
Silicafume vergüteter Spritzmörtel für die Instandsetzung von Trinkwasserbehältern

SILICA FUME MODIFIED GUNITE (AS A MEANS) FOR THE REHABILITATION OF SERVICE RESERVOIRS FOR DRINKING WATER

VOLKER VOGT

Trinkwasserbehälter sind als wichtige Komponenten eines Wasserversorgungssystems zu verstehen. Der Gestaltung von Innenflächen, die in direktem Kontakt mit dem gespeicherten Trinkwasser stehen, kommt für einen sicheren Versorgungsbetrieb größte Bedeutung zu.

Hydraulisch gebundene Baustoffe haben sich im Trinkwasserbereich seit Römerzeiten bewährt. In heutigen Trinkwasserversorgungsanlagen bestehen die wasserberührten Flächen in Brunnen, Aufbereitungsfiltern, Behältern und Rohren größtenteils aus zementgebundenen Baustoffen, d.h. aus Beton oder Mörtel.

Damit diese sowohl in hygienischer als auch in technischer Hinsicht Eigenschaften aufweisen, die eine Veränderung oder Verunreinigung des gespeicherten Trinkwassers verhindern, müssen sie folgende Anforderungen erfüllen:

- physikalisch/chemisch/mikrobiologische Unbedenklichkeit
- Wasserundurchlässigkeit
- Betriebsfreundlichkeit durch glatte, porenfreie und homogene Oberflächen
- hohe Widerstandsfähigkeit gegen mechanische, chemische und hydrolytische Angriffe
- Langlebigkeit verbunden mit Wirtschaftlichkeit

Für die Instandsetzung und Beschichtung von schadhafte Betonoberflächen in Trinkwasserbehältern bietet sich an, systemkonform einen Spritzbeton zu verwenden, der zur Erfüllung der o.g. Anforderungen in seiner Zusammensetzung einer hochdichten Packung entspricht. Unter Verwendung von geeigneten Zementen, Zuschlägen mit optimaler Kornabstufung sowie anorganischen Zusatzstoffen wie Silicafume (SF) zur Nutzung der puzzolanischen Wirkung kann ein hochfester und hochdichter Spritzbeton hergestellt werden. Aus mikrobiologischen Gründen muss auf organische Zusätze oder Zusatzmittel verzichtet werden. Durch Verwendung von Feinstanteilen wie Silicafume wird erreicht, dass wegen der hohen Kohäsionskräfte des Frischbetons der Rückprall stark reduziert wird.

In Trinkwasserbehältern werden je nach Erfordernis Schichtdicken von 1,5 - 2,0 cm aufgespritzt. Wegen des verwendeten Größtkorns von bis zu 4 mm handelt es sich um einen Spritzmörtel, der wie Spritzbeton gem. DIN 18551 genormt ist und überwacht wird.

Ein mit Silicafume vergüteter Spritzmörtel kann nach flächigem Aufspritzen geebnet und geglättet werden, um den Erfordernissen einer glatten, porenfreien Oberfläche in Trinkwasserbehältern zu entsprechen. Voraussetzung für eine hohe und gleichmäßige Dichte und Oberflächenglätte eines Spritzmörtels ist die Anwendung des Nassspritzverfahrens mit Förderung des Gemisches im Dünnstrom. Mit diesem in der DIN 18551 genormten Verfahren kann erreicht werden, dass der w/z- Wert der aufgespritzten Schicht konstant ist.

Drinking water service reservoirs must be counted among the most important parts of the water supply system. For the provision of water that is safe to drink, the greatest significance attaches to the fashioning of the inner surfaces that come into direct contact with the water they contain.

Hydraulically bonded building materials have proved their worth in connection with drinking water ever since Roman times. In today's water supply installations, the surfaces in wells, water processing filters, service reservoirs and pipes consist for the most part of cement-bonded building materials, that is to say, of concrete or mortar.

In order that these may, both from the hygienic and from the technical angle, present properties that prevent the stored drinking water from being affected or polluted, they must fulfil the following requirements:

- no detrimental effects on the physical, chemical or microbiological level
- water tightness
- operating friendliness on the basis of smooth, pore-free and homogeneous surfaces
- high resistance to mechanical, chemical and hydrolytic impact
- durability, coupled with economic viability

For the rehabilitation and re-coating of deteriorated concrete surfaces in drinking water reservoirs, it is possible, in conformity with the system, to make use of a sprayed concrete that, in order to fulfil the requirements mentioned above, is packed together at extremely high density. Extremely dense sprayed concrete can be produced using suitable cements and aggregates that have the ideal gradation, as well as inorganic additions like silica fume (SF), to make use of the pozzolanic effect. For reasons of microbiology it is not possible to make use of any organic modifiers or admixtures. By using superfine components like silica fume we can arrive at a concrete that is highly cohesive and so has a much reduced level of rebound.

