
Entwicklung und Praxiserfahrungen mit einer neuen Verfahrenstechnik zur Herstellung und Verarbeitung von umweltfreundlichem Spritzbeton

DEVELOPMENT AND PRACTICAL EXPERIENCE OF A NEW TECHNOLOGY FOR THE PREPARATION AND PLACING OF ECOLOGICALLY DESIRABLE SHOTCRETE

WALTER BALBACH, HUBERT ERNSPERGER, ROMBOLD & GFRÖHRER GMBH & CO KG, DITZINGEN

Die Problematik der Zugabe von alkalischen Beschleunigern bei Spritzbeton ist hinlänglich bekannt. Um auf diese Zusatzmittel verzichten zu können, gibt es Entwicklungen verschiedenster Art.

Ein gangbarer Weg ist die Verwendung eines sogenannten "Spritzzementes". Um die optimale Wirksamkeit (schnelles Erstarren) im Spritzbeton zu erhalten, muß dieser aber mit sehr trockenen Zuschlagstoffen verarbeitet werden, die Zugabe des Wassers kann nur an der Düse erfolgen. Eine Vorbenetzung des Trockengemisches ist nicht möglich, auch bei einer nur sehr kurzen Verweildauer im Schlauch verschlechtert sich das Erstarrungsverhalten des Spritzbetons deutlich.

Es kommt also nur eine Förderung des trockenen Gemisches bis zur Spritzdüse in Frage. Bei der herkömmlichen Maschinenteknik (Rotorspritzmaschine etc.) wirkt sich die trockene Förderung vor allem im Hinblick auf die Staubentwicklung und den Verschleiß sehr nachteilig aus.

Als Alternative hierzu wurde eine neue Fördertechnik entwickelt, bei der die Spritzmaschine entfällt. Das System besteht im wesentlichen aus einem Druckbehälter, der das Material enthält (je nach Ausführung ein Standsilo oder ein auf Fahrzeugen montierter Druckkessel). Am Auslauf der Behälter sind sogenannte staubfrei verkapselte Dosierblasschnecken montiert, an deren Ende der Spritzschlauch angeschlossen wird. Zur Förderung des Materials wird der jeweilige Druckbehälter (Silo) mit Druckluft beaufschlagt und das Material über die Dosierblasschnecke kontinuierlich in den Luftstrom zur Düse gefördert. Die Fördermenge kann stufenlos von 1,5 bis 12 m³/h eingestellt werden.

Dieses neue Verarbeitungssystem ist zwischenzeitlich an mehreren Baustellen in Deutschland im Einsatz und hat sich sehr gut bewährt. Folgende Vorteile gegenüber der herkömmlichen Maschinenteknik haben sich bisher im wesentlichen ergeben:

- a) einfache Handhabung - wartungsarm
- b) niedriger Verschleiß (ca. DM 3,-/m³)
- c) staubfreie Förderung bis zur Düse
- d) kontinuierliche, stoßfreie Förderung

The problems arising from the admixture of alkaline accelerators to shotcrete are well known. There are various different developments in order to make do without these additives.

One practical alternative is to use so-called "special cement for shotcreting". In order not to impair its optimal effectiveness (rapid initial setting) in shotcrete, however, it must be mixed with very dry aggregates and water can be injected only at the nozzle. Any prewetting of the dry mix is not possible; if the mix stays in the hose even for a very short time, the initial setting behavior of the shotcrete deteriorates markedly.

Therefore the only possible way is to convey the dry mix to the nozzle. With the conventional equipment and machinery (rotor shotcreting machine, etc.), however, this leads to considerable dust formation and excessive wear and tear.

A san alternative a new technology without spraying machine was developed. The system essentially consists of a pressure tank holding the material (either a vertical silo or a pressure cylinder mounted on vehicles). At the outlet of the tanks so-called dustfree incapsulated batching screws are installed to which the spraying hose is connected. To convey the material, compressed air is admitted to the pressure tank (silo) and the material is blown continuously via the batching screw into the air stream and conveyed to the nozzle. The quantity conveyed can be varied infinitely between 1.5 and 12 m³/h.

