Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 54-55 (1986-1987)
Heft: 10

Artikel: Prüfung von Festbeton auf Frost- und Frost-Tausalz-Beständigkeit
Autor: B.M.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153701

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: 13.12.2025

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

CEMENTBULLETIN

OKTOBER 1986 JAHRGANG 54 NUMMER 10

Prüfung von Festbeton auf Frost- und Frost-Tausalz-Beständigkeit

Rasches und einfaches Verfahren. Frost/Tauwechsel an gestättigten Probekörpern. Eindeutige Beurteilung.

Die TFB führt in ihrem Labor in Vernier GE seit zwei Jahren eine neue Prüfung durch, um auf einfache Weise die Beständigkeit von Beton gegen Frost oder gegen Frost-Tausalz zu ermitteln. Das Verfahren dauert vier Tage und geschieht an Probestücken aus Festbeton, der mindestens 14 Tage alt ist. Anhand des auftretenden Rissbildes kann die Beständigkeit sehr rasch beurteilt werden.

Weshalb eine neue Methode?

Frostbeständiger Beton soll während seiner Lebensdauer alle Wintertemperaturen ohne Zerstörung oder Schäden überstehen können. Diese Eigenschaft kann nicht am Bauobjekt selbst überprüft werden, indem man es während mehreren Jahren der winterlichen Beanspruchung aussetzt und das Resultat abwartet. Der Hersteller will sie bekanntlich voraussagen und braucht deshalb eine Prüfmethode, die die Verhältnisse simuliert, zeitlich rafft und trotzdem eine zuverlässige Beurteilung ermöglicht.
Seit im winterlichen Strassenverkehr das Tausalz zur Schwarzräumung verwendet wird, müssen bestimmte Betonbauteile auch frosttausalz-beständig sein. Diese Beanspruchung ist anderer Art als

reiner Frost, weshalb die Frost-Tausalz-Beständigkeit nach einer separaten Methode überprüft wird. Bis heute sind zahlreiche Prüfmethoden entwickelt worden. Alle gehen davon aus, dass Beton ein poröser Baustoff ist und Wasser enthält, das bei Frost gefriert, dadurch die Poren sprengt und das Gefüge mehr oder weniger zerstört. Dieser Mechanismus liegt auch bei Tausalzbeanspruchung zugrunde, da auftauender Schnee oder Eis die nötige Schmelzwärme dem Beton entzieht und dabei dessen Porenwasser gefrieren lässt. Im Unterschied zum natürlichen Winterfrost verläuft diese Abkühlung aber schockartig.
Bei den meisten Methoden werden Probekörper einer Anzahl Frost-Tauwechseln innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen ausgesetzt. Die Beständigkeit wird dann anhand folgender Messungen oder Beobachtungen beurteilt: sichtbare Schäden an der Oberfläche (z. B. Risse), Gewichtseinbusse, Reduktion des Elastizitätsmoduls, Abnahme der Festigkeit, bleibende Verformungen usw. Einige Verfahren beschränken sich auf die Modellvorstellung der wassergefüllten Luftporen und untersuchen nur die Porosität oder die Sättigung. Als Mass für die Beständigkeit dienen dort der Gehalt und die Verteilung an Luftporen oder der Sättigungsgrad. Die bisherigen Methoden erfordern teure Messeinrichtungen und dauern oft sehr lange, besonders wenn beständige Proben zu prüfen sind. Deshalb wurde bei der TFB nach einem einfachen und raschen Verfahren gesucht, das ausserdem die eindeutige Beurteilung «beständig» bzw. «nicht beständig» erlaubt.

Die Versuchsdurchführung

Probenahme: Geprüft werden Probekörper aus Festbeton. Bei Neubauten sollten sie mindestens 14 Tage alt sein. Bei bestehenden Bauten werden sie je nach Fragestellung in der entsprechenden Anzahl an gefährdeten oder bereits beschädigten Bauteilen entnommen. Die Form der Prüflinge ist frei. Meistens sind es Bohrkerne von 50 mm Durchmesser. Grössere Proben werden auf der Baustelle oder im Labor mit dem Trennschleifgerät zu Handstücken zerkleinert. Ihre Oberflächen entsprechen dann dem Innern oder der Aussenfläche des Bauteils, von dem sie genommen worden sind.

