

# Spritzbeton: Anwendungen, Erfahrungen, Entwicklung im Untertagbau

Autor(en): **Gruber, Luzi**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **116 (1998)**

Heft 19

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79501>

## **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.

andere als bei Stahlbeton, erst begrenzte Erfahrungen vorliegen, bedürfen einige der in der Richtlinie enthaltenen Angaben noch der Verifizierung durch die Praxis. Trotzdem wird sich die Richtlinie in vielen Fragen als hilfreich erweisen und bietet zudem eine solide Basis für die weitere Entwicklung dieses modernen Baustoffs [9].

Adresse der Verfasser:

Viktor Sigrüst, Dr. sc. techn., dipl. Bauing. ETH, Ritz Zimmerli Sigrüst AG, Steghofweg 2, 6005 Luzern, Jean Pralong, Dr. sc. techn., dipl. Bauing. ETH, Dr. J. Pralong + Ass. SA, Rue de la Majorie 9, 1950 Sion

#### Literatur

- [1] Naaman A.E.: Fiber Reinforcement for Concrete. Concrete International, März 1985
- [2] Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein: Richtlinie SIA 162/6, Stahlfaserbeton. Vernehmlassungsentwurf, 1997
- [3] Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein: Norm SIA 162, Betonbauten. 1993
- [4] Sigrüst V.: Zum Verformungsvermögen von Stahlbetonträgern. IBK Bericht Nr. 210, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Birkhäuser Verlag Basel, 1995
- [5] Pfl/Tb.: Versuche an Stahlfaserbetonplatten und -balken. Diplomarbeit, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Januar 1997

- [6] Ulaga T.: Biegeverhalten von Stahlfaserbeton. Diplomarbeit, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Juni 1997
- [7] Deutscher Beton-Verein e.V.: Technologie des Stahlfaserbetons und Stahlfaserspritzbetons - Bemessungsgrundlagen für Stahlfaserbeton im Tunnelbau. DBV-Merkblätter Faserbeton, 1992
- [8] Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein: Norm SIA 215.002. Zement-Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien - Teil 1: Allgemein gebräuchlicher Zement, 1992
- [9] Maidl B.: Stahlfaserbeton. Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1991

Luzi Gruber, Bassersdorf

## Spritzbeton

### Anwendungen, Erfahrungen, Entwicklung im Untertagbau

**Spritzbeton ist im Untertagbau das wichtigste Sicherungsmittel, zusammen mit Armierung, Felsankern und allenfalls Stahl- oder Gitterträgern. Im rückwärtigen Bereich dient Spritzbeton als Ausbaumittel, falls der Tunnel in der einschaligen Spritzbetonbauweise erstellt wird. Im vorliegenden Artikel wird auf die Herstellung und die praktische Anwendung von Spritzbeton eingetreten. Anhand von Beispielen von grossen Untertagbauten werden Erfahrungen vermittelt, auf Erfolge und Misserfolge hingewiesen sowie Entwicklungstendenzen aufgezeigt.**

Bei der Herstellung von Untertagbauten im Fels ist anzustreben, dass die Tragfähigkeit des Gebirges weitgehend erhalten bleibt. Die primäre Felsicherung hat die Aufgabe, die Eigentragfähigkeit des Gebirges zu unterstützen und günstig zu beeinflussen. Das Tragverhalten der Ausbruchssicherung wird durch die Verformbarkeit bzw. Steifigkeit, den Grad des Verbunds zwischen Sicherung und Gebirge sowie durch den Einbaupunkt bestimmt. Unterschieden wird in hochbiegesteife, biegesteife und biegeweiche Sicherungsmittel. Biegeweiche (hochverformbare) Sicherungsmittel sind nur im Zusammenhang mit dem mittragenden

umgebenden Gebirge standsicher. Die Sicherung ist im Grenzfall als statische Randverstärkung anzusehen. Sie übernimmt Normal- und Schubkräfte, aber keine oder nur äusserst geringe Biegemomente. Diese biegeweiche Sicherung besteht heute meist aus unbewehrtem oder bewehrtem Spritzbeton oder auch aus Stahlfaserspritzbeton.

#### Sicherungsspritzbeton

Spritzbeton ist im modernen Tunnelbau das wichtigste Sicherungsmittel. Seine Anwendung ist sehr flexibel und kann sich wechselnden Anforderungen, auch für Teilausbrüche jeder Grösse, leicht anpassen. Spritzbeton dient vorwiegend zur Versiegelung, zur vorübergehenden Sicherung, zur Ausbruchglättung und zur Abdichtung. Selbst bei einer minimalen Versiegelung mit Schichtstärken unter 5 cm ist die tragende Wirkung grösser als erwartet, da gleichzeitig Klüfte geschlossen und kleine Nachbrüche verhindert werden, wodurch die Aktivierung des Gebirgsgewölbes unterstützt wird. Spritzbeton ermöglicht bei optimalem Verbund mit dem Gebirge eine Sicherung in unmittelbarem Anschluss an den Vortrieb (Bild 1).

