

Entwicklung zementgebundener Spritzmörtelbeschichtungen mit geringer Porosität und erhöhtem Widerstand gegen chemischen Angriff für die Auskleidung von Trinkwasserbehältern

KEY-Words:

„unbegrenzte Lebensdauer von Trinkwasserspeicher – Technische und hygienische Anforderungen – Instandsetzung – kunststoffmodifizierte Beschichtungssysteme – geringer Kapillarporenanteil im Zementstein – Mineralphasenzusammensetzung und Kornaufbau des Zements – Laser-Granulometrie – Deutsche Betonkanu-Regatta der Fakultäten

1 Problemstellung

In weiten Teilen Europas werden Trinkwasserbehälter überwiegend als erdüberdeckte Behälter aus Beton hergestellt. Alleine in Deutschland existieren etwa 10.000 kommunale und private Behälter mit sehr unterschiedlichem Fassungsvermögen. Aufgrund ihrer Doppelfunktion als Trink- und Löschwasserspeicher werden die Behälter meist als Zweikammersysteme konzipiert, damit während der Wartung und Instandhaltung einer Kammer die Versorgung der Bevölkerung, wichtiger Infrastrukturbereiche wie z. B. Krankenhäuser und die Löschwasserversorgung sichergestellt wird. Weitere Aspekte wie die hydraulische Konzeption des gesamten Versorgungsnetzes und die Verfügbarkeit geeigneter Wässer führen dazu, dass Trinkwasserspeicher für eine „unbegrenzte“ Lebensdauer ausgelegt werden. Als Folge davon existieren heute Trinkwasserbehälter mit einem Alter von bis zu 100 Jahren, die aufgrund der besonderen technischen und hygienischen Anforderungen in bestimmten Intervallen mit einer Beschichtung instandgesetzt werden müssen.

2 Hygieneanforderungen

Flächen mit direktem oder indirektem Trinkwasserkontakt, z. B. Behälterdecken mit Kondenswasserausfall, dürfen nicht zu einer Verkeimung oder Verunreinigung des Wassers beitragen. Aufgrund der besonderen Verhältnisse beträgt die Temperatur im Behälter häufig rd. +10 °C und die Betonbauteile sind wassergesättigt. Kunststoffmodifizierte Beschichtungssysteme polymerisieren bei diesen Randbedingungen vielfach nicht eigenständig, die Flächen müssen beheizt und/oder getrocknet werden. Nicht durchreagierte oder an der Oberfläche bzw. im Porensystem wasserzugängliche Kunststoffe dienen als Nährsubstrat für eine mikrobiologische Besiedelung durch Bakterien, Viren, Pilze und Parasiten. Dichte filmartige Beschichtungen führen aufgrund der Wassersättigung des Betonunter-

grundes und einer häufigen rückwärtigen Durchfeuchtung zu Blasenbildungen und Ablösungen. Aus den zuvor genannten Gründen wird in den Technischen Regelwerken empfohlen, möglichst rein mineralische Beschichtungsstoffe ohne polymere Zusatzmittel oder Zusatzstoffe zu verwenden [1] [2].

3 Technische Anforderungen

Trinkwasser ist in sehr vielen Fällen aufgrund seines niedrigen pH-Werts und dem Vorhandensein von kalkaggressiver Kohlensäure zementsteinangreifend. Darüber hinaus unterliegen die Beschichtungsflächen infolge der täglichen Füllstandsschwankungen alternierenden Transportvorgängen. Letztlich wird die Oberfläche bei der regelmäßigen Reinigung und Desinfektion mechanisch und chemisch beansprucht. Die Beschichtungen müssen daher ein dichtes Gefüge, einen möglichst geringen Kapillarporenanteil im Zementstein (Gesamtporenvolumen ≤ 12 Vol.-%) und eine ausreichende Festigkeit aufweisen. Damit der Kapillarporenanteil deutlich begrenzt wird, soll der Wasserzementwert (w/z) $\leq 0,50$ betragen. Der Elastizitätsmodul sollte i. d. R. nicht wesentlich über demjenigen des Untergrundbetons liegen. All diese Anforderungen müssen so abgestimmt werden, dass ohne Zugabe von z. B. Fließmitteln eine spritzfähige und dichte Verarbeitung ermöglicht wird.