Drinking water reservoirs will be sprayed with a layer thickness of between 15 and 20 mm, according to requirements. As the maximum aggregate size that is used here may be up to 4 mm, this is a gunite subject to the DIN 18551 standard for sprayed concrete and will be controlled as such.

A gunite that has been modified with silica fume, having been sprayed onto the receiving surface, may be smoothed and evened out, so as to fulfil the requirement that drinking water reservoirs should have a smooth and pore-free surface. A condition for the achievement of consistent high density and smoothness of surface in sprayed mortar is that the wet-spray method be used, with the mixture being pneumatic feed. With this procedure, covered by the DIN 18551 standard, it is possible to ensure that the water-cement ratio of the sprayed layer remains constant.

1. Einführung

Die Wasserspeicherung stellt eine wichtige Komponente eines Trinkwasserversorgungssystems dar. Technische, hygienische und betriebliche Anforderungen, die an Rohrleitungssysteme gestellt werden, sind in großem Maße auch übertragbar auf den Wasserspeicher.

Im Rahmen einer gesicherten Trinkwasserversorgung übernimmt der Wasserbehälter wichtige Aufgaben [1]. Er muss durch sein angemessenes Speichervolumen

- zum Ausgleich des unterschiedlichen Verbrauchsverhaltens im Abnahmegebiet beitragen

- im Falle von Betriebsstörungen über einen ausreichenden Vorrat verfügen und
- wenn erforderlich, eine Feuerlöschreserve aufweisen.

Hochbehälter bestimmen mit ihrem freien Wasserspiegel den Druck im zugeordneten Versorgungssystem. Auch für den wirtschaftlich und technisch optimalen Wasserwerks- oder Pumpbetrieb und die Ausnutzung günstiger Energietarife ist die Wasserspeicherung im Behälter erforderlich.

Die Qualität des in Trinkwasserbehältern gespeicherten Wassers wird in der Regel nicht nur durch Form und Größe der Wasserkammern, sondern auch von deren Baukonstruktion und dafür verwendeten Baustoffen mitbestimmt.

Neben Durchströmungsverhalten und Wasseraustauschintensität spielt die Beschaffenheit der Innenflächen der Wasserkammern eine große Rolle.

Zur Sicherstellung der Versorgung mit einwandfreiem Trinkwasser zu jeder Zeit und in erforderlicher Menge müssen alle vorhersehbaren Störungsmöglichkeiten in Trinkwasserbehältern weitgehend ausgeschlossen werden. Dies bedeutet, dass bei der Gestaltung und Sanierung von Innenflächen von Wasserkammern besondere Sorgfalt aufgewendet werden muss.

Folgende Kriterien und Forderungen an die Beschaffenheit der Innenflächen sind zu berücksichtigen und technisch und wirtschaftlich in Einklang zu bringen:

Chemisch-physikalische Eignung

Die eingesetzten Materialien müssen einen möglichst geringen Anteil an wasserlöslichen und ausgasenden Stoffen besitzen, um eine Abgabe von unerwünschten, die Wasserqualität verändernden oder sogar toxischen Stoffen zu vermeiden oder Reaktionen mit anderen Einbauteilen zu verhindern. In diesem Zusammenhang muss die Vorlage eines Prüfzeugnisses gefordert werden [2, 6].

Mikrobiologische Unbedenklichkeit

Die eingesetzten Stoffe dürfen nicht als Nährstoffquelle für Mikroorganismen dienen, um Aufkeimungen zu verhindern und die Bildung von organischen Belägen einzuschränken. Auch hier muss ein Prüfzeugnis gefordert werden [3].

Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beanspruchung

Die turnusmäßige Reinigung der Behälterkammern erfordert eine hohe mechanische Belastbarkeit und erhöhte Festigkeit der Oberflächen. Diese Eigenschaften müssen möglichst auf Dauer gewährleistet sein.

Widerstandsfähigkeit gegen Hydrolyse und chemische Angriffe

In Sonderfällen, bei Speicherung von Rohwässern und bei Einsatz von aggressiven Reinigungsmitteln, ist eine möglichst hohe chemische Widerstandsfähigkeit erforderlich.