#### Ausbauspritzbeton

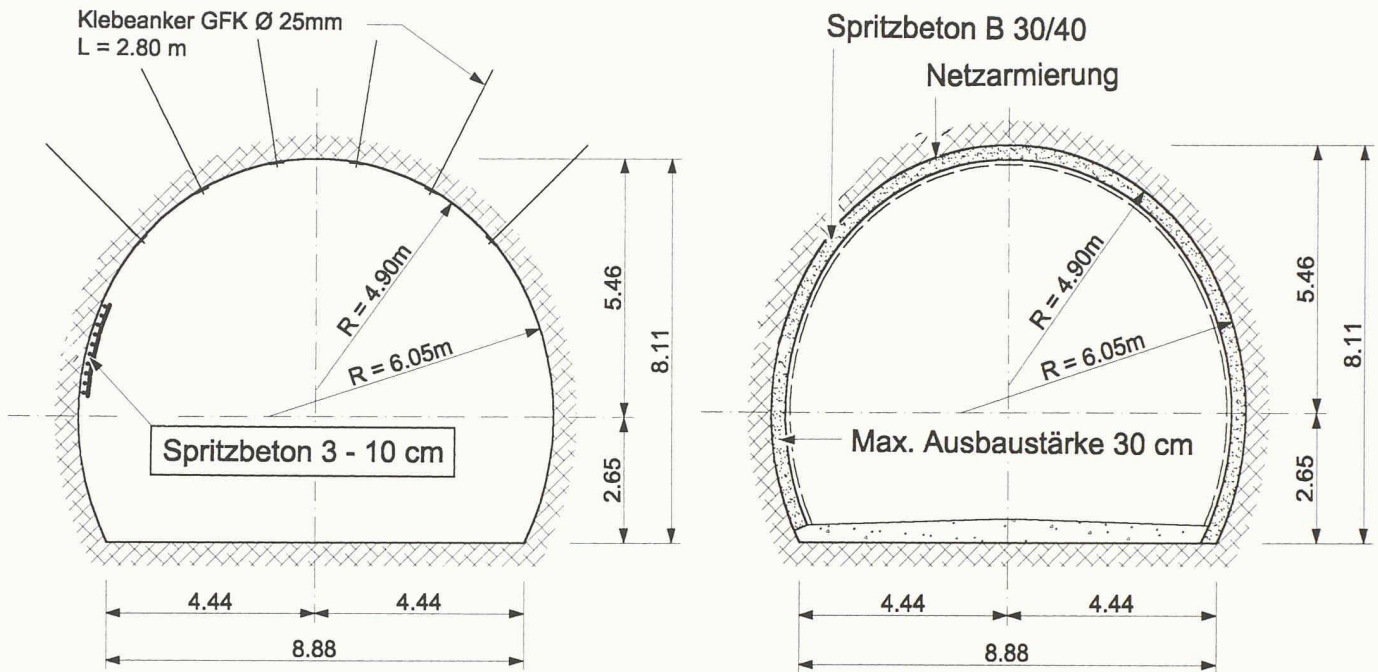
Beim einschaligen Spritzbetonausbau, einem zweiten wichtigen Einsatzgebiet

von Spritzbeton im Untertagbau, wird der Felsicherung eine dauerhafte Tragfunktion zugewiesen. Kommt diese Bauweise zur Anwendung, ist die vorübergehende Sicherung in das Gesamtsystem der endgültigen Sicherung zu integrieren. Es ist daher notwendig, dass alle Sicherungsmittel aus hochwertigem, dauerhaftem Material bestehen. Art und Umfang des Gewölbeausbaus werden aufgrund felsmechanischer Überlegungen sowie der vorgängig eingebrachten Felsicherungsmittel bestimmt. Die Spanne reicht dabei von einer unbewehrten Spritzbetonschicht von minimal 10 cm bis hin zu mehrlagiger Armierung mit Spritzbetonstärken von 30 cm und mehr (Bild 2).

#### Stahlfaserspritzbeton

Der Einsatz von Stahlfasern anstelle einer Netzarmierung bringt verschiedene Vorteile mit sich. Beim Sicherungsspritzbeton müssen keine Netze im ungesicherten Vortriebsbereich mehr montiert werden, wodurch sich das Unfallrisiko reduziert. Anstelle von zwei Arbeitsgängen (Netzmontage und Applikation von Spritzbeton) wird der Stahlfaserspritzbeton in einem einzigen Arbeitsgang aufgetragen. Zudem entfällt die Schwierigkeit des saten und hohlraumfreien Einspritzens von Armierungsnetzen.

