Rissverpressungen mit Feinstzementsuspensionen

Autor(en): **Hermann, Kurt**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **64 (1996)**

Heft 4

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-153814

Nutzungsbedingungen

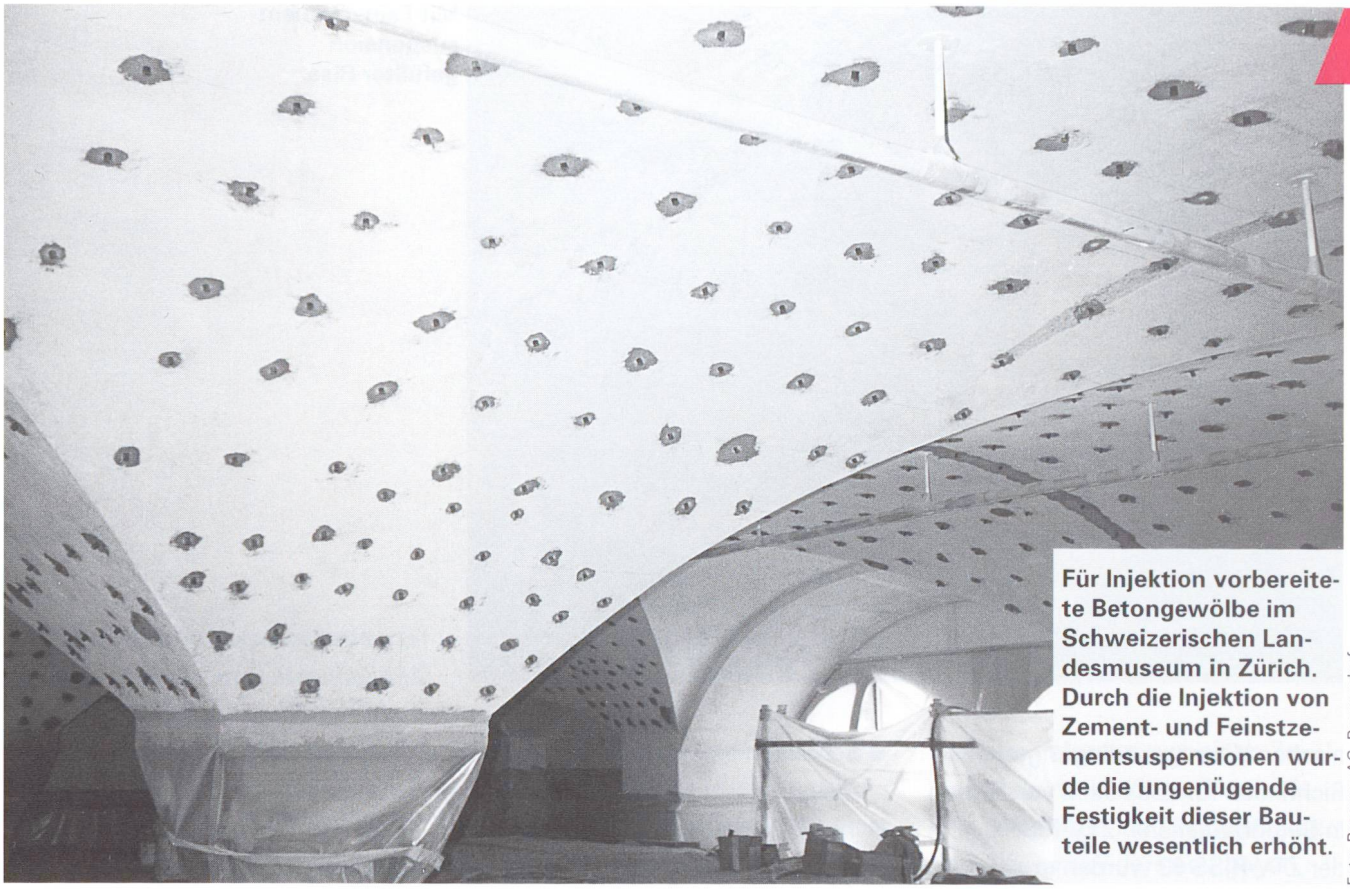
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch



Für Injektion vorbereitete Betongewölbe im Schweizerischen Landesmuseum in Zürich. Durch die Injektion von Zement- und Feinstzementsuspensionen wurde die ungenügende Festigkeit dieser Bauteile wesentlich erhöht.