Oberflächenglätte

Die Oberflächen von Wänden, Böden und Decken müssen glatt, homogen und weitgehend poren- und rissfrei sein. Diese Forderung ergibt sich aus der guten Reinigungsmöglichkeit sowie der Vermeidung von Stagnation von Wasser in Poren und Rissen.

Gutes Erscheinungsbild

Der Speicherraum für das lebenswichtige Trinkwasser muss ein optisch angenehmes und appetitliches Erscheinungsbild abgeben.

2. Das Problem

Im wesentlichen erfüllt ein beim Bau von Trinkwasserbehältern verwendeter wasserundurchlässiger Stahlbeton diese Anforderungen [4,5]. Bei Berücksichtigung aller einschlägigen Normen und Ausführungsempfehlungen kann bei Neubau eines Behälters der Beton so hergestellt werden, dass er eine weitgehend saubere, glatte, homogene, gleichmäßig strukturierte und porenarme Oberfläche aufweist und keine weiteren Beschichtungs- oder Auskleidungsmaßnahmen notwendig macht.

Die Anwendung dieser Empfehlung macht jedoch in der Praxis oft erhebliche Schwierigkeiten und erfordert sowohl bei Planung wie auch bei der Bauausführung große Erfahrung und Sorgfalt. Es stellt sich immer wieder heraus, dass neu erstellte Betonbehälter bereits vor Inbetriebnahme zu Sanierungsfällen werden, da letztlich die Betonoberflächen den zuvor genannten Anforderungen nicht genügen.

Auch zeigt es sich immer wieder, dass die Lebensdauer der Betonoberfläche aufgrund der gesamten mechanischen und chemischen Belastungen recht kurz ist, was dann ebenso zu Sanierungserfordernissen führt. Das Gleiche gilt für mineralische und organische Beschichtungen, die zudem oft auch in mikrobiologischer Hinsicht Probleme aufwerfen können.

3. Beschichtungsverfahren

3.1 Beschichtungskonzept

Welche Maßnahmen zur vorsorglichen oder nachträglichen Oberflächenverbesserung sollten also getroffen werden ?

Der Baustoff Beton ist, neben der Möglichkeit ihn wasserundurchlässig herstellen zu können, deswegen für den Einsatz im Trinkwasserbereich besonders gut geeignet, weil er aus rein mineralischen, anorganischen Stoffen besteht, nämlich vereinfacht aus

- Zement (hydraulisches Bindemittel)
- Zuschlag (Sand / Kies)
- Wasser.

Eine nachträgliche Oberflächenvergütung oder Beschichtung des Betons sollte systemkonform - also

wiederum mit Beton - durchgeführt werden, um eine weitgehende Homogenität des Bauverfahrens zu erreichen. Wegen der geringen Schichtdicke ist ein Beton mit kleiner Körnung, ein Zementmörtel, zu verwenden.

Da die oberflächlich aufzubringende Schicht eine wesentlich höhere Qualität aufweisen sollte als der Untergrundbeton, reicht es nicht aus, den Mörtel im Spachtel- oder Putzverfahren aufzutragen.

Die Verwendung von Microsilica-Spritzmörtel bietet in diesem Sinne eine hervorragende technische Lösung, den Beton nachträglich an seiner Oberfläche mit einer rein mineralischen, anorganischen, hydraulisch abbindenden, wasserundurchlässigen Schicht zu vergüten.

Um den hohen Qualitätsanforderungen an diesen Mörtel gerecht zu werden, ist ein Spezialverfahren entwickelt worden, was auf dem Zusammenwirken von

- optimierter Mörtelrezeptur (hohe Beständigkeit durch dichteste Packung und Nutzung der puzzolischen Wirkung von Microsilica)
 - Anwendung des Nassspritzverfahrens mit Förderung im Dünnstrom
- basiert und zur Verbesserung folgender Eigenschaften des Spritzbetons führt:
- Druck- (steuerbar 40-90 N/mm²) und Biegezugfestigkeit (steuerbar 7 - 10 N/mm²)
 - Haftzugfestigkeit (2 - 3 N/mm²)
 - geringe Wassereindringtiefe (5 - 8 mm)
 - große Abriebfestigkeit
 - hohe Beständigkeit gegen chemische Angriffe (DIN 4030) und Hydrolyse
 - erhöhter Widerstand gegen Karbonatisierung
 - glatte Oberflächen

Der durch Microsilica vergütete Mörtel wird einlagig über alle Untergrundeckenheiten in einer Mindestschichtdicke von 1,5 - 2,0 cm aufgespritzt und geglättet (Bild 1), so dass eine dichte, homogene, porenfreie Oberfläche entsteht, die eine höhere Druckfestigkeit als die des Untergrundbetons aufweist und einen sicheren Korrosionsschutz der Bewehrung bietet.