Umfangreiche Untersuchungen zeigen, dass problemlos stahlfaserarmierter Spritzbeton mit dem gleichen Arbeitsvermögen wie netzarmierter Spritzbeton hergestellt werden kann. Stahlfasern führen zudem zu einem besseren Rissebild im Spritzbeton, was sich positiv auf die Wasserdichtigkeit auswirken kann, einem



1

Anwendung von Spritzbeton als Sicherungsmittel (Vereinalinie, Zweispurstrasse)

2

Anwendung von Spritzbeton als Ausbaumittel (Vereinalinie, Zweispurstrasse)

wichtigen Kriterium beim einschaligen Ausbau.

### Spritzbetonherstellung, Spritztechnik

Spritzbeton, teilweise auch als Spritzmörtel oder Gunit bezeichnet, wird im Trocken- oder Nassverfahren, mittels Druckluft aufgetragen und verdichtet. Er bindet an der Auftragsfläche ab und erhärtet. Durch Zusatzmittel können die Eigenschaften des Spritzbetons in bezug auf Anfangsfestigkeit und Haftung angepasst werden. In der Regel werden BE-Mittel (Erstarrungsbeschleuniger) zugegeben, um die Frühfestigkeit zu erhöhen.

Die Herstellung erfolgt grundsätzlich in zwei Verfahren, welche sich hinsichtlich der Zugabeart der Ausgangsstoffe und der Förderart unterscheiden.

#### Trockenspritzverfahren

Beim Trockenspritzverfahren werden erdfeuchte Zuschlagstoffe (Trockengemisch) im sogenannten Dünnsstromverfahren mit Druckluft von der Spritzbetonmaschine zur Spritzdüse gefördert, wo das Anmachwasser zudosiert und der benetzte Spritzbeton mit hoher Geschwindigkeit an die Wand gespritzt und verdichtet wird. Die Zugabe von Erstarrungsbeschleunigern erfolgt entweder in Pulverform in der Spritzbetonmaschine oder in flüssiger Form bei der Spritzdüse (Bild 3). Die Lei-

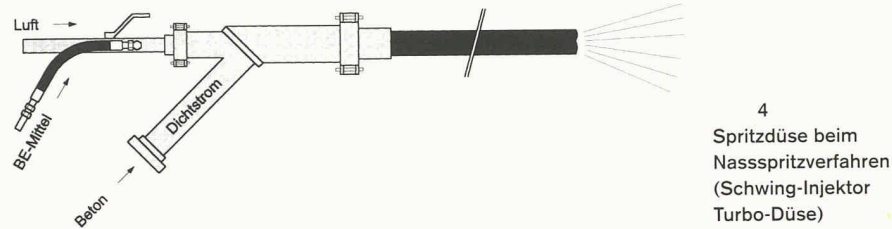
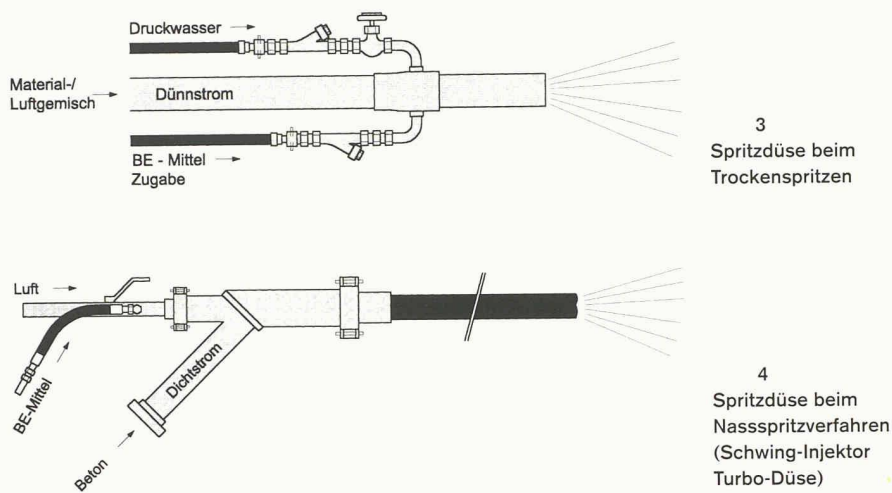
stungen beim Trockenspritzverfahren liegen je nach Maschinengrösse bei 4–6 m<sup>3</sup>/h (Trockengemisch), und die Schichtstärke beträgt 3–5 cm je Spritzschicht. Die Handhabung des Trockenspritzverfahrens ist grundsätzlich einfach, die Geräte sind relativ klein, und durch Zugabe von BE-Mitteln sind hohe Frühfestigkeiten erreichbar. Nachteilig sind der hohe Rückprall und insbesondere die hohe Staubbildung. Diesbezügliche Forschungsarbeiten der Suva und von Bergbauberufsgenossenschaften sind in Arbeit (Suva: Alptransit, Staubbekämpfung bei Spritzbetonarbeiten im Untertagebau). Wegen der manuellen Wasserzugabe hängt die Betonqualität recht erheblich vom Geschick und der Qualifikation des Düsenführes ab. Im Gegensatz zum nahen Ausland wird in der Schweiz, wo immer möglich, vom Einsatz des Trockenspritzverfahrens im Untertagebau abgesehen. In den letzten Jahren hat das Trockenspritzen im Untertagebau deutlich an Terrain eingebüsst.