Foto: Renesco AG, Regensdorf

Rissverpressungen mit Feinstzementsuspensionen

Risse in Betonbauteilen können durch die Injektion von Feinstzementsuspensionen kraftschlüssig geschlossen werden.

Risse in Beton sind nicht nur ein ästhetisches Problem: Sie können unter Umständen die Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit, manchmal sogar die Tragfähigkeit von Betonbauteilen erheblich beeinträchtigen. In den meisten Regelwerken wird deshalb die zulässige Rissbreite je nach Umwelteinwirkungen auf ein Bauteil auf 0,1 bis 0,4 mm beschränkt.

Weitere wichtige negative Folgen von Rissen in Beton sind [1]:

- Der Korrosionsschutz der Bewehrung wird beeinträchtigt.
- Die Dichtigkeit kann ab Rissbreiten von 0,05 mm nicht mehr gewährleistet sein.

Risse müssen deshalb oft verschlossen werden. Ein in den letzten Jahren vermehrt eingesetztes Verfahren ist das Injizieren von Feinstzementsuspensionen.

Verfahren zum Schliessen von Rissen

Das kraftschlüssige Verfüllen von Rissen in Konstruktionsbeton wird schon seit über 30 Jahren erfolgreich mit Epoxidharzen durchgeführt, die eine hohe Eigen- und Haftfestigkeit aufweisen. Auch kleinste Risse (Rissbreite an Bauteiloberfläche um 0,1 mm) lassen sich damit bis in die feinsten Verästelungen füllen – im Idealfall. Sobald beispielsweise der Beton nass ist oder die Risse dehnfähig verbunden werden sollten, treten mit Epoxidharzen Probleme auf. Diese können meistens unter Verwendung anderer Materialien – Polyurethanharzen oder Zementleimen bzw. Zementsuspensionen – gelöst werden.

Einen Überblick über die Anwendungsbereiche der wichtigsten Füllmaterialien (Zementsuspensionen, Zementleime, Polyurethan- und Epoxidharze) und möglichen Füllarten (Tränkung, Injektion) in Abhängigkeit vom Feuchtezustand der Risse gibt *Tabelle 1* [2]. Diese stammt aus den «Zusätzlichen tech-

4

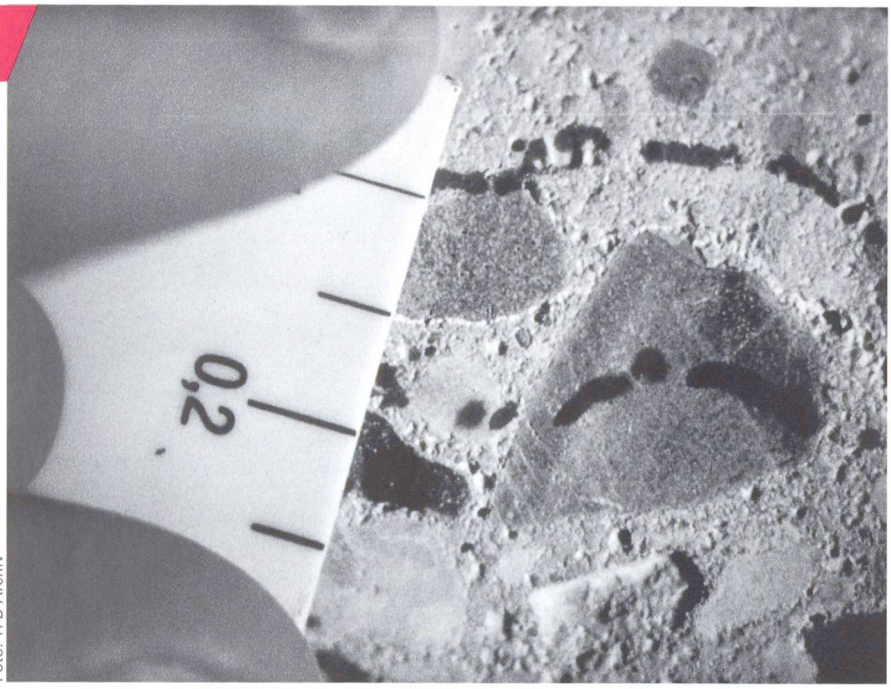


Foto: TFB-Archiv

Mit Feinstzementsuspension gefüllter Riss.

nischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für das Füllen von Rissen in Betonbauteilen» (ZTV-RISS 93). In der ZTV-RISS 93 wurden in Deutschland erstmals Feinstzementsuspensionen für das Schliessen und Abdichten von Rissen sowie für das kraftschlüssige Verbinden von Rissufern zugelassen.
Zementsuspensionen weisen gegenüber den Epoxid- und Polyurethanharzen einige Vorteile auf:

- Sie sind länger verarbeitbar.
- Sie sind sowohl unter trockenen als auch unter feuchten Bedingungen einsetzbar.
- Sie bieten einen vollwertigen Korrosionsschutz für die Bewehrung.
- Ihre Materialbasis ist die gleiche wie bei Beton.
- Sie lassen sich wie alle mineralischen Baustoffe entsorgen.

Feinstzemente

Feinstzemente, deren wichtigste Kenngrössen in *Tabelle 2* mit denjenigen von CEM-I-Zementen (PC und HPC) verglichen werden, zeichnen sich vor allen durch die sehr hohe spezifische Oberfläche (11 000 bis 16 000 cm^2/g) aus. Entscheidend für ihren Einsatz bei Rissverpressungen ist aber die abgestimmte kontinuierliche Korngrössenverteilung (siehe *Abbildung 1)*. Damit Feinstzementsuspensionen ein möglichst hohes Penetrationsvermögen aufweisen, dürfen sie nur wenig sogenanntes «Sperrkorn» (grosse Zementkörner) enthalten. Für Verpressungen von Rissen in Beton lassen sich deshalb nur Produkte verwenden, deren Eigenschaften ungefähr denjenigen des in *Tabelle 2* mit Typ B bezeichneten Feinstzements entsprechen. Sie weisen bei 16 µm (0,016 mm) einen Siebdurchgang von 100 % auf. Feinstzemente vom Typ A (95–96 % Korngrössenanteil < 16 µm) eignen sich beispielsweise für die gängigen Verfestigungs- und Abdichtungsinjektionen auf dem Gebiet der Geotechnik.

Anwendungsziel	Feuchtezustand der Risse			
	trocken	feucht	«drucklos» wasserführend	unter Druck wasserführend
Schliessen durch Tränken mit	EP	EP[1]		
Schliessen durch Injektion mit	ZS, ZL, EP, PUR	ZS, ZL, EP[1], PUR	ZS, ZL, PUR	ZS[3], ZL[3], PUR[2]
Abdichten durch Injektion mit	ZS, ZL, EP, PUR	ZS, ZL, EP[1], PUR	ZS, ZL, PUR	ZS[3], ZL[3], PUR[2]
Kraftschlüssig verbinden durch Injektion mit	ZS, ZL, EP	ZS, ZL, EP[1]	ZS, ZL	ZS[3], ZL[3]
Dehnfähig verbinden durch Injektion mit	PUR	PUR	PUR	PUR[2]

[1] Unter Anwendung spezieller Epoxidharze
[2] Unter Anwendung von schnellschäumendem PUR (SPUR) vor der Injektion mit PUR
[3] Zusammen mit vorübergehenden abdichtenden Massnahmen zur Druckminderung

ZS: Zementsuspension
ZL: Zementleim
EP: Epoxidharz
PUR: Polyurethanharz

Tab. 1 Anwendungsbereiche der Füllmaterialien und Füllarten gemäss ZTV-RISS 93 nach [2].

