

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 84 (1992)  
**Heft:** 5-6

**Artikel:** Nassspritzbeton und -mörtel  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-940560>

### **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:** 10.02.2026

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

tungsgeschwindigkeiten der elektromagnetischen Wellen im Untergrund. Mit der CMP-Methode, die aus der Reflexionsseismik stammt, lassen sich diese Geschwindigkeiten ermitteln.

Bei CMP-Messungen werden sowohl der Sender als auch der Empfänger von einem Punkt, dem Common Mid Point, voneinander entfernt.

Da für einen Reflektor eine quadratische Abhängigkeit zwischen Separationsdistanz (Sender – Empfänger) und der Laufzeit besteht, werden die Reflektoren auf dem Feldausdruck als hyperbelförmig gekrümmte Kurven abgebildet. Das gleiche gilt auch für die Weitwinkelmessungen, wenn die Reflektoren horizontal sind. Stark gekrümmte Kurven verweisen auf niedrige, schwach gekrümmte Kurven dagegen auf hohe mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeiten.

## Auswertung von Messungen

Bei der Auswertung müssen die Laufzeitbilder in Tiefen, also in Meter unter Boden, umgerechnet werden. Im Gegensatz zum Luftradar mit Geschwindigkeiten von 300 km/s = 30 cm/ns breiten sich die Impulse im Boden wesentlich langsamer, mit Geschwindigkeiten von 5 bis 15 cm/ns aus. Aus den Geschwindigkeiten ist also sofort zu erkennen, ob die Impulse durch Luft (Störsignale) oder Boden gingen. Die Tiefenumwandlung der Laufzeitbilder von Reflektoren setzt die Kenntnis der Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Radarwellen im Untergrund voraus. Die Geschwindigkeit wird mit den im letzten Abschnitt beschriebenen CMP-Messungen bestimmt.

## Signalzuordnung in der Weitwinkelmessung

Die Luftwelle verläuft mit konstanter Geschwindigkeit vom Sender zum Empfänger und erscheint deshalb im Feldausdruck als Gerade.

Die Oberflächenwelle wandert ebenfalls mit konstanter, aber verglichen mit der Luftwelle deutlich geringerer Geschwindigkeit entlang der Bodenoberfläche. Auf dem Feldausdruck zeichnet sie wie die Luftwelle eine Gerade, jedoch mit stärkerer Neigung.

Wie schon unter Messmethoden (Common-Mid-Point-Messungen) erwähnt, zeigen die Echos der Reflektoren die Form von Hyperbeln.

Störsignale können durch reflektierende Körper entstehen, die sich an der Erdoberfläche in der Nähe des Messprofils befinden. Sie sind oft als Reflektoren im unteren Bereich des Laufzeitbildes erkennbar. Im Falle der abgebildeten Weitwinkelmessung (Bild 3) zieht ein weisses, vom unteren Rand nach oben aufsteigendes Band über den Feldausdruck. Der Verlauf dieses Bandes auf der Weitwinkelmessung kann nicht mit dem Strahlengang eines sich in grösserer Tiefe befindlichen Reflektors erklärt werden. Vielmehr handelt es sich aufgrund des Strahlengangs um ein Störsignal: eine von einem nahen Kiesförderband reflektierte Luftwelle.

## Auswertung am Computer

Die im Feld auf Magnetband aufgezeichneten Signale besitzen eine ähnliche Struktur wie reflexionsseismische Daten. Da die Signalverarbeitung in der Reflexionsseismik durch die grossen wirtschaftlichen Interessen im Bereich der Erdölprospektion sehr weit gediehen ist, bieten sich auch für die Georadardaten zahlreiche Verarbeitungs- und Darstellungsmöglichkeiten. Der Unterschied in der Darstellungsmöglichkeit kommt bei einem Vergleich von Bild 4 mit Bild 3 deutlich zum Ausdruck. So zeigt Bild 4 einen Aus-

schnitt aus dem Feldausdruck der Weitwinkelmessung (Bild 3) in «Wiggle-Darstellung», nachdem eine Amplitudenanpassung vorgenommen wurde (Bild 4). Ein grosser Teil der Welleninformation ist im Feldausdruck nicht erkennbar, d.h. die Schwärzung auf dem Feldausdruck gibt keine Angaben über Amplitude und Frequenz der Reflexionssignale. Der Lufteinsatz z.B. erscheint im Feldausdruck als sehr markanter, breiter Reflektor. In der Wiggle-Darstellung hingegen sind die Amplituden des Lufteinsatzes sehr klein. Zudem geht aus der Wiggle-Darstellung deutlich hervor, wo Signale sich überlagern. Für eine weitere Beschreibung der in der Reflexionsseismik angewandten Verarbeitungsschritte, wie Signalstapelung, Amplitudencolorierung, Geschwindigkeitsanalyse usw., sei auf die bestehende Literatur verwiesen (z.B. Robinson, 1983).