#### Nassspritzverfahren

Beim Nassspritzverfahren wird Fertigbeton (Pumpbeton gemäss Norm SIA 162, Art. 5 114 und Art. 5 151) mit Fahrmittern zur Betonpumpe transportiert. Die Förderung von der Pumpe zur Spritzdüse erfolgt in einer geschlossenen Rohrleitung, im sogenannten Dichtstrom. Im Düsenbereich wird der Förderstrom durch Druckluft aufgerissen, beschleunigt und

an die Wand gespritzt (Bild 4). Die Zugabe des BE-Mittels erfolgt ausschliesslich bei der Düse, sei es in flüssiger Form oder als Pulver. Dieses Verfahren bringt, im Gegensatz zum Trockenspritzverfahren, eine gleichmässige Betonqualität und verursacht sehr viel weniger Staub, da einerseits vollständig durchmischter, «nasser» Beton gespritzt wird und andererseits mit einer geringeren Luftmenge gearbeitet werden kann. Im Nassspritzen sind wesentlich höhere Spritzleistungen (10–12 m<sup>3</sup>/h) möglich. Dabei ist die Masseinheit hier ein «echter» m<sup>3</sup> Beton (ein m<sup>3</sup> fertig vibrierter Beton) und nicht ein m<sup>3</sup> Trockengemisch wie beim Trockenspritzen. Die Schichtstärken liegen infolge der höheren Leistung im Minimum bei rund 5 cm.

Nachteilig sind die grösseren und schwereren Geräte und die normalerweise geringere Förderweite. Für Einsätze in grösseren Querschnitten hat sich das Nassspritzverfahren in der Schweiz weitgehend durchgesetzt. Durch die wesentlich höheren Spritzleistungen ist für das Nassspritzen weitgehendst eine Mechanisierung erfolgt. Normalerweise wird heute mit Spritzrobotern gearbeitet (Bild 5), wobei verschiedene Fabrikate zur Auswahl stehen. Ein wesentlicher Vorteil der Spritzroboter besteht darin, dass für Sicherungsarbeiten aus dem bereits gesicherten Vortrieb heraus gearbeitet werden kann, und der Maschinist nicht im ungesicherten Bereich arbeiten muss.



schen 22 und 6 Uhr musste für den Nassspritzbeton eine Bunkerung vorgesehen werden. Eine Offenzeit des Betons über 6 und mehr Stunden konnte nur dank eines langzeitverzögernden Betonzusatzmittels erreicht werden. Zur Anwendung gelangte, in der Schweiz erstmals und mit gutem Erfolg, ein Stabilisator. Als Bunker wurden die Fahrmascher mit je  $6\text{ m}^3$  Inhalt verwendet, die vor 22 Uhr im Tunnel abgestellt und bei Bedarf in der Nacht entladen wurden.

Für die Ausfachung der Bohrpfähle im Paramentbereich der Tagbaustrecke wurden erfolgreich mit den gleichen Geräten etwa  $1000\text{ m}^3$  Spritzbeton in der Körnung  $0-30\text{ mm}$  als Ersatz für Ortbeton eingebracht. Da eine vertikale Wand gespritzt wurde, waren die erreichten Leistungen recht hoch.

### Bezug zu den SIA-Normen

Die Norm SIA 162, Ausgabe 6/1996, regelt in den Kapiteln 5 11 und 5 12 die Definition und die Klassifikation von Beton und Spritzbeton.

