

---

# Rückprallgeminderte Spritz - Bindemittel

---

## SPRAY CEMENT REDUCING SHOTCRETE REBOUND

### RUDOLF RÖCK

Der Stand der Entwicklung zur Herstellung eines rückprallgeminderten Spritz - Bindemittels für das Trockenspritzverfahren mit Vorbefeuchtung wird dargestellt. Die Zielvorgaben sind, auch beim Feuchtspritzen jene Rückprallwerte zu erreichen, wie man sie vom Nass-Spritzen her gewohnt ist, ohne dabei Einbußen bei anderen Parametern, wie Frühfestigkeit, Staubentwicklung etc. hinnehmen zu müssen.

Erste Erfolge wurden dahingehend erzielt, als dass es bereits gelungen ist, Rückprallwerte im Tunnel, gemessen über einen halben Abschlag, von 14 % zu erreichen.

Als erfreulicher Nebeneffekt ergab sich eine augenscheinlich starke Reduzierung der Staubentwicklung.

Die Schwierigkeiten für eine marktreife Entwicklung liegen derzeit noch in einer gesicherten stabilen Produktionsmöglichkeit dieses neuartigen Bindemittels. Dies haben mehrere Baustellenversuche mit verschiedenen Produktionschargen in verschiedenen Tunnels ergeben, bei denen Rückprallwerte zwischen 14 und 32 % erzielt wurden.

*The current state of technological advance will be demonstrated with reference to the production of a Spray Cement (a type of portland cement characterized by a short setting time) reducing the amount of rebound for the dry-mix method with prewetting. The target aimed for is the achievement, in the context of spraying a prewetted mix, of those rebound levels that one is familiar with from wet -mix process, without however having to take on board any deterioration in other parameters such as quick setting, dust creation etc.*

*Preliminary successes have been achieved to the extent that it has already proved possible to attain rebound-levels of 14% in the tunnel, measured over half the width of the cut (round).*

*A gratifying side-effect was the visibly reduced amount of dust that was formed.*

*The difficulty of developing the product to a point where it becomes marketable currently lies in the problem of finding a safe and reliable way of producing