## Mögliche Anwendungsgebiete

Georadar kann aufgrund seiner Fähigkeit, geologische und bauliche Strukturen detailliert aufzulösen, in folgenden Bereichen zum Einsatz gelangen:

- ortsspezifische Abklärungen (geplante Deponien, undichte Deponien, Versickerungen, Verunreinigungen)
- hydrogeologische, sedimentologische Untersuchungen
- Ingenieurwesen (Untertagebau, Untersuchungen von Baugrund, Mauerwerk, Belägen, Armierungen, Installationen usw.)
- Archäologie (Lokalisierung von Mauerresten usw.)

### Literatur

Davis, J.L., & Annan, A.P. (1989): Ground-penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy, *Geophysical Prospecting* 37, p. 531–551.

Robinson, E.A. (1983): Seismic velocity analysis and the convolutional model, *Int. Human Resources Dev. Corp. Boston*, p. 290.

Adresse der Verfasser: *Edi Meier*, Edi Meier & Partner AG, Hard 4, CH-8408 Winterthur, und *Peter Huggenberger*, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Eawag, CH-8600 Dübendorf.

## Verfahren zum Herstellen und Verarbeiten von silicamodifiziertem

## Nassspritzbeton und -mörtel

Die Bauunternehmung Ludwig Freytag, Oldenburg, und das Putzmeister-Werk, Aichtal, haben gemeinsam ein Verfahren zum Herstellen und Verarbeiten von silicamodifiziertem Nassspritzbeton und -mörtel für Dünnstromfördertechnik entwickelt [1, 2], das neue Perspektiven bei der Instandsetzung von Betonbauwerken und für die einschalige Spritzbetonbauweise im Hohlraumbau eröffnet. Bei diesem Verfahren wirken Betontechnologie und Baumaschinenteknik untrennbar zusammen. Als Bereitstellungsgemisch im Sinne der DIN 18551 wird im Zwangsmischer hergestellter oder aus dem Transportbetonwerk gelieferter Beton und Mörtel verwendet. Zum Verbessern der Verarbeitungs- und Festboneigenschaften wird amorphes Siliciumdioxid (Silica fume, Microsilica; 5 bis 10% vom Zementgewicht) als Betonzusatzstoff nach DIN 1045 [3] zugegeben sowie ein hochwirksames Fließmittel für einen Wasser-Bindemittelwert möglichst unter 0,40. Um derart steifplastische, kleb-

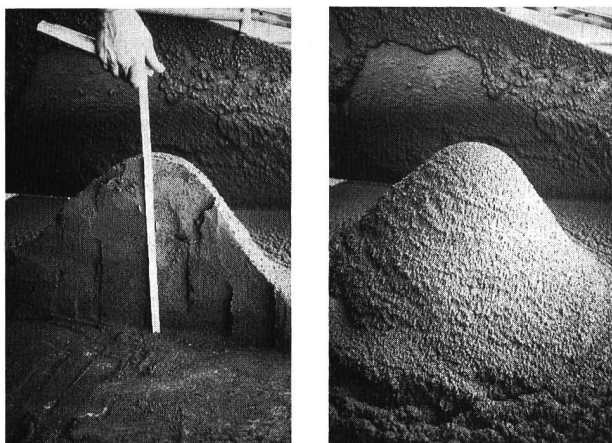


Bild 1. Silicamodifizierter Nassspritzbeton, im Feucht-Dünnstrom-Spritzverfahren über 40 cm dick in einem Arbeitsgang aufgetragen.

rige Betone und Mörtel spritzen zu können, wurde das *Feucht-Dünnstrom-Spritzverfahren* entwickelt. Sein Vorteil liegt darin, dass das mit allen Bestandteilen gemischte Ausgangsgemisch durch den Förder- und Spritzvorgang nur noch durch den Rückprall (5 bis 10% je nach Zusammensetzung, Auftragsflächenbeschaffenheit und Spritzrichtung) verändert wird. Der Düsenführer führt lediglich den Spritzschlauch und gibt kein Wasser, flüssige BE-Mittel oder Silicastäube als Slurry ins Spritzgemisch. Bei Zugabe von Silicastäuben in das Bereitstellungsgemisch (Mörtel, Beton/Transportbeton) und entsprechend niedrigem Was-

Tabelle 1. Silicamodifizierter Nassspritzmörtel (SF-SM) im Vergleich zu Spritzbeton B35 aus Zuschlägen nach Sieblinie B8 und Bindemittelgehalt von 350 kg PZ45 F/m<sup>3</sup> FB (SB) [4].