3.2 Angewandte Betontechnologie

Silicafume oder Microsilica ist ein feinstkörniger, weitgehend amorpher, mineralischer Betonzusatzstoff [6,9], welcher bei der Herstellung von Silicium und Siliciumlegierungen durch Abfiltrieren der Rauchgase anfällt und in pulverisierter Form zur Verfügung steht. Er entsteht bei der Reduktion von Quarz

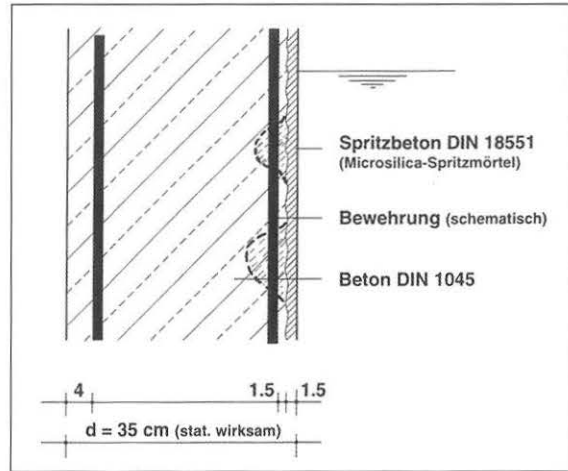


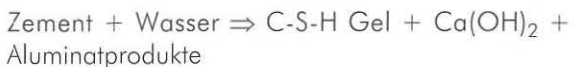
Bild 1: Flächenhafte Betonsanierung

(SiO₂) mit Kohle im elektrischen Lichtbogen. Ein Teil des reduzierten Quarzes verdampft als SiO, welches, sobald es mit Sauerstoff in der kühleren Zone des Ofens in Berührung kommt, wieder zu SiO₂ oxidiert wird. Dieses SiO₂ kondensiert in mikroskopisch feinen, sphärischen Partikeln als amorphes, also reaktionsfähiges Siliziumdioxid. Der entstandene Staub wird mit Microsilica oder Silicafume (SF) bezeichnet, dessen chemische Zusammensetzung Tabelle 1 zeigt.

Bestandteil	Anteil in M.-%
glühverlustfrei	
SiO ₂	92,0 bis 97,0
Al ₂ O ₃	0,4 bis 0,7
Fe ₂ O ₃	0,3 bis 0,9
CaO	0,4 bis 0,5
MgO	1,1 bis 1,5
K ₂ O	1,0 bis 1,4
Na ₂ O	0,2 bis 0,3
Cl ⁻	0,05 bis 0,09
bezogen auf Trockensubstanz	
SO ₃	0,4 bis 1,2
C	0,2 bis 1,6

Tab. 1: Chemische Zusammensetzung von Microsilica

Die Hydratation des Zementes kann mit folgender Gleichung beschrieben werden:



Der Hauptbestandteil, welcher für die Festigkeitsentwicklung verantwortlich ist, ist das kolloidale Calcium-Silicat-Hydrat-Gel (C-S-H).

Das Calciumhydroxid - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - trägt nur in geringem Maße zur Festigkeitsbildung bei und ist das am leichtesten lösliche Hydrat des Zementsteins. Deshalb besteht ein Vorteil darin, wenn der Zement mit reaktivem Siliziumdioxid, also Microsilica, kombiniert wird, und aus dem Calciumhydroxid zusätzlich festigkeitsbildendes C-S-H erzeugt (Bild 2):

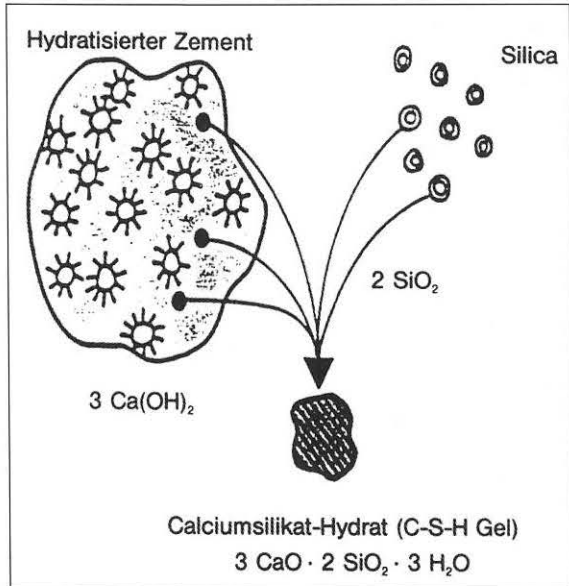
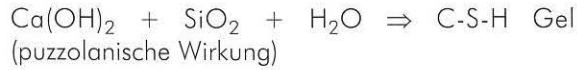