4 Porenarme Spritzmörtel

Der Zementstein üblicher Zemente ohne eine besondere Abstimmung der Korngrößenverteilung weist stets ein porenraumreiches Gefüge auf, da Wasser beim Frischmörtel zwischen des Feststoffpartikeln eingelagert wird (Bild 1). Gleichzeitig wird der Wasseranspruch für eine gleichmäßige Förderung im Schlauch und für die Verarbeitung erhöht. Durch Auswahl eines Zementes mit besonderer Mineralphasenzusammensetzung und einem fein-

KONTAKT:

Prof. Dr.
Manfred Breitbach
Fachbereich
Bauingenieurwesen
Finkenherd 4
56075 Koblenz
T 0261 9528-120
F 0261 9528-119
breitba@fh-koblenz.de

abgestuften Kornaufbau insbesondere im Partikelgrößenbereich $< 10 \mu\text{m}$ kann ein sehr dichtes Zementsteingefüge erzeugt werden (Bild 2). Die mittels Laser-Granulometrie ermittelte Partikelgrößenverteilung zeigt im logarithmischen Maßstab ein stetiges Kornband. Über die Dichtefunktion wird ersichtlich, dass durch gezielte Feinmahlung eine Anreicherung der Feinstzementpartikel im Bereich unter $10 \mu\text{m}$ erzielt worden ist (Bild 3).

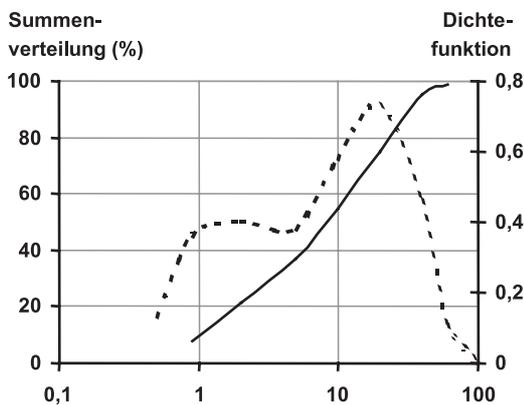


Bild 3: Summenverteilung und Dichtefunktion aus der Laser-Granulometrie – Anreicherung von Feinstanteilen $< 10 \mu\text{m}$

Neben den Kapillarporen des Zementsteins selbst sind die porenreichen Kontakt- und Übergangszonen an der Grenzfläche zu den Zuschlagskörnern die Schwachstellen für die Betonkorrosion durch chemischen Angriff. In einem weiteren Entwicklungsschritt werden daher diese Bereiche mit Gefügestörungen durch Verwendung zementteigener Zuschlagsstoffe (Hüttensand, Klinker) reduziert. Bild 4 zeigt das dichte Zementsteingefüge mit ungestörter Kontaktzone zu einem groben Hüttensandkorn.

5 Anwendung für dünnwandige Präzisionsbauteile

Die Mindestdicke von Betonbauteilen soll das 3 bis 5-fache des Größtkorns den Zuschläge nicht unterschreiten. Dabei ist aus mörteltechnologischen Erwägungen und zur Sicherstellung einer



Bild 1: Porenreicher Zementstein von "Normalzement" ohne Feinabstimmung (Wilhelm Dyckerhoff Institut, Wiesbaden)

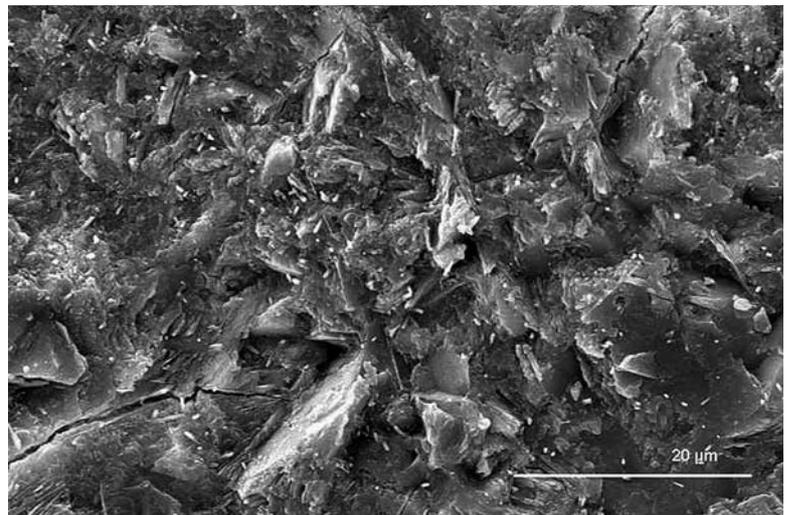


Bild 2: Dichtes Zementsteingefüge bei einem feinabgestuften Zement (Wilhelm Dyckerhoff Institut, Wiesbaden)