Standardprogramm: Vor der Frostung werden die Proben zu 100% mit Wasser gesättigt. Man begnügt sich dabei nicht mit einer natürlichen Wasserlagerung der Proben, sondern taucht sie in einen mit Wasser gefüllten Druckbehälter und erzeugt darin während 30 Minu-

3 **Tabelle 1 Zeitprogramm für die Durchführung der Frost/Tau-Zyklen**

Frostwechsel Nr.	*Tag*	*Frost** −25 °C Dauer (Zeiten)	*Auftauen* +20 °C Dauer (Zeiten)
1.	1. Tag	11.30–13.30	13.30–14.30
2.	1. Tag	14.30–16.30	16.30–17.30
3.	1./2. Tag	17.30–07.30	07.30–08.30
4.	2. Tag	08.30–10.30	10.30–11.30
5.	2. Tag	11.30–13.30	13.30–14.30
6.	2. Tag	14.30–16.30	16.30–17.30
7.	2./3. Tag	17.30–07.30	07.30–08.30
8.	3. Tag	08.30–10.30	10.30–11.30
9.	3. Tag	11.30–13.30	13.30–14.30
10.	3. Tag	14.30–16.30	16.30–17.30

* Frostbeständigkeit: Ethylenglykolbad
Frost-Tausalz-Beständigkeit: Chlorkalziumlösung

ten einen Druck von 100 bar. Anschliessend belastet man die gesättigten Proben innerhalb von 3 Tagen mit 10 Frostwechseln. Zur Prüfung der Frostbeständigkeit benützt man ein Ethylenglykolbad von −25 °C und für die Frost-Tausalz-Beständigkeit eine Chlorkalziumlösung von −25 °C (Konzentration: 35 Masse-%). Für das Auftauen genügt jeweils ein Wasserbad von +20 °C. Das Zeitprogramm (vgl. Tab. 1) ist auf die Normalarbeitszeit eines Labors abgestimmt. – Nach dem letzten Zyklus werden die Proben während 12 Stunden bei Zimmertemperatur an der Luft gelagert und dann während 24 Stunden bei 80 °C getrocknet. – Anschliessend werden die Proben unter der Lupe auf Risse untersucht. Um auch kleinere Risse sichtbar zu machen, tränkt man die Proben mit einem Epoxidharz, das eine Leuchtfarbe enthält. Nach dem Aushärten des Harzes werden die Proben zerschnitten, ihre Oberflächen poliert und unter einem UV-Licht mit Gelbfilter betrachtet oder für die Untersuchungsberichte fotografiert, vgl. Abb. 1–4. Die Resultate liegen innerhalb von 4 bis 5 Tagen nach Eintreffen der Probekörper im Labor vor.

Beurteilungskriterien: Proben, die nach 10 Zyklen ohne Risse aus dem Ethylenglykolbad hervorgehen, gelten als frostbeständig. – Proben, die nach 10 Zyklen ohne Risse aus dem Versuch mit