Die Norm SIA 198, Ausgabe 1/1993, regelt die Herstellung, die Prüfung und die Verwendung von Spritzbeton im Kapitel 3 «Ausführung» (3 1 Baustoffe und 3 2 Bauausführung). Ausmass und Vergütung werden im Kapitel 5 geregelt. Speziell ist zu erwähnen (unvollständige Aufzählung):

Art. 3 12: Je nach Spritzverfahren wird Trocken- oder Nassgemisch als Ausgangsmischung verwendet. Beim Trockenspritzbeton bezieht sich die Zementdosierung auf  $1000\text{ l}$  Zuschlagstoffe oder das entsprechende Schüttgewicht. Beim Nassspritzbeton bezieht sich die Zementdosierung auf den mit dem Ausgangsgemisch in einer Schalung, ohne Rückprall hergestellten, fertig verdichteten Beton.

Art. 5 12: Der Spritzbeton wird, sofern in den Ausschreibungsunterlagen nichts anderes vorgesehen ist, aufgrund des verar-

beiteten Volumens an Ausgangsmischung vergütet. Als Masseinheit gilt:

- für Trockenspritzbeton  $1\text{ m}^3$  Trok-kengemisch aus Zuschlagstoffen und Zement
- für Nassspritzbeton  $1\text{ m}^3$  fertig verdichteter, in einer Schalung hergestellter Beton

Die Bemessung, Herstellung und Verwendung von Stahlfaserspritzbeton wird in der neuen Richtlinie SIA 162/6 (1998) «Stahlfaserbeton» (siehe S. 347ff.) geregelt.

### Praktische Erfahrungen

#### Flurlinger Tunnel, Nationalstrasse A4

Der Flurlingertunnel ist Teil der Nationalstrasse A 4.3 und wurde kürzlich im Zusammenhang mit der Eröffnung der Autobahn im Zürcher Weinland (Andelfingen-Schaffhausen) unter dem neuen Namen Kohlfirstunnel in Betrieb genommen. Der dreispurige Tunnel wurde in den Jahren 1989 bis 1992 ausgebrochen. Dabei wurden in Teilquerschnitten der Plattenkalk des Juras sowie verschiedene Molasseformationen durchörtert. Für die Sicherung war als primäres Sicherungsmittel Trockenspritzbeton vorgesehen. Nach eingehenden Vorversuchen wurde im Jahre 1989, d.h. kurz nach Vortriebsbeginn, auf die Nassspritztechnologie umgestellt. Als Fördermittel kamen dabei gleichzeitig bis zu drei Schwing-Betonpumpen zum Einsatz. Als Spritzroboter wurden auf Mobilbagger montierte Spritzarme verwendet. Insgesamt wurden gegen  $30\,000\text{ m}^3$  Spritzbeton aufgebracht. Mittlere Spritzleistungen von etwa  $8-10\text{ m}^3/\text{h}$  waren die Regel. Zwei Besonderheiten sind erwähnenswert.

Durch das strikte Verbot der Betonproduktion auf der eigenen Anlage zwi-

### Tunnel Crapteig

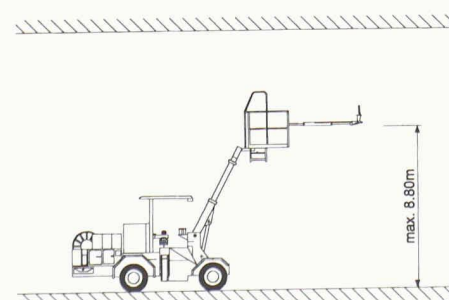
Im  $2\text{ km}$  langen, dreispurigen Strassentunnel Crapteig in Thusis (Nationalstrasse A13 Chur-Bellinzona) war anfänglich eine Felssicherung mit Nassspritzbeton unter Verwendung von Armierungnetzen vorgesehen. Durch die im Kanton Graubünden im Jahre 1991 erstmalige Verwendung von Stahlfasern im Nassspritzbeton konnte der Vortriebszyklus pro Abschlag von 12 auf 9 Stunden reduziert werden. Im zweischichtigen Betrieb wurden somit pro Arbeitstag zwei Abschläge zu  $3\text{ m}$  realisiert. Durch diese Arbeitsweise konnte zudem die Arbeitssicherheit gesteigert werden, mussten sich doch keine Arbeiter während der Spritzbetonsicherungsarbeiten im ungeschützten Vortriebsbereich (L1) aufhalten.

Insgesamt wurden für die Vortriebsicherung etwa  $8500\text{ m}^3$  Stahlfaserspritzbeton appliziert. Dabei kam ein Schwing-Spritzmobil zum Einsatz. Die entsprechenden Spritzbetonrezepturen sind in Bild 6 zu finden. Schwergewichtig standen bei der Verwendung von Stahlfaserspritzbeton im Tunnel Crapteig folgende Fragen im Vordergrund:

- Welche zusätzlichen Anforderungen sind zu stellen?
- Mit welchen Prüfverfahren lässt sich im Rahmen von Vorversuchen und Eignungsprüfungen der Nachweis erbringen, dass die Anforderungen an den Baustoff Stahlfaserspritzbeton erfüllt werden?
- Welche Prüfungen vermögen die Qualität während der Ausführung am Bauwerk nachzuweisen?