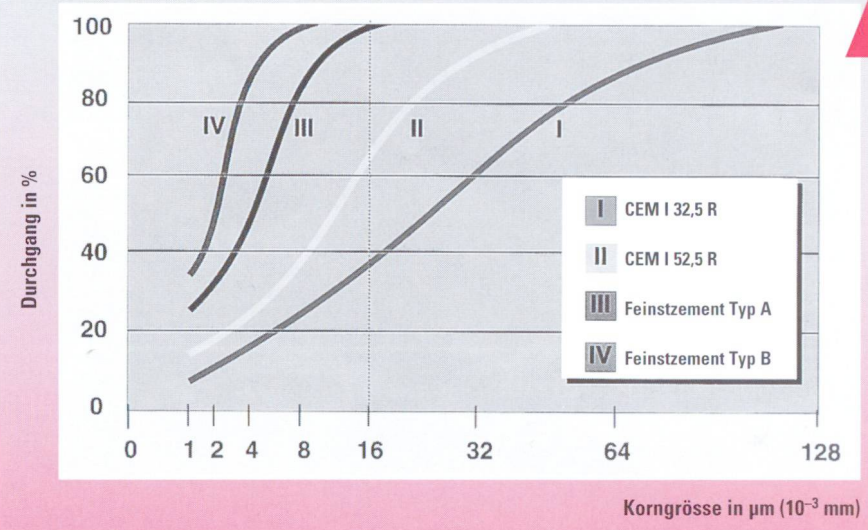


Abb. 1 Vergleich der Kornverteilung von herkömmlichen Zementen und Feinstzementen (nach [4]).

Feinstzementsuspensionen

An Feinstzementsuspensionen werden sehr hohe Anforderungen gestellt. Eine Auswahl davon umfasst [5]:

- kaum Wasserentzug durch kapillares Saugen von Beton während und nach der Verpressung
- Unempfindlichkeit gegenüber Feuchtezustand des Betons
- gute Verpressbarkeit von Rissen mit Weiten ≤ 0,20 mm
- gute Gleitfähigkeit in Rissen und Hohlräumen, damit hohe Verpressdrücke vermieden werden können
- gleichmässige Festigkeiten
- lange Verarbeitungszeit

Mit zunehmender Mahlfeinheit nimmt der Wasseranspruch des Zements zu. Bei Bodeninjektionen wird deshalb beispielsweise mit Wasserzementwerten (W/Z-Werten) bis 5 gearbeitet. Für Injektionen sind dagegen W/Z-Werte um 1,0 oder darunter gefordert, um einen Zementstein mit niedriger Porosität und hoher Früh- und Endfestigkeit sowie gutem Widerstand gegen chemische und physikalische Angriffe zu erhalten [3].

Feinstzementsuspensionen mit diesen Eigenschaften lassen sich nur unter Verwendung von Injektionshilfen (Zusatzmittel und Zusatzstoffe) herstellen. Diese stabilisieren die

Kenngrössen		PZ 35 F (CEM I 32,5 R)	PZ 55 (CEM I 52,5 R)	Feinstzement Typ A	Feinstzement Typ B
Spezifische Oberfläche	cm^2/g	2700–3300	5400–5700	11 000–12 000	15 000–16 000
Korngrössen – Anteil < 2 µm – Anteil < 16 µm – Anteil < 32 µm	Masse %	 10–12 41–50 62–75	 17–22 75–85 96–99	 30–35 95–96 100	 45–50 100 100
Schüttdichte	kg/dm^3	ca. 1,30	ca. 1,30	ca. 0,70	ca. 0,70
Dichte	kg/dm^3	ca. 3,10	ca. 3,10	ca. 3,00	ca. 3,16
Wasseranspruch für Normsteife	Masse %	25–31	31–34	ca. 55	ca. 60
Druckfestigkeit – nach 2 Tagen – nach 28 Tagen	N/mm^2	 22–30 47–51	 35–45 65–70	 40–45 60–65	 45–50 50–55
Wasserzementwert		0,50	0,50	0,55 [1]	0,65 [1]

[1] Unter Praxisbedingungen sind W/Z-Werte zwischen 0,8 und 1,0 üblich. Die daraus resultierenden 28-Tage-Druckfestigkeiten liegen zwischen 30 und 35 N/mm^2.

Tab. 2 Kenngrössen von Zementen und Feinstzementen [3, 4].

Suspensionen, indem sie verhindern, dass die suspendierten Zementteilchen Klumpen bilden, d. h., dass sie agglomerieren. (Untersuchungen zeigen, dass die Teilchengrössenverteilung in Zementsuspensionen annähernd gleich wie in trockenen Feinstzementen ist [6].) Zudem erniedrigen Zusatzmittel die Viskosität von Zementsuspensionen drastisch und erhöhen ihr Wasserrückhaltevermögen. Sie beeinflussen die Erhärtung des injizierten Zementleims nicht nachteilig [3]. Stabile Feinstzementsuspensionen enthalten Zugabewasser, Feinstzement und Zusätze. Auf dem Markt sind Zweikomponentensysteme erhältlich, die aus einer Pulver- und einer flüssigen Komponente bestehen. Die Suspensionen werden mittels hochtouriger Mischgeräte mit Spezialmischköpfen (Kolloidalmischern) hergestellt. Während der Verarbeitung werden sie durch langsam laufende Rührwerke ständig in Bewegung gehalten.