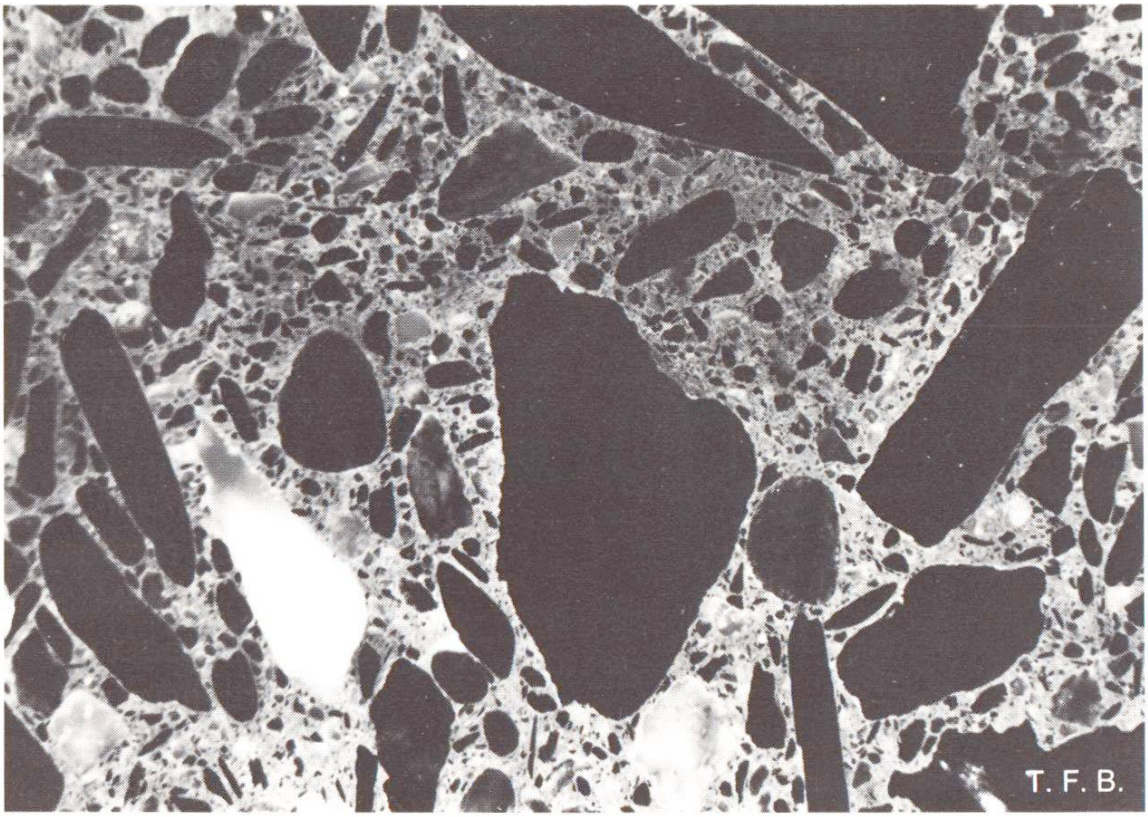
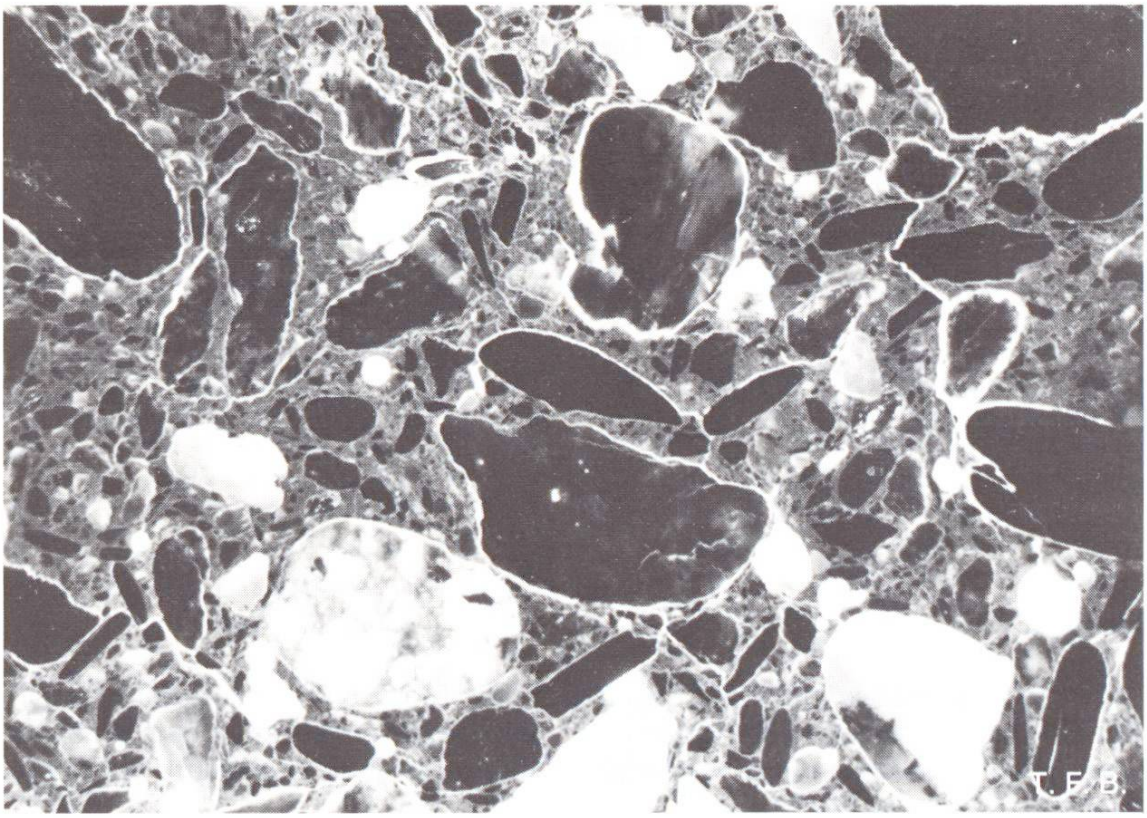