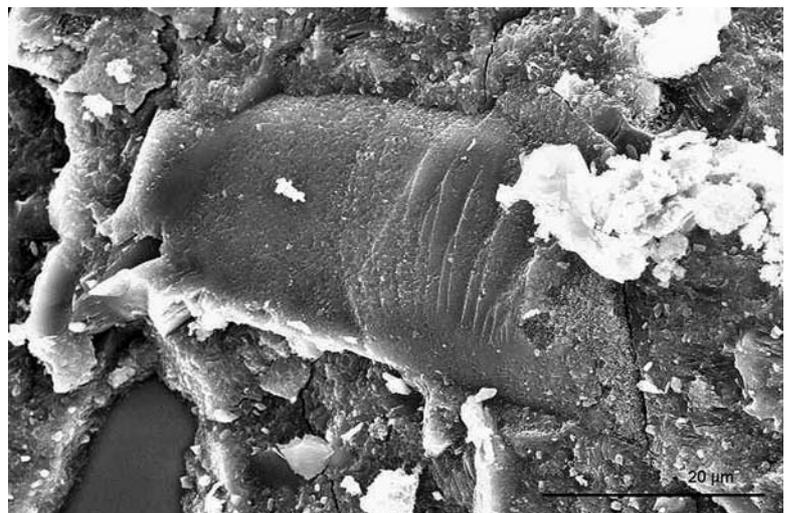


Bild 4: Kontaktzone des Zementsteins an ein grobes Hüttensandkorn (Wilhelm Dyckerhoff Institut, Wiesbaden)

abgestuften Sieblinie üblicherweise die Verwendung von mindestens Gesteinskörnungen $0/2$ mm sinnvoll. Durch die Verwendung zementeigener Zuschlagskomponenten treten solche Überlegungen in den Hintergrund, es können sehr dünnwandige Schichten erzeugt werden.

Im Rahmen der 9. Deutschen Betonkanu-Regatta, die alle 2 Jahre durch den Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. veranstaltet wird, wurde unter Verwendung eines feinabgestuften Zementes ein 4,0 m langes und 0,7 m breites Präzisionsbauteil (Betonboot) im zweilagigen Spritzauftrag mit einer Schichtdicke von je rd. 5 mm mit mittiger Glasfaserbewehrung in einem Arbeitsgang hergestellt (Bild 5). Der Wasserzementwert konnte aufgrund der Feinabstimmung des Zementes auf 0,45 begrenzt werden. Alle Anforderungen an die Schalungsgenauigkeit,

Bauteilpräzision, Entformbarkeit, Rissefreiheit, Tragfähigkeit und die Dichtigkeit wurden erfüllt. Die Optimierung der feinstabgestuften Zemente mit zementeigenen Zuschlägen unter Förderung durch die Dyckerhoff Zement AG, Werk Neuwied, fortgesetzt. Zielgrößen sind neben den Beschichtungen für z. B. Trinkwasserbehältern auch Anwendungen für Präzisionsbauteile aus Beton. Aus der studentischen Projektstudie hat sich bereits ein weiteres Drittmittelprojekt ergeben.

- [1] DIN EN 1508 Wasserversorgung; Anforderungen an Systeme und Bestandteile der Wasserspeicherung (Deutsche Fassung 1998)
- [2] DVGW Technische Regeln Wasserspeicherung (TRWS); DIN EN 1508 Wasserversorgung – W 300 Wasserspeicherung (Gelbdruck 2002)



Bild 5: Betonkanu als dünnwandiges dichtes Präzisionsbauteil (9. Deutsche Betonkanu-Regatta 2002 in Potsdam)