Bild 2: Zusätzliche Zementsteinbildung

Microsilica-Partikel haben zum großen Teil einen wesentlich kleineren Korndurchmesser als 1 µm. Die Korngrößenverteilung von Microsilica im Vergleich zu Zement ist in Bild 3 dargestellt. Danach sind Microsilica-Partikel bis zu 100 mal feiner als ein Zementkorn. Die spezifische Oberfläche von Microsilica liegt zwischen 22 - 25 m²/g.

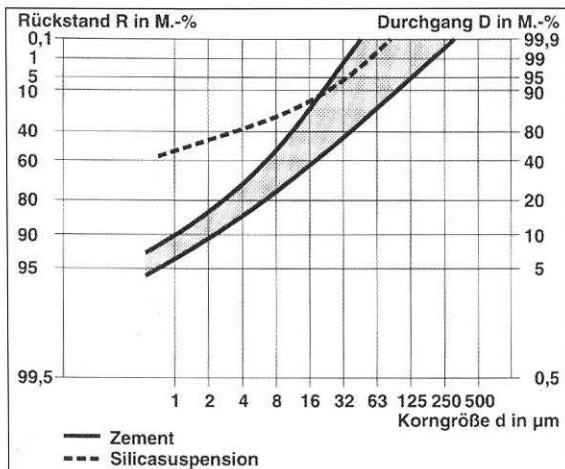


Bild 3: Korngrößenverteilung von Zement und Microsilica

Der Durchmesser der einzelnen Microsilica-Partikel ist also so klein, dass diese die Hohlräume zwischen den einzelnen Zementpartikeln auszufüllen vermögen.

Microsilica verändert somit festigkeitssteigernd die Zementsteinmatrix, insbesondere die Haftung zwischen Binderphase, den Zuschlägen und der Bewehrung Bild 4.

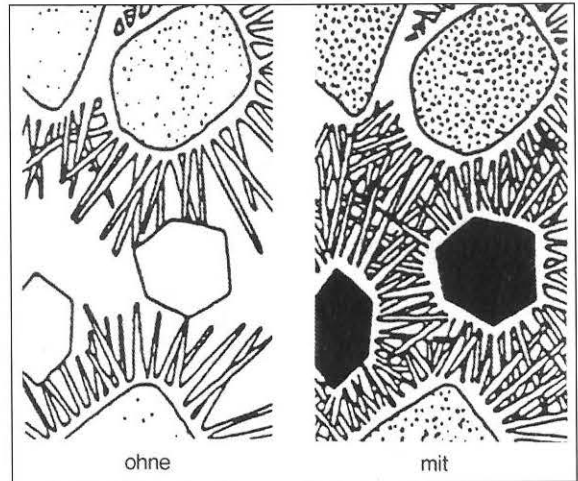


Bild 4: Zementhydratation ohne und mit Silica-zusatz

Mit der chemischen Zusammensetzung und der Feinheit von Microsilica sind die benötigten technologischen Eigenschaften erfüllt:

- Die puzzolanischen Eigenschaften durch den hohen Gehalt an amorpher Kieselsäure,
- der hohe Füllereffekt durch den hohen Gehalt von Kornanteilen unter 1 µm.

Die Porosität des Betons wird somit stark reduziert, was zur Erhöhung der Dichte und Festigkeit des Betons führt.

Das Microsilica-Spritzmörtel-Verfahren basiert auf folgenden betontechnologischen Prinzipien

- dichteste Packung der Gesamtmischung aus Zuschlag, Bindemitteln und Zusatzstoffen unter Berücksichtigung der Idealsieblinie nach Fuller & Thompson
- Reduktion des Wasserbindemittelwertes auf $w/z_{\text{eq}} = 0,50$
- Bildung einer hochbeständigen Bindemittelmatrix durch die puzzolanische Reaktion des Microsilicas

3.3 Spritzverfahren

Um eine homogene, gut verdichtete und hinsichtlich des Wasserzementfaktors gleichmäßige Spritz-

schicht herzustellen, wird das Naßspritzverfahren mit Förderung im Dünnstrom gem. DIN 18551 angewendet. Der ganz wesentliche Vorteil dieses Spritzverfahrens liegt darin, dass der mit allen Bestandteilen vorgemischte Ausgangsbeton, der in seinen Anforderungen je nach Einsatzgebiet nach vorheriger Eignungsprüfung abgestimmt werden kann, durch den Spritzvorgang nicht mehr verändert wird. Der Düsenführer führt lediglich den Spritzschlauch, jegliche individuellen Zugaben an der Spritzdüse wie Wasser, Luft, Zusatzmittel, Microsilica-Slurry usw. werden vermieden.