		Nassspritzmörtel SF-SM	Spritzbeton B35
Festigkeiten	(N/mm <sup>2</sup> )		
Druck	7d	77	37
	28d	110	43
Biegezug	7d	7	5
	28d	10	8
Haftzug	28d	>3	2
E-Modul	28d	51 100	37 400
Eindringtiefen	(mm)		
Wasser	28d	4,5	27,5
Carbonat	28d	0,1	0,5
	90d	0,6	2,7
Abwitterung	28d	0,37	3,48
Porosität	(Vol.-%)		
kapillar		4,4	9,4
gesamt		11	17

Nach 50 Frost-Tau-Wechseln nach ÖNORM B 3302

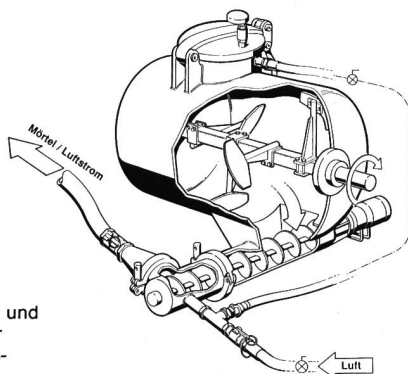


Bild 2. Druckluft-Misch- und Spritzsystem Betojet für silicamodifizierten Nassspritzbeton und -mörtel.



Bild 3. Betojet Typ 250 EHM mit Zwangs-Hubmischer (250 l).

ser-Bindemittelwert sind Spritzdicken von 60 cm und mehr in einem Arbeitsgang (Bild 1) aufgrund der sich bildenden Adhäsionskräfte und der starken Verdichtung infolge des Spritzvorgangs problemlos möglich. Da der Beton nach dem Einbau seine zähplastische Konsistenz behält, kann auch dichte, mehrlagige Bewehrung gut eingespritzt werden, denn der weiche Beton dringt durch den Spritzdruck hinter die Bewehrungsstäbe.

Die Zugabe von Silicastäuben erhöht die Festigkeit, Wasserundurchlässigkeit und den Karbonatisierungswiderstand des Betons [3]; der im Feucht-Dünnstrom-Spritzverfahren verarbeitete silicamodifizierte Beton und Mörtel entspricht als anorganisches Betoninstandsetzungssystem aus rein mineralischem Werkstoff den Forderungen nach einem dem Altbeton angepassten Festigkeits- und Verformungsverhalten hinsichtlich Haftung am Altbeton, Schutz der Bewehrung gegen Korrosion, Frostwiderstand, Wasserundurchlässigkeit, Wasserdampfdurchlässigkeit und hemmenden Wirkung gegen das Eindringen von Schadgasen (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> usw.) [4] (Tabelle 1).

Solche Betone und Mörtel sind nicht pumpfähig und deshalb nicht im Dichtstrom förderbar. Da auch die Förderung mit herkömmlichen Spritzmaschinen des Trockenspritzverfahrens im Dünnstrom nicht möglich ist, musste eine neue Spritzmaschine, die Druckluft-Misch- und Spritzmaschine *Betojet* [2], entwickelt werden. Eine Förderschnecke unter dem Rührwerk und quer zum Druckkessel (Bild 2) gibt das Spritzgut gleichmässig in den Luftstrom im Förder- und Spritzschlauch, der mit 32 oder 52 mm NW bei Dünnstromförderung (Spritzdruck 4 bis 7 bar) trotz Nassspritzens leicht zu handhaben ist.

Der Betojet 250 wird mit Zwangsmischer (250 l) und strassenfahbar (80 km/h) hergestellt (Bild 3). Er hat 1,5 bis 2 m<sup>3</sup>/h Förderleistung und bei Beschickung mit Fertigmischungen 3 bis 4 m<sup>3</sup>/h. Der Betojet 550 kann Transportbeton und -mörtel bis zu 8 m<sup>3</sup>/h im Dünnstrom fördern.

Das Feucht-Dünnstrom-Spritzverfahren mit silicamodifiziertem Nassspritzbeton und -mörtel wird eingesetzt für die ingenieurmässige Betoninstandsetzung besonders von Bauteilen, die hohen chemischen Angriffen ausgesetzt sind, und für Verstärkungen von Bauteilen bis zur statisch-konstruktiven einschaligen Spritzbetonbauweise für Stollen, Tunnel, Schalen und Behälter. GB

#### Literatur

- [1] Wäsche, H.: Silicamodifizierter Nassspritzbeton/-mörtel gefördert in Dünnstromtechnik. Vortrag am 5. März 1991, Universität Stuttgart.
- [2] Kempf, M.: Die Spritzmaschinentechnik. Vortrag, wie [1].
- [3] Manns, W.: Microsilica als Betonzusatzstoff. Vortrag, wie [1]; vgl. auch «Tiefbau-Ingenieurbau-Strassenbau» 32(1990) Nr. 2, S. 67–70.
- [4] Knöfel, D.: Ein anorganisches Betoninstandsetzungssystem aus rein mineralischem Werkstoff. Vortrag, wie [1].