Abb. 1 Probekörper nach Frostversuch (ohne Salzeinwirkung). Keine sichtbaren Risse oder Strukturveränderungen. Ergebnis: Der geprüfte Beton ist frostbeständig.

Abb. 2 Probekörper aus demselben Beton wie in Abb. 1 nach Frostversuch mit Salzeinwirkung. Die Kontaktflächen zwischen Zuschlag und Zementstein sowie der Zementstein selbst sind gerissen. Ergebnis: Der geprüfte Beton ist nicht frost-tausalz-beständig.



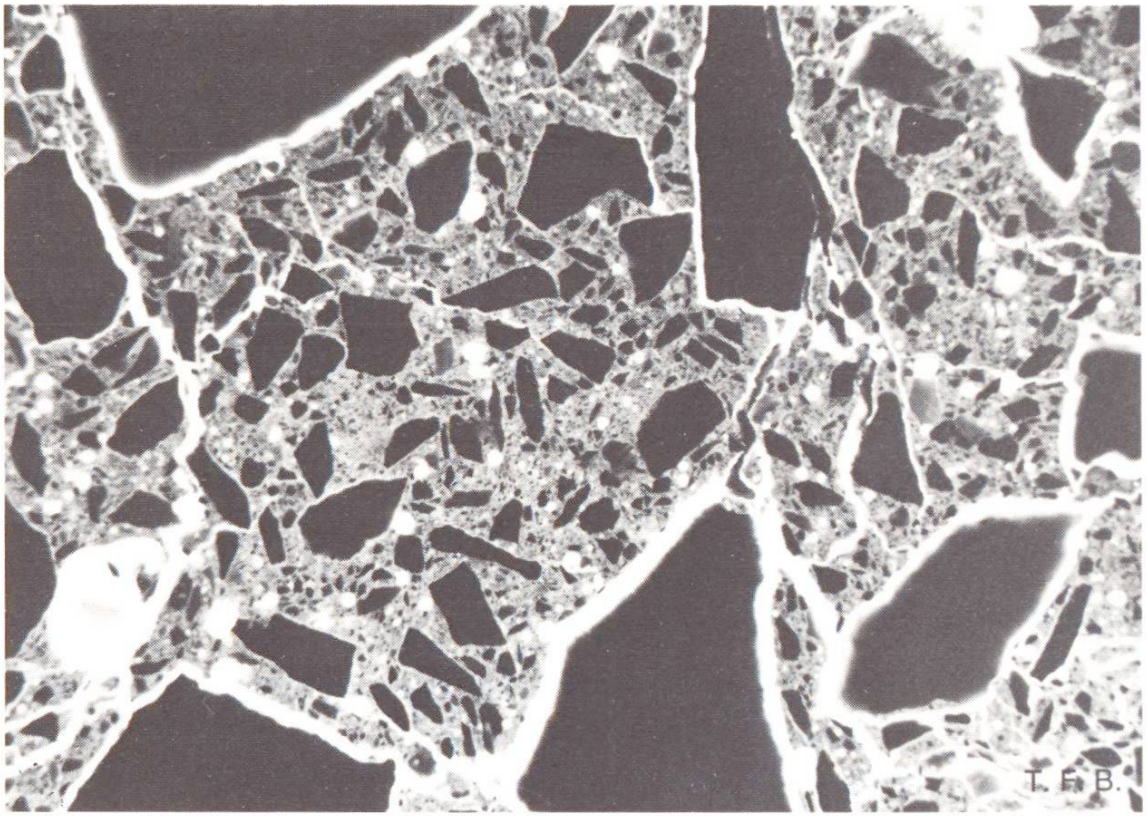
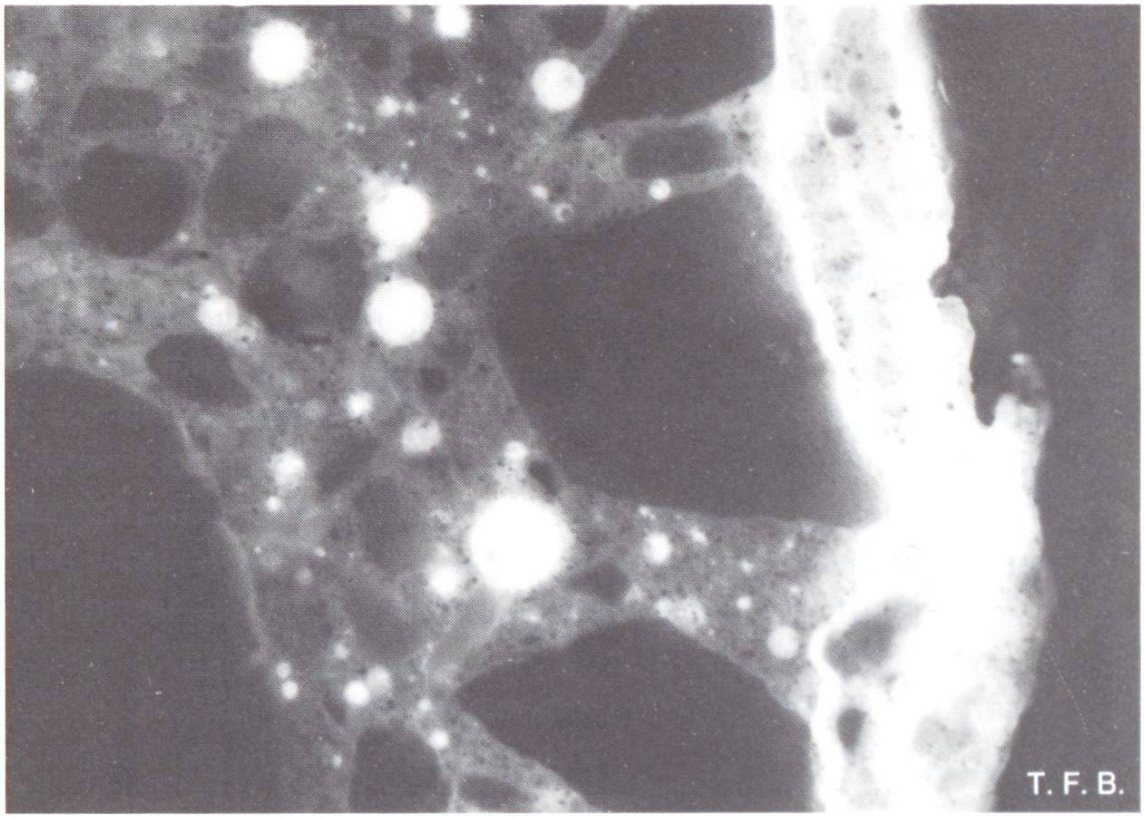


Abb. 3 Probekörper mit ungenügenden Luftporen, der im Tausalzversuch bereits nach zwei Frost/Tau-Zyklen gerissen ist. Dieses Bild ermöglicht eine differenzierte Beurteilung der Frost-Tausalz-Beständigkeit: Die Proben von Abb. 2 und 3 sind beide ungenügend; die Probe von Abb. 3 ist jedoch wesentlich schlechter als jene von Abb. 2.