Die einzige Veränderung der Ausgangsmischung wird durch den Rückprall hervorgerufen. Dieser ist allerdings wesentlich geringer als bei normalen Spritzmörteln und wird bei der Festlegung der Ausgangsrezeptur bereits berücksichtigt.

Ohne weiteres möglich ist das Einmischen von Stahl- oder Kunststofffasern, und zwar nach den gewünschten Ergebnissen der vorab durchgeführten Eignungsprüfung.

Bei Zugabe von Microsilica und entsprechend niedrigen Wasserbindemittelwerten sind Spritzdicken in einem Arbeitsgang von örtlich bis zu 20 cm völlig problemlos. Grund dafür sind die sich bildenden Kohäsionskräfte durch Microsilica, wie in *Bild 5* schematisch dargestellt und erläutert. Günstig beeinflussend wirkt natürlich auch die extreme Verdichtung durch den Spritzvorgang unter hohem Druck. Unebenheiten, Vertiefungen und große Rauhtiefen des Untergrundes können einschichtig reprofiliert werden.

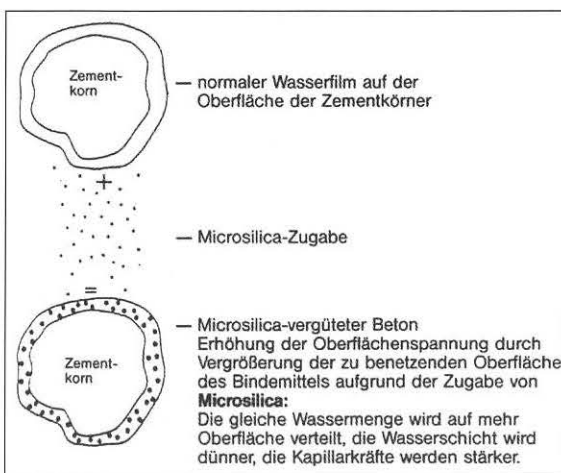


Bild 5: Konsistenz von Microsilica-Beton

Microsilica-Spritzmörtel behält nach dem Spritzvorgang seine zähplastisch, weiche Konsistenz. Dadurch wird ermöglicht

- dass durch eine nachträgliche Bearbeitung der Oberfläche das dichte Spritzgefüge nicht aufgerissen wird. Der Beton bzw. Mörtel kann strukturiert, gerieben oder, wie bei Trinkwasserbehältern gefordert, geglättet werden
- dass Bewehrungen, auch engmaschig und in mehreren Lagen, absolut dicht eingespritzt werden, da der weiche Mörtel durch den hohen Spritzdruck ohne Materialabrieb hinter die Bewehrungsstäbe gedrückt wird.

Solche Betone oder Mörtel sind im Dichtstrom nicht förderbar, also nicht pumpfähig. Auch die Förderung mit herkömmlichen Trocken- oder Nassspritzmaschinen im führt zu unbefriedigenden Ergebnissen.

Aus diesem Grund ist eine völlig neue Nassspritzmaschine nach folgendem Prinzip entwickelt worden (*Bilder 6, 7, 8*): In einem Zwangsmischer werden beispielsweise 250 l Trockenmörtel chargenweise nach Rezeptur mit Wasser gemischt und jeweils in den Druckkessel gefüllt. Quer zum Druckkessel ist eine Förderschnecke angeordnet. Diese Schnecke wird durch das Rührwerk im Kessel mit Material beschickt. Die Schnecke fördert das Material mit Zwang kontinuierlich in einen Luftinjektor. Hier wird die Treibluft eingeführt, die das Material vollständig auseinanderreißt und im dünnen Luftstrom durch den Spritzschlauch trägt, auf den Altbeton mit hohem Druck aufspritzt und dabei hoch verdichtet und in alle Poren drückt. Eine Qualitätsänderung des silicamodifizierten Baustoffes ist also nach der Mischung im Zwangsmischer nicht mehr möglich und beeinflussbar.