This new system has been used successfully on various construction sites in Germany. Essentially, the following advantages compared with conventional equipment have emerged so far:

- a) easy handling - low maintenance demands
- b) less wear and tear (approx. DM 3.--/m³)
- c) dustfree conveyance to the nozzle
- d) continuous, smooth conveyance

1. Spritzbetontechnologischer Aspekt

1.1 Vorbemerkungen

Die Problematik der Zugabe von alkalischen Beschleunigern bei Spritzbeton ist hinlänglich bekannt. Hier aber nochmals ein kurzer Überblick der Entwicklung in Deutschland:

Gegen Ende der achtziger Jahre wurden beim Bau der Neubaustrecke Würzburg - Hannover erhebliche Versinterungen der Tunnelrainagen angetroffen. Es wurden umfangreiche Untersuchungen über die Ursachen dieser sehr raschen Versinterungen angestellt.

Als Ergebnis fand man eindeutig die Hauptursache in der Verwendung von alkalischen Erstarrungsbeschleunigern beim Spritzbeton. Durch die Verwendung dieser Mittel steigt die Löslichkeit der im Beton vorhandenen Eluate wie Kalium, Natrium und Calcium um ein beträchtliches, was letztendlich zu den sehr hohen Elutionsraten führt.

Neben diesen neueren Erkenntnissen hat die Verwendung dieser Mittel weitere, seit langem bekannten Nachteile.

Hier ein grober Überblick der Negativeigenschaften:

Negativeigenschaften von alkalischen BE-Mitteln:

- Festigkeitsabfall im Spritzbeton
- geringere Dichte des Spritzbetons
- stark ätzend, gesundheitsschädlich (Düsenführer, Vortriebspersonal)
- Aufalkalisierung des Bergwassers (Neutralisationsanlage)
- Versinterung von Drainageleitungen
- Belastung des Grundwassers (Trinkwasserschutzgebiet)

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde an verschiedenen Stellen geforscht, um die Verwendung von diesen Be-

schleunigern entweder reduzieren zu können, oder auch gänzlich darauf zu verzichten, und es wurde mehrfach hierüber berichtet. [1]

1.2 Umweltfreundlicher Spritzbeton

Aus dieser Entwicklung heraus ergab sich im Lauf der Zeit ein neuer Begriff für den Tunnelbau, der sogenannte "**umweltfreundliche Spritzbeton**".

Die Anforderungen an einen solchen Baustoff wurden von den verschiedenen Stellen teilweise sehr konträr definiert. Mit der Zeit haben sich jedoch folgende grundlegende Anforderungen herauskristallisiert:

Anforderungen an "Umweltfreundlichen Spritzbeton"

- geringe Eluierbarkeit (vergleichbar mit Konstruktionsbeton)
- hohe Dichte (wasserundurchlässig)
- keine alkalischen BE-Mittel
- keine nachteilige Auswirkungen auf das Grundwasser
- geringe Staubentwicklung
- geringer Rückprall (Entsorgungsproblematik)

Auch in unserem Haus wurden umfangreiche Forschungen zu diesem Thema durchgeführt. Wir haben uns im wesentlichen auf die Verwendung eines sogenannten "Spritzzementes" konzentriert, einen Zement also, bei dessen Verwendung auf die Zugabe von Erstarrungsbeschleuniger ganz verzichtet werden kann.

Bereits im Jahre 1989 wurden in unserem Labor erste Voruntersuchungen in diese Richtung durchgeführt.

Gemeinsam mit uns wurde dann durch einen namhaften Zementhersteller der erste sogenannten "Spritzzement" in Deutschland entwickelt.

Im Jahre 1991 belieferten wir die erste Tunnelbaustelle unter Verwendung dieses Zementes im Trockenbeton als Siloware. Hierüber wurde in der Vergangenheit bereits ausführlich berichtet. [2],[3]

Von den Kollegen des Zementwerkes wurde an dieser Stelle

vor drei Jahren ausführlich über Ergebnisse mit diesem Trockenspritzbeton referiert [4], und auch von unserer Seite wurde schon zu diesem Thema veröffentlicht [5], sodaß wir hier einen kurzen Überblick zu den Kennwerten dieses Spritzbetons im Vergleich zum konventionellen Spritzbeton mit alkalischem BE-Mittel geben: Wie bereits mehrfach berichtet, besitzt dieser Spritzbeton ein derart schnelles Erstarrungsverhalten, daß auch unter ungünstigen Bedingungen wie z.B. Wasserandrang, oder einem Vortrieb in ungünstigem Gebirge ohne jegliche Zugabe von BE-Mittel gearbeitet werden kann. Auch die Frühfestigkeiten liegen um einiges höher, als beim konventionell beschleunigten Spritzbeton. Das günstige Erstarrungsverhalten bleibt auch dann noch erhalten, wenn der Spritzbeton relativ naß aufgetragen wird. Durch den dann aber sehr hohen W/Z-Faktor verschlechtern sich die Frühfestigkeiten im Stundenbereich deutlich.