Rissinjektionen

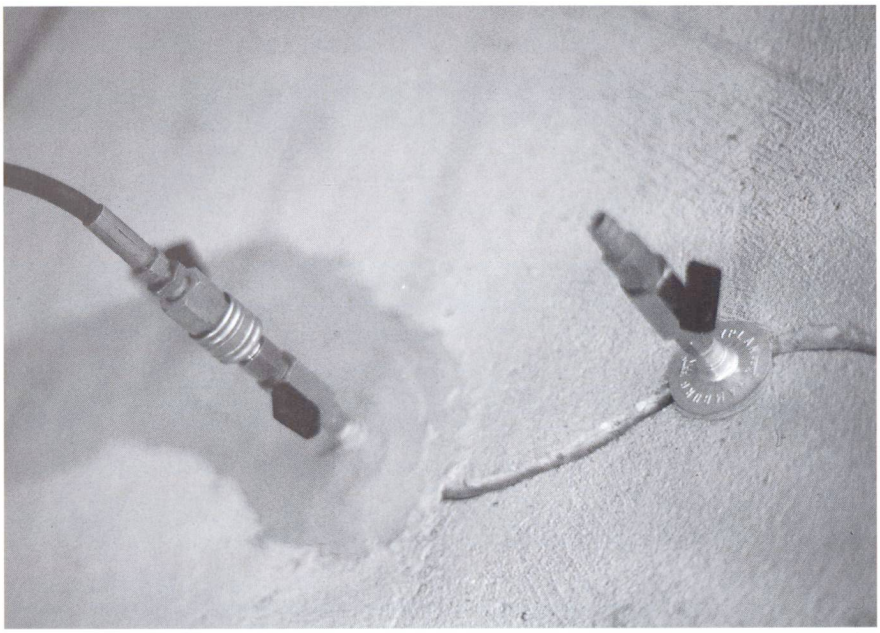
Damit Risse verpresst bzw. injiziert werden können, müssen Packer gesetzt werden. Bewährt bei Zementsuspensionen haben sich sogenannte *Klebepacker*. Diese bestehen aus Metall- oder Kunststoffplättchen mit einem verschliessbaren Einfüllstutzen (siehe *Abbildung)*. Klebepacker werden direkt auf den gereinigten Riss aufgeklebt. Nicht von Klebepackern bedeckte Rissöffnungen müssen verdämmt werden. Dazu eignen sich zementöse Spachtel oder Kunststoffspachtel.

Bohrpacker sind eine Alternative zu Klebepackern. Sie erfordern das Anlegen von Bohrkanälen, die den Rissbereich kreuzen. Die Bohrpacker bestehen meistens aus metallischen Gewinderöhrchen, auf die eine Spreizeinrichtung geschoben ist. Diese arretiert den Packer und dichtet gleichzeitig den Bohrkanal ab. Bei Bohrpackern kann oft auf eine Verdämmung der Risse verzichtet werden.

Die eigentliche Verpressung erfolgt im Niederdruckverfahren. Die Niederdruckpumpe sollte für Injektionsdrucke von 2 bis 8 bar regulierbar sein. Die Feinstzementsuspension gelangt über einen Hochdruckschlauch zum verschliessbaren Einfüllstutzen des Packers. Nachinjektionen sind möglich.

Klebepacker und Verdämmungsmaterialien werden nach etwa einem Tag entfernt. Bohrpacker können in der Regel etwa 1 Std. nach der

Foto: TFB-Archiv



Bei Rissverpressungen mit Klebepackern müssen die Risse vorgängig verdämmt werden.

Foto: TFB-Archiv

Rasterinjektion zum Füllen von Hohlräumen im Betongefüge einer Brücke.

Nachinjektion herausgezogen, gereinigt und später wiederverwendet werden.