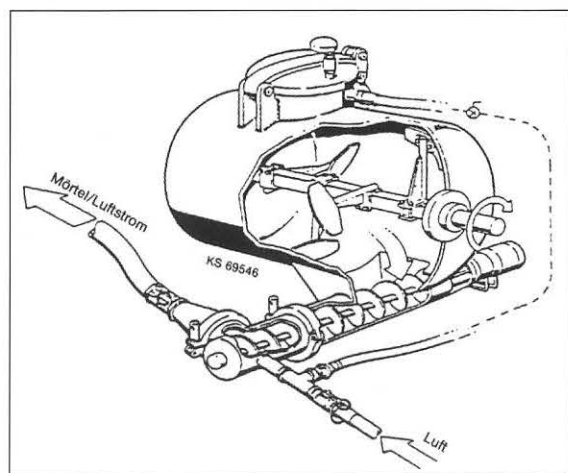


Bild 6: Maschinentechnisches Prinzip

Die Fördermenge ist regelbar durch Änderung der Umdrehung der Schnecke und der Luftzufuhr. Förderweiten sind in der Praxis bis 200 m erreicht worden.

4. Eignungsprüfung und Qualitätsüberwachung

Vor Einsatz von silica-modifizierten Spritzbetonen und Spritzmörteln werden Eignungsprüfungen (7) durchgeführt.

Während der Verarbeitungsphase wird der Mörtel entsprechend einer BII-Baustelle kontinuierlich einer Güteprüfung unterzogen. Dazu gehört die Herstellung von geeigneten Prüfkörpern (Spritzkisten), aus denen dann Bohrkern entnommen werden zur Ermittlung von Druckfestigkeit und Wassereindringtiefe. Ferner werden Haftzugfestigkeiten ermittelt.

5. Anwendungen

Microsilica-Spritzmörtel in Verbindung mit dem Naßspritzverfahren mit Förderung im Dünnstrom kann überall dort eingesetzt werden, wo an Betone oder Mörtel überdurchschnittlich hohe Anforderungen gestellt werden:

- allgemeine Betoninstandsetzung
- Schutz von Bauteilen, die hohen chemischen Angriffen ausgesetzt sind
- flächenhafte Beschichtung als Oberflächenvergütung und -schutz, z.B. in Trinkwasserbehältern
- statisch-konstruktive, einschalige Betonbauweise zur Ertüchtigung und Abdichtung von Bauwerken wie Tunnel, Stollen, Wände, Decken, Behälter, Kanäle usw.

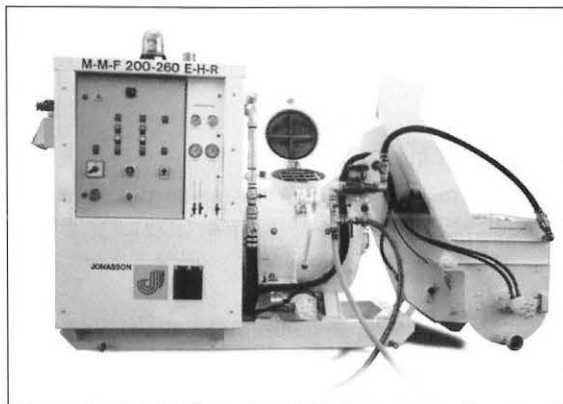


Bild 7: Naßspritzverfahren mit Förderung im Dünnstrom: Spritzmaschine

In besonderem Maße eignet sich die Anwendung in Wasserkammern von Trinkwasserbehältern, da der rein mineralische, anorganische Spritzmörtel den eingangs genannten Anforderungen voll und ganz gerecht wird, nämlich hinsichtlich

- chemisch-physikalischer Eignung (6)
- mikrobiologischer Unbedenklichkeit (3)



Bild 8: Naßspritzverfahren mit Förderung im Dünnstrom: Spritzvorgang

- Widerstandsfähigkeit gegen Hydrolyse sowie chemische und mechanische Beanspruchung
- glatter, porenfreier Oberflächengestaltung
- Erscheinungsbild

Es gibt zwei Ausführungsmöglichkeiten:

- dünne, glatte Oberflächenbeschichtung (ca. 1,5 - 2,0 cm) von rissfreiem Neu- oder Altbeton, Abdichtung von Behältern gegen drückendes Wasser bei Ausführung von dichten Arbeitsfugen
- Statisch-konstruktive Bauwerksertüchtigung und Überbrückung von Rissen durch Erstellen einer bewehrten Vorsatzschale im Spritzverfahren.