In dieser Entwicklungsphase hat sich herausgestellt, daß die optimale Wirksamkeit (schnelles Erstarren) im Spritzbeton nur dann erhalten bleibt, wenn dieser unter Verwendung von **ofentrockenen Zuschlagstoffen** hergestellt und verarbeitet wird. Die Zugabe des Wassers darf erst an der Spritzdüse erfolgen.

Es kommt also nur eine Förderung des trockenen Gemisches bis zur Spritzdüse infrage. Bei der herkömmlichen Maschinenteknik, hauptsächlich bei den Rotorspritzmaschinen wirkt sich die trockene Förderung sehr nachteilig aus, vor allem im Hinblick auf die Staubentwicklung und den Verschleiß an der Spritzmaschine.

Es galt also, eine Möglichkeit zu finden, bei der das Trokengemisch in einem geschlossenen System vom Silo bis zur Spritzdüse trocken gefördert wird, und das notwendige Wasser erst an der Spritzdüse zugegeben wird.

Aus dieser Problematik heraus entstand die Überlegung zur Entwicklung eines neuen Fördersystems (**Bild 1 und 2**).

2. Neues Fördersystem

2.1 Grundüberlegungen

Unsere Firma hat sich aufgrund vorgenannter Ausführungen Gedanken über ein neues Fördersystem mit folgendem Anforderungsprofil gemacht:

Anforderungsprofil:

- staubfreie kontinuierliche Materialförderung bis zur Spritzdüse
- Wartungs- und verschleißarme Anlage
- einfache Handhabung
- Materialtransportfahrzeug vom Portal zur Ortsbrust und Spritzanlage muß eine Einheit sein (Tunnelbau).

Aus diesen Überlegungen entstand das Rombold-Spritzmobil.



Bild1: Rombold-Spritzmobil mit zwei Druckkesseln und unten montierter Dosierblasschnecke

2.2 Beschreibung der Spritzeinheit

Auf einem Trägerfahrzeug sind 2 Druckbehälter mit einem Fassungsvermögen von je ca. 10 m³ montiert, welche von oben durch eine Verladeluke befüllt werden. Die Deckel werden mit Knebelschrauben festgezogen. An den Ausläufen der Druckbehälter befinden sich als Austragsvorrichtungen die sogenannten "Dosierblasschnecken", an deren Enden die Spritzschläuche angeschlossen werden. Desweiteren gehören zu dieser Einheit ein oder zwei am Tunnelportal aufgestellte Materiallagersilos, die von der Lagerkapazität auf die Baustellenverhältnisse abgestimmt sind. Diese sind mit staubfreien Verladeeinrichtungen versehen.

2.3 Handhabung im Tunnelvortrieb

Vor Beginn der Spritzarbeiten werden die zuvor mit Trockenbaustoff befüllten Druckkessel mit Druckluft beaufschlagt (bis max.6 bar). Ist der notwendige Druck erreicht, kann die Dosierblasschnecke eingeschaltet und anschließend der Materialschieber geöffnet werden. (Gegenseitige Verriegelung zur Vermeidung von Fehlbedienungen).

Die Materialfördermenge kann durch ein verstellbares Getriebe stufenlos reguliert werden, auch während des Spritzvorganges.

Der gewünschte Förderdruck wird durch einen Handschieber eingestellt, die Luftregulierung für die Beaufschlagung des Druckkessels erfolgt automatisch. Es ist unbedingt erforderlich, mit relativ trockener Druckluft zu arbeiten. Daher ist am Drucklufteingang ein Wasserabscheider installiert.

2.4 Umsetzung der Anforderungen in die Praxis

Die im vorgenannten Anforderungsprofil enthaltenen Kriterien für dieses neue Fördersystem werden erfüllt, wie die folgenden Ausführungen zeigen:

Vorteile für die Baustelle:

- Durch die Schneckenförderung entsteht ein gleichmäßiger und stoßfreier Materialaustritt an der Spritzdüse.
- Durch die komplette Kapselung des Systems entsteht keinerlei Staub an der Spritzanlage.
- Der Wartungsaufwand ist sehr gering:
 - am Ende des Spritzvorgangs wird die Dosierblasschnecke leergefahren.
 - einmal täglich wird eine Schmierung vorgenommen.
 - einmal in der Woche wird der Konus an der Dosierblasschnecke weggeschwenkt und eventuelle Materialverkrustungen werden entfernt.
- Die Verschleißkosten am gesamten Fördersystem sind sehr gering, sie betragen max. ein Drittel gegenüber dem konventionellen Trockenspritzverfahren.