Anwendungen von Feinstzementinjektionen

Durch Injektionen mit Feinstzementsuspensionen lassen sich auch sehr feine Risse in Betonbauteilen kraftschlüssig verschliessen. Im Labor wurden Risse mit Breiten an der Oberfläche zwischen 0,2 und 0,3 mm über Klebepacker mit Feinstzementsuspensionen behandelt. Sämtliche Risse wurden bis zu einer Breite von 0,05 mm homogen und vollständig gefüllt; der Feuchtezustand des Betons spielte dabei keine Rolle [8].

In der Praxis wird davon ausgegangen, dass die maximale Korngrösse des injizierten Materials rund $^1/_5$ der minimal zu füllenden Rissbreite betragen darf. Mit Suspensionen von Feinstzement, der eine maximale Korngrösse von 16 µm (0,016 mm) aufweist, lassen sich also Rissbreiten ab 0,10 mm fehlstellenfrei füllen [9]. Ursprünglich wurden Feinstzemente für Anwendungen in der Geotechnik entwickelt. Zunehmend werden sie aber auch für Felsinjektionen, Bauwerk- und Kanalsanierungen als umweltverträgliche Alternative zu chemischen Injektionsmitteln (Epoxid- und Polyurethanharzen) eingesetzt. Grobporiges, schlecht verdichtetes und hohlraumreiches Betongefüge lässt sich beispielsweise durch Rasterinjektionen mit Feinstzementsuspensionen wirksam verfestigen und abdichten; Epoxidharze sind für diese Aufgabe nur sehr bedingt geeignet [10]. Eine interessante Anwendung ist auch die Verpressung von Längs-, Quer- und Radialrissen in nicht begehbaren Abwasserkanälen mittels fahrbarer Packer unter Überwachung mit einer TV-Kamera [11].

Kurt Hermann, TFB

Literatur

[1] *Huth, W.*, «Betongerechte Rissverpressung mit neuartigen Feinstzementsuspensionen», Zement und Beton **1996** [1], 32–33.

[2] *Perbix, W.*, «Anwendungen von Injektionen mit Feinstbindemitteln», Felsbau **12** [3], 202–205 (1994).

[3] *Kühling, G.*, «Rissverpressung mit Feinstzementen», Betonwerk und Fertigteil-Technik **58** [3], 106–110 (1992).

[4] *Kühling, G.*, und *Rothenbühler, H.*, «Feinstzemente – mikrofeine hydraulische Bindemittel», Schweizer Baumarkt **1991** [6], 17–19.

[5] *Rosa, W.*, «Injektionen mit Zementsuspensionen – Konzepte, Verfahrenstechniken und Ausführungsbeispiele bei der Instandsetzung von Betonbauten», schriftliche Unterlagen zum Betontechnologiekurs der TFB, Wildegg (1994/95).

[6] *Tax, M., Kühling, G.*, und *Schulze, B.*, «Verbesserung der Injizierbarkeit und der chemischen Widerstandsfähigkeit von Feinstzement-Suspensionen», Felsbau **11** [2], 88–96 (1993).

[7] «Injizieren in Fels und Beton», Berichte der internationalen Konferenz betreffend Injektionen in Fels und Beton, Salzburg, 11.–12. Oktober 1993, herausgegeben von *R. Widmann*, Verlag A. A. Balkema, Rotterdam (1993).

[8] *Budelmann, H., Brandau, A.*, und *Fromm, K.-H.*, «Erprobung und Anwendung der Feinstzementinjektion zur kraftschlüssigen Rissschliessung in Beton», Seiten 19–23 in [7].

[9] *Sager, H.*, und *Graeve, H.*, «Einsatzmöglichkeiten zementgebundener Injektionssysteme – Instandsetzung und Erhaltung gerissener Bauwerke», Beton **44** [1], 12–15 (1994).

[10] *Iványi, G.*, und *Rosa, W.*, «Füllen von Rissen und Hohlräumen im Konstruktionsbeton mit Zementsuspension», Beton- und Stahlbetonbau **87** [9], 224–229 (1992).

[11] *Kühling, G.*, und *Szucsanyi, A.*, «Die neue Lösung für undichte Kanäle: Instandsetzung mit mineralischen Bindemitteln», Betonwerk + Fertigteil-Technik **58** [7], 63–67 (1992).