Antworten auf diese Fragen gibt die nun vorliegende Richtlinie über die Verwendung von Stahlfaserbeton bzw. Stahlfaserspritzbeton (Norm SIA 162/6, 1998, vgl. auch S. 347ff.).

5  
Normet-Spritzmobil



|                   | <b>AVN<br/>Sicherung<br/>TBM (L 2)</b> | <b>AVN<br/>Sicherung<br/>konv. (L 1)</b> | <b>AVN<br/>Ausbau<br/>(L 3)</b>     | <b>AVS<br/>Sicherung<br/>Einspur (L 1)</b> | <b>AVS<br/>Ausbau<br/>Einspur (L 3)</b> | <b>AVS<br/>Ausbau<br/>Zweispur (L 3)</b> | <b>Crapteig<br/>Sicherung<br/>mit Fasern</b> |
|-------------------|--|--|-------------------------------------|--|---|--|--|
| Beton             | B 40/30 F                              | B 40/30 F                                | B 40/30 F                           | B 40/30 F                                  | B 40/30 F                               | B 40/30 F                                | B 35/25                                      |
| Zement            | BTC CEM II<br>425 kg/m <sup>3</sup>    | BTC CEM II<br>450 kg/m <sup>3</sup>      | BTC CEM II<br>425 kg/m <sup>3</sup> | BTC CEM II<br>425 kg/m <sup>3</sup>        | BTC CEM II<br>425 kg/m <sup>3</sup>     | PC<br>450 kg/m <sup>3</sup>              | PC<br>450 kg/m <sup>3</sup>                  |
| W/Z               | <0,48                                  | <0,48                                    | <0,48                               | <0,48                                      | <0,48                                   | <0,48                                    | <0,50  |
| Ausbreitmass [cm] | 45-50                                  | 45-50                                    | 45-50                               | 40-50                                      | 40-50                                   | 40-50                                    | 40-50  |
| 0-3 mm            | 41                                     | 41                                       | 41                                  | 35   | 35                                      | 35                                       | -  |
| 0-4 mm            | 31                                     | 31                                       | 31                                  | 25   | 25                                      | 25                                       | 52   |
| 4-8 mm            | 28                                     | 28                                       | 28                                  | 40   | 40                                      | 40                                       | 33   |
| 8-16 mm           | -                                      | -  | -                                   | -  | -                                       | -  | 15   |
| Verflüssiger      | HBV<br>1,2%                            | HBV<br>1,2%                              | HBV<br>1,2%                         | HBV<br>1,5%                                | HBV<br>1,5%                             | HBV<br>1,5%                              | HBV<br>1,5%                                  |
| BE-Mittel         | flüssig<br>4%                          | flüssig<br>4%                            | Pulver<br>3%                        | flüssig<br>5%                              | flüssig<br>5%                           | flüssig<br>5%                            | flüssig<br>5-6%                              |
| Microsilica       | -                                      | -  | -                                   | -  | -                                       | flüssig 10%                              | Pulver<br>15 kg/m <sup>3</sup>               |
| Stahlfasern       | keine                                  | keine                                    | keine                               | keine                                      | keine                                   | keine                                    | 40 kg/m <sup>3</sup>                         |
| Kubatur           | 12 000 m <sup>3</sup>                  | 3000 m <sup>3</sup>                      | 16 000 m <sup>3</sup>               | 8000 m <sup>3</sup>                        | 20 000 m <sup>3</sup>                   | 12 000 m <sup>3</sup>                    | 8500 m <sup>3</sup>                          |
| Leistung          | 6-8 m <sup>3</sup> /h                  | 6-8 m <sup>3</sup> /h                    | 6-10 m <sup>3</sup> /h              | 6-8 m <sup>3</sup> /h                      | 6-10 m <sup>3</sup> /h                  | 8-10 m <sup>3</sup> /h                   | 6-8 m <sup>3</sup> /h                        |

6

#### Spritzbetonrezepturen Vereinalinie, Tunnel Crapteig

Die im Tunnel Crapteig gewonnenen positiven Erfahrungen mit Stahlfaser-spritzbeton wurden und werden in Folgebauwerken im Kanton GR genutzt: im Fluchtstollen Tunnel Trin, im Tunnel Val Spelunca, im Tunnel Sils sowie im Gotschnatunnel. Als Besonderheit ist zu erwähnen, dass der Tunnel Val Spelunca (Strasse Vinadi-Sammnaun) in der einschaligen Spritzbetonbauweise unter Verwendung von Stahlfaserspritzbeton erstellt wurde.