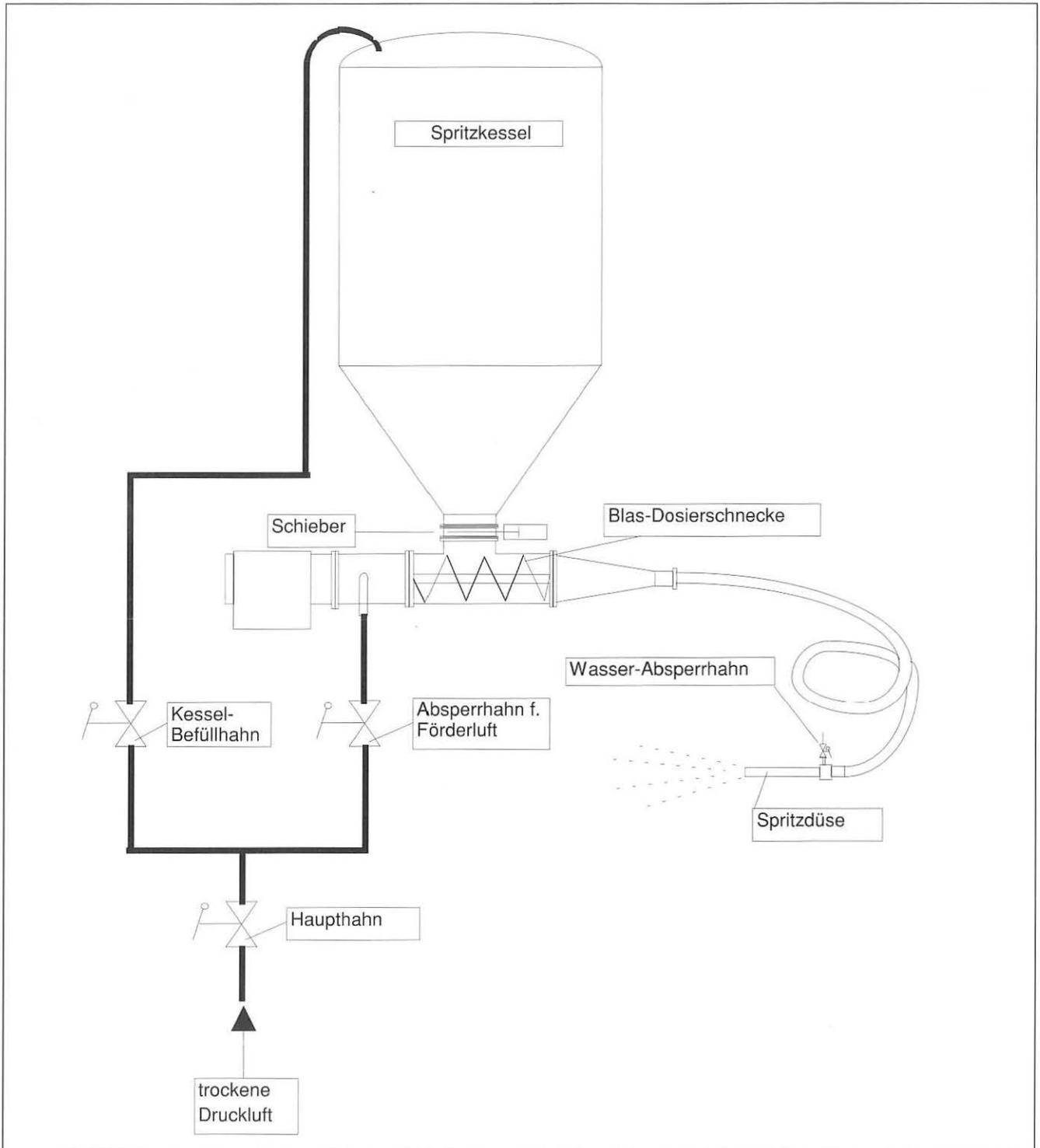


Bild 2: Rombold - Spritzsystem; Druckkessel mit Dosierblasschnecke

2.5 Andere Anwendungsbereiche

Das hier erläuterte System kann selbstverständlich auch in anderen Bereichen angewendet werden, wie z.B.

