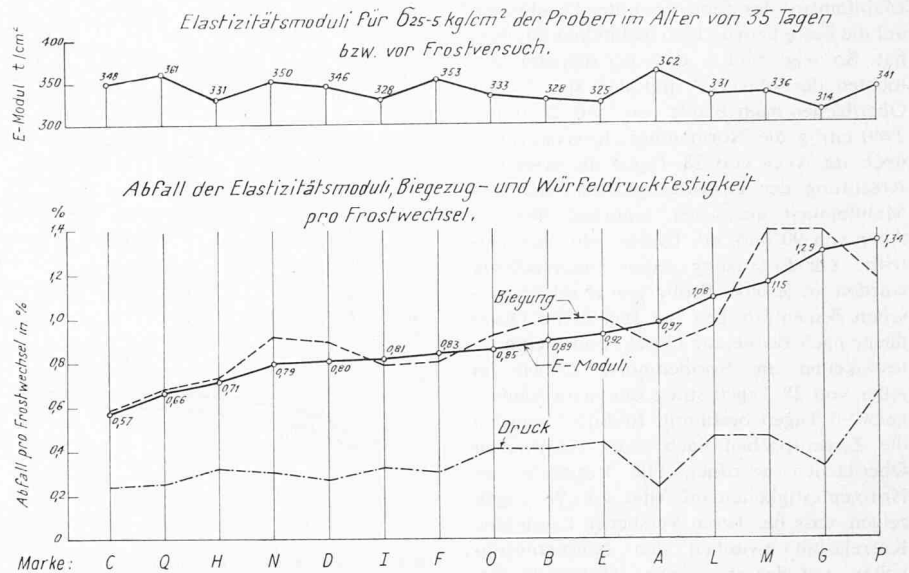


Bild 7. Einfluss der Zementmarke auf die Frostbeständigkeit von Mörtelprismen P 300

Adresse des Verfassers: dipl. Ing. R. Joosting, EMPA, 8600 Dübendorf

## Dr. A. Voellmy's Verdienste um den Betonstrassenbau

DK 625.843.007

Von W. Schüepp, Direktor der Betonstrassen-AG, Wildegg

Meine ersten Kontakte mit dem Jubilar gehen auf meine Studienzeit als Bauingenieur an der ETH zurück, als er den damaligen Prof. Dr. M. Ros, den späteren Direktionspräsidenten der EMPA, assistierte.

Das nächste Zusammentreffen ergab sich 10 Jahre später, zur Zeit meiner Tätigkeit als Festungsbauer. Damals, am Anfang des zweiten Weltkrieges, ersuchte ich Dr. Voellmy, Abteilungsvorsteher der EMPA, um praktische Angaben über Explosionsdruck- und Druckstoss-Auswirkungen an Festungswerken. Die möglichst umgehende Behandlung dieser Probleme war durch den überraschenden und erfolgreichen Vormarsch der deutschen Armeen in Polen ausgelöst worden, welche die Befestigungsanlagen durch Explosionstechnik rasch ausser Gefecht gesetzt hatten. Da wir mitten in der Projektierung und Ausführung der modern konzipierten Festungsanlagen von Sargans standen, waren die Angaben des vorgenannten Untersuchungsauftrages sehr wichtig. Dr. Voellmy gelang es, uns laufend wichtige

Teilresultate zu liefern, die uns ermöglichten, die richtigen Baumassnahmen und Schutzvorkehrungen für diese Sprengprobleme zu treffen. Weitere Aufträge für solche Untersuchungen und Studienberichte reichten sich laufend aneinander.

Die nächste, noch heute andauernde, intensive Zusammenarbeit über Forschung und Dimensionierung von Betonbelägen begann 1954 mit meiner Tätigkeit als Leiter der Betonstrassen AG, Wildegg. Der Jubilar hatte schon früher viele Kontakte mit meinem Vorgänger, dem Leiter der Beratungsstelle und Bauleitungsorganisation für hochwertigen Belagsbeton, sowie mit unseren Ingenieuren. Als Materialprüfer und Wissenschaftler war er leidenschaftlich an den sorgfältig zusammengesetzten Betonmischungen und den damit gemachten Erfahrungen interessiert. Da die von uns verwendeten Betonmischungen, deren Verarbeitung, Einbau und Nachbehandlung überwacht werden, bis in die Einzelheiten bekannt sind, konnten mit den Prüfergebnissen wertvolle Auswertungen erzielt werden. Diese wurden weg-

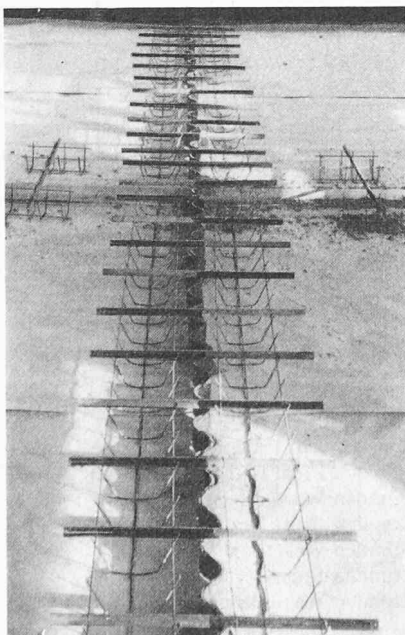


Bild 1 (links): Vor Belagsbetonierung verlegte untere Wellerniteinlage mit Dübeln auf Fugenkörben

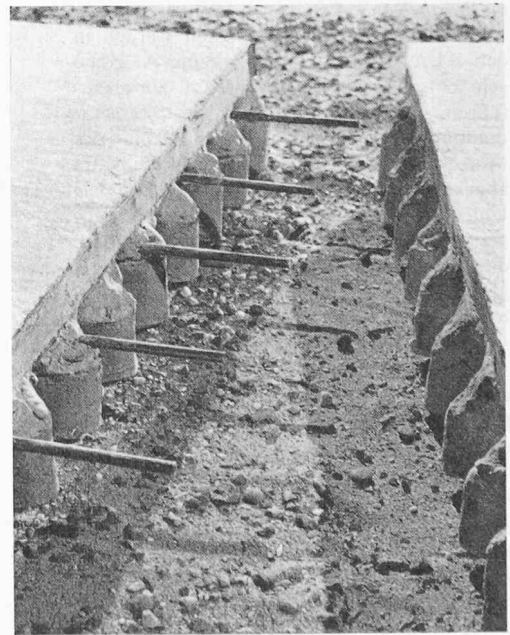


Bild 2 (rechts): Geöffnete Kontraktionsfuge (Modellbild) mit unterer Wellerniteinlage