#### Vereinalinie der Rhätischen Bahn

Für den über 19 km langen Haupttunnel der Vereinalinie war gemäss Ausschreibungsunterlagen die Verwendung von Trockenspritzbeton vorgesehen. Bereits in der Startphase wurde auf die Nassspritztechnologie umgestellt. Zur Anwendung gelangten grundsätzlich zwei Arten von Spritzbeton: Sicherungsspritzbeton für die primäre Felssicherung während oder unmittelbar hinter dem Ausbruch - mittels TBM (Bild 7) oder konventionell - sowie hochwertiger Spritzbeton für den Gewölbeausbau gemäss den Prinzipien des einschaligen Ausbaus. Dabei wurden verschiedene Rezepturen gemäss Bild 6 angewendet. Insgesamt wurden für den Haupttunnel über 20 000 m<sup>3</sup> Sicherungsspritzbeton und mehr als 50 000 m<sup>3</sup> Ausbauspritzbeton verwendet. Anzumerken ist, dass grundsätzlich alle Komponenten für die Betonherstellung aus dem Ausbruchmaterial gewonnen wurden.

Für den Ausbauspritzbeton wurden beachtliche Leistungen erzielt. So wurden

beispielsweise im Los Nord mit der vollmechanisierten Installation im Bereich L3 Tagesleistungen von bis zu 80 m erreicht, dabei wurde der Tunnel halbseitig fertiggestellt. Das entspricht einer durchschnittlichen Stundenleistung von etwa 10 m<sup>3</sup>. So hohe Gesamtleistungen können nur mit entsprechenden Installationen erreicht werden. Im vorliegenden Fall wurden für die gesamten Installationen im L3 über 3 Mio. Franken aufgewendet.

#### Erfolg und Misserfolg

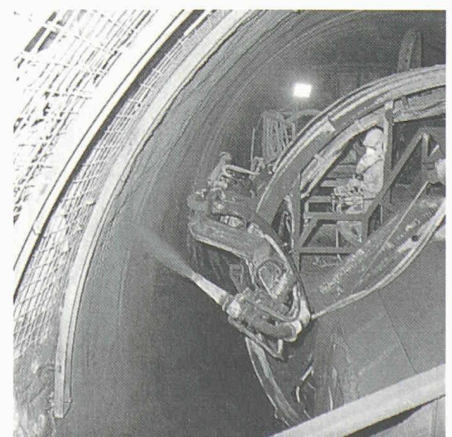
Für den Einspurbereich des Bauloses Süd der Vereinalinie kam bekanntlich eine spezielle Hängebühne zum Einsatz. Es war vorgesehen, den Sicherungsspritzbeton mittels einer Schwing-Betonpumpe vom Ende der Gleisstrecke über rund 300 m zum Spritzmobil in den unmittelbaren Vortriebsbereich zu fördern. Trotz umfangreicher Vorversuche, intensiver Suche nach Ursachen und sogar der Simulation der gesamten Rohrleitungsführung (Durchmesser 80 mm) im Freien neben der Betonanlage gelang es nicht, das Vorhaben in die Tat umzusetzen. Der Transport wurde schliesslich für die ganze Strecke von über 5 km mit Hochkippdumpfern von 1,5 m<sup>3</sup> Inhalt ausgeführt. Dabei musste jedesmal die Sohlbaustelle durchfahren werden.

Für einen im Durchmesser kleinen Dienststollen im Bereich des Flughafens Zürich (Bauherr FIG, Flughafenimmobilien-gesellschaft), der im Lockermaterial erstellt wurde, war Nassspritzbeton vorge-

sehen. Dabei kamen die oben erwähnten Gerätschaften zum Einsatz. Die Betonpumpe wurde in einem Schacht vor dem Tunnelportal plziert und die identische Rohrleitung (Durchmesser 80 mm, Länge bis 400 m) in den Tunnel verlegt. Der Spritzvorgang an der Ortsbrust wurde vom Düsenführer mittels einer Fernsteuerung geregelt. Damit die Pumpe nicht nach jedem Spritzvorgang entleert und gereinigt werden musste, wurde die Pumpe am Montag mit langzeitverzögertem Transportbeton von einem externen Betonwerk beschickt und erst am Freitag jeweils entleert und gereinigt.