Systemvarianten:

bei der Baugrubensicherung oder Betonsanierung. Hier wird mit 22 m³-Standsilos (**Bild 3**) gearbeitet, an deren Ende die Dosierglasschnecke sitzt. Die Befüllung erfolgt wie bisher direkt aus einem Silofahrzeug.

bei der Sanierung bestehender Bundesbahntunnel (**Bild 4**). Hier sind die Druckbehälter dann auf ein Schienenfahrzeug montiert.



Bild 3: Baustelleneinsatz des Rombold-Systems in Form eines 22 m³-Standsilos

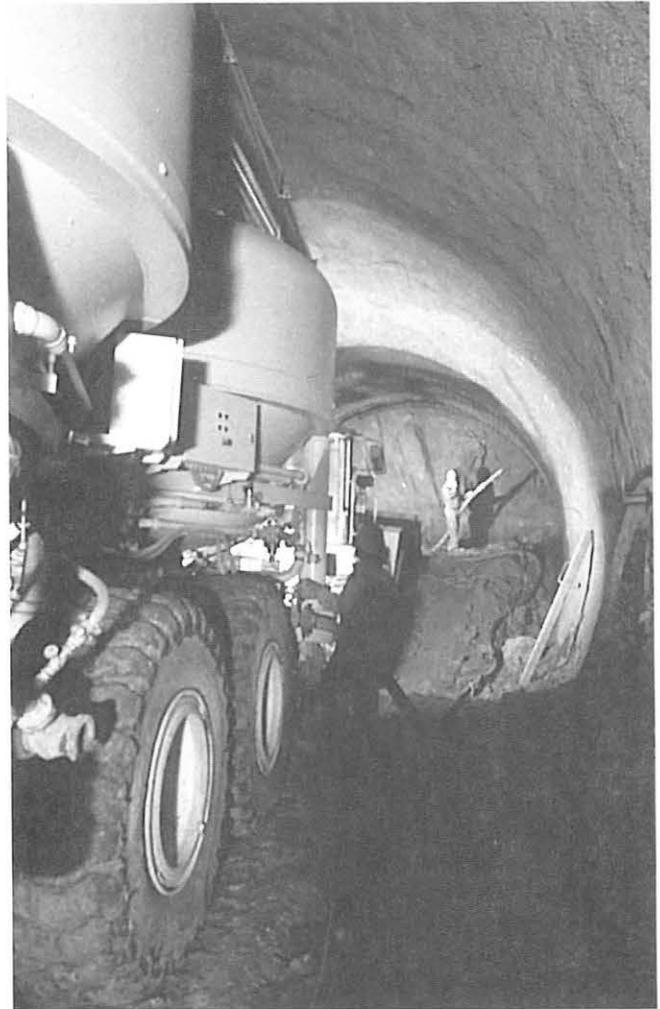


Bild 4: Baustelleneinsatz des Rombold-Systems in einem Bundesbahntunnel

3. Zusammenfassung

Die bisherige Erfahrung an verschiedenen Baustellen zeigt, daß dieses neue Fördersystem sehr umweltfreundlich (Staub), wartungsarm und bedienungsfreundlich ist. Besonders im Hinblick auf die Verarbeitung von ofentrockenen Zuschlagstoffen in Verbindung mit Spritzzementen als **umweltfreundlichem Spritzbeton** hat sich dieses **neue Fördersystem** bewährt.

Wir werden in diese Richtung weiterentwickeln, um auch in Zukunft auf die einzelnen Baustellenverhältnisse zugeschnittene Systemlösungen anbieten zu können.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Breitenbücher, R.; Springenschmid, R.; Dorner, H. W.:
Verringerung der Auslaugbarkeit von Spritzbeton im
- [2] Balbach, W.; Ernsperger, H.:
Spritzbeton ohne BE-Mittel im Rahmen einer Schulung der Tiefbau-Berufsgenossenschaft in Wuppertal, 1/94 (unveröffentlicht).
- [3] Eichler, K.:
Umweltfreundlicher Spritzbeton, Tunnel 1/94.
- [4] Eichler, K.; Sutej, B.:
Spritzzement - Eigenschaften, Qualitätssicherung, Anwendung, Tagungsband Spritzbeton-Technologie '93, Institut für Baustofflehre und Materialprüfung, Innsbruck/Igls, 1993.
- [5] Aschaber, M.; Balbach, W.; Rombold, A.:
Verarbeitung von umweltfreundlichem Spritzbeton im Trockenspritzverfahren, Tunnel 3/95.