6. Technische Kenndaten im Überblick

Der seit 1992 erfolgreich bei der Instandsetzung von Trinkwasserbehältern verwendete silicafume vergütete Spritzmörtel weist zusammenfassend folgende Eigenschaften und Kenndaten auf:

- Microsilica-Spritzmörtel gem. DIN 18551, eigen- und fremdüberwacht
- spezielles Naßspritzverfahren mit Förderung im Dünnstrom gem. DIN 18551
- w/z_{eq} -Wert $\leq 0,50$
- B 25 gem. DIN 18551 / 1045, einsetzbar im statisch wirksamen Bereich, Druckfestigkeit = 45 N/mm²
- Wassereindringtiefe ca. 5-8 mm, damit ab einer Schichtdicke von = 20 mm und dichter Ausführung der Arbeitsfugen wasserundurchlässig
- Porosität $\leq 12\%$ (Quecksilberdruckporosimetrie)
- Verwendung von güteüberwachten
 - Zementen nach DIN EN 197
 - Betonzuschlägen, frei von organischen Verunreinigungen, Quarzsand 0-2 mm / 0-4 mm

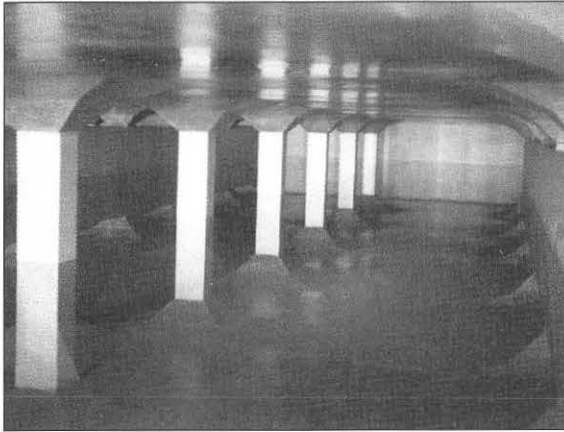


Bild 9: Mit silicafume vergütetem Spritzmörtel beschichteter Trinkwasserbehälter

- anorganische Zusatzstoffe nach DIN 1045 (Silikastaub)
- keine Verwendung von Zusatzmitteln
- Lieferung des Trockenmörtels in 25 kg - Papiersäcken, keine Siloware zur Vermeidung von Entmischungen
- einlagige Beschichtung über alle Untergrundeinheiten mit abschließender Glättung, Regelschichtdicke 15 mm
- mehrlagige, bewehrte, statisch wirksame Beschichtung bis 80 mm Dicke möglich
- Eignung für den Einsatz im Trinkwasserbereich gemäß DIN EN 1508, den DVGW-Empfehlungen und nach Prüfung gem. DVGW-Arbeitsblättern W 347 und W 270
- Spritzmörtel mit hohem Widerstand gegen Hydrolyse und chemische Angriffe sowie hohem Verschleißwiderstand
- seit 1992 erfolgreiche Anwendung in Trinkwasserbehältern
- wirtschaftliches Verfahren wegen großer Langlebigkeit bzw. unter Berücksichtigung gleicher Abschreibungsfristen wie bei Betonbauwerken

7. Literatur

- [1] DIN EN 1508: Anforderungen an Systeme und Bestandteile der Wasserspeicherung. 1998.
- [2] KTW-Prüfung: Gesundheitliche Beurteilung von Kunststoffen und anderen nicht metallischen Werkstoffen im Rahmen des Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-Gesetzes für den Trinkwasserbedarf.
- [3] DVGW-Arbeitsblatt W 270: Vermehrung von Mikroorganismen auf Materialien für den Trinkwasserbereich; Prüfung und Bewertung.
- [4] DVGW-Arbeitsblatt W 311: Planung und Bau von Wasserbehältern.
- [5] DVGW-Merkblatt W 312: Wasserbehälter, Maßnahmen zur Instandhaltung.
- [6] DVGW-Arbeitsblatt W 347: Hygienische Anforderungen an zementgebundene Baustoffe in Kontakt mit Trinkwasser.
- [7] DVGW Wasserinformation III/2002:
- [8] DIN 1045: Beton.
- [9] DIN 18551: Spritzbeton
- [10] Institut für Bautechnik: Prüfbescheid "Silicasuspension" Elkem Microsilica (SF) als Betonzusatzstoff nach DIN 1045. 1995.
- [11] DAfStb-Richtlinie: Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, Teile 1 bis 4, 2001.
- [12] Vogt, V.: Betontechnische Ausführung von Trinkwasserbehältern im Hinblick auf Qualitäts- und Kostenaspekte. Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft der TU München, Heft Nr. 144, 1998.