7

Mechanischer Spritzbetonauftrag im L2, Vereinalinie Nord (TBM)



Dieses Beispiel führt drastisch vor Augen, dass nicht immer alles machbar ist, insbesondere ist vor schnellen Vergleichen zu warnen. Gründe für den Erfolg oder den Misserfolg sind sicher in den unterschiedlichen Randbedingungen zu suchen:

- Die Verwendung von 100% gebrochenem Material, selbst wenn der Sand (0-4 mm) in zwei getrennten Fraktionen zugegeben wird, ist für die Pumpbarkeit immer problematisch.
- Die Verwendung eines Kompositzements (BTC, Bündner Tunnel Cement) und die Beigabe eines Fließ-

mittels führten zudem teilweise zu einem unerwünschten Ansteifen des Betons. Für den FIG-Stollen wurden hingegen normaler Zement und Grubensand verwendet, was zum Erfolg führte.

### Zukünftige Entwicklungen

Seit etwa 10 Jahren hat sich die Nassspritztechnologie in der Schweiz sukzessive etabliert. Es ist zu erwarten, dass sich daran in naher Zukunft nichts ändern wird, ob-

wohl im nahen Ausland mit Tunnelzement weiterhin trocken gespritzt wird. Immer mehr kommen, vor allem für Sicherungsarbeiten, auch Stahlfasern zum Einsatz. Dieser Trend wird sich in Zukunft verstärken. Der einschalige Ausbau mit Spritzbeton wird hingegen nur vereinzelt und bei geeigneten Objekten angewendet werden.

Adresse des Verfassers:

Luzi Gruber, dipl. Bauing, ETH SIA, Batigroup Tunnel AG, Grindelstrasse 6, 8303 Bassersdorf

Jürg Kägi, Zürich

## Spritzbeton

### Anwendung und Erfahrungen bei Instandsetzungsarbeiten

**Gerade bei schützenswerten Bauwerken oder Denkmalpflegeobjekten ist neben Zweckmässigkeit und Qualität des Instandsetzungskonzepts auch das Aussehen der fertigen Arbeiten von grösster Bedeutung. Vermehrt und mit grossem Erfolg wurde in den vergangenen Jahren Spritzbeton in Kombination mit Wasserhöchstdruck an ganz verschiedenen Bauten eingesetzt. Dabei vermögen die von einzelnen Spezialisten entwickelten Techniken in der Rekonstruktion von Sichtbetonstrukturen dem Laien durchaus das Vorhandensein eines gefälligen Sichtbetons vorzutäuschen und die Fachleute durch eine gute Qualität zu überzeugen.**

Das Spritzen von Beton ist heute eine bewährte Methode bei der Erhaltung von Bauwerken. Im Gegensatz zu dessen Anwendung bei Stollen, Felswänden oder Böschungen haben wir es bei Instandsetzungsarbeiten zumeist mit kleineren Massen, dünneren Schichten und oft mit höheren, aber zugleich auch differenzierteren Qualitätsanforderungen zu tun. Es werden auch nicht Dutzende von Kubikmetern am Tag verarbeitet, sondern ein paar hundert Liter oder bestenfalls ein paar wenige Kubikmeter.

Zur Anwendung kommen Nass- oder Trockenspritzbeton, letzterer entschieden häufiger. Tendenziell steht Nassspritzbeton dort im Vordergrund, wo die Material-

kosten im Vergleich zu den übrigen Kosten weniger ins Gewicht fallen, also vor allem, wenn die Verhältnisse nur die Verarbeitung kleinster Mengen je Einsatz oder Tag zulassen. Bei grossflächigen Aufgaben kommt hingegen fast ausschliesslich das Trockenspritzverfahren zur Anwendung.

Die Methode eignet sich bei allen Arten von Bauwerken, hauptsächlich aber solchen aus Beton: Tiefbauten wie Brücken, Stützmauern, Tunnel, Galerien oder Staumauern auf der einen und Hochbauten jeglicher Art und Grösse auf der anderen Seite. Spritzbeton kann die Lösung

bei folgenden Problemen sein: Ersatz von geschädigtem oder mangelhaftem Altbeton, Erhöhung ungenügender Eisenüberdeckungen, Wiederherstellung einer alkalischen Einbettung der Armierung, Verstärkung geschwächter oder ungenügender Konstruktionen oder Verschönerung ästhetisch unbefriedigender Oberflächen. Ein weiterer Vorteil ist, dass auch kaum einschaltbare, komplizierte Formen, wie z.B. bei der Instandsetzung von Entwässerungskanälen (Bild 1) gut nachgebildet werden können.

Im Rahmen dieses Kurzbeitrags geht es nicht um die Erläuterung der Methode an sich, sondern um deren Anwendung in der Praxis. Deshalb werden einzelne Aspekte von Technologie, Anforderungen oder Randbedingungen lediglich im Rahmen der aufgeführten Beispiele gestreift.



1  
Spritzbetonapplikation  
im Abwasserkanal  
in der Neubrunnen-  
strasse in Zürich