Abb. 4 Schnitt durch Probekörper mit Betonoberfläche (rechts im Bild). Der geprüfte Probekörper ist an der Oberfläche gerissen, während er im Innern keine Veränderungen zeigt. Ergebnis: Der geprüfte Beton ist bis auf eine Tiefe von 3–4 mm frostgefährdet, während er im Inneren frostbeständig ist.



 Chlorkalziumlösung hervorgehen, gelten als frost-tausalz-beständig. – Die Probekörper können aber auch differenziert beurteilt werden, wenn sie beispielsweise bereits nach wenigen Zyklen gerissen sind oder wenn sie an ihren Oberflächen lokale Unterschiede zeigen.

Ausrüstung: Die Ausrüstung ist sehr einfach und kostet etwa Fr. 3000.–. Der Versuch braucht keine grossen Spezialkenntnisse und kann von einem einzigen Laboranten durchgeführt werden.

Bisherige Erfahrungen

Die neue Methode diente bisher in der Westschweiz zur Überprüfung von Kunstbauten bei Autobahnen und zur Qualitätssicherung bei der Vorfabrikation. Untersucht wurden damit etwa 650 Probestücke in über 200 Fällen. Die Ergebnisse wurden mit jenen anderer Prüfmethoden verglichen, was ihre Aussagekraft bestätigte.
Neuartig an der Methode ist die 100prozentige Sättigung. Die Probestücke werden auf diese Weise einer sehr strengen Prüfung unterzogen, da der Beton am Bauwerk normalerweise nicht gesättigt ist. Es kann vorkommen, dass ein Beton als «nicht frostbeständig» bezeichnet wird, obwohl er in der Praxis einige Winter schadlos überstehen könnte. Darin liegt die erforderliche Sicherheitsmarge, was dem einfachen Konzept angemessen ist. Andrerseits wünschen auch die Hersteller eine strenge Prüfung, da sie die Qualität garantieren wollen. Der Attest einer «mittleren Beständigkeit» wäre zu unbestimmt und würde ihnen nichts nützen.
Die Ergebnisse zeigen, dass auch ein Beton ohne künstlich eingeführte Luftporen frostbeständig sein kann, dass aber der Luftporenbeton bei differenzierter Beurteilung besser ist.
Beobachtet wurde ferner der Umstand, dass die Risse zuerst zwischen Zementstein und Zuschlagskorn auftreten. Erst später verlaufen sie durch den Zementstein selbst. Diese Tatsachen und ihre Begründung standen beim Festlegen der neuen Methode nicht im Vordergrund. Wichtiger war die Lösung des praktischen Problems mittels einer einfachen Methode, die zeitgerecht zu brauchbaren Resultaten führt. Man suchte nicht primär nach einem wissenschaftlichen Versuch, der den natürlichen Frostvorgang möglichst genau erfasst und getreulich nachbildet. Berücksichtigt wurde einzig das Phänomen des Temperaturschocks, indem zwischen Frost- und Frost-Tausalz-Beanspruchung ein qualitativer Unterschied gemacht wurde.

7 Als Vorteil hat sich die Möglichkeit zur lokalen Beurteilung erwiesen (Abb. 4). Man kann anhand der Probestücke zwischen der Beständigkeit des Kerns und der Oberfläche unterscheiden. Diese Aussagen sind bei Zustandsanalysen sehr nützlich, bilden sie doch wichtige Grundlagen für Sanierungskonzepte. Besonders geschätzt wird auch die gut verständliche Darstellung in Form von Bildern. Eine Interpretation von Zahlenwerten oder von mikroskopischen Aufnahmen ist nicht notwendig.

Die neue Methode wird vielleicht keine wissenschaftlichen Erkenntnisse bringen. Dank ihrer Einfachheit ist sie aber ein geeignetes Instrument für die Praxis. *B. M.*

Literatur

Piguet, A.: «Schnellverfahren zur Bestimmung der Frost- und Frost-Tausalz-Beständigkeit von mineralischen Baustoffen», in: Werkstoffwissenschaften und Bausanierung: 2. Int. Kolloquium, 2.–4. September 1986 (Hrsg: F. H. Wittmann). Technische Akademie Esslingen, Ostfildern

TFB

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE
DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE
5103 Wildegg Postfach Telefon 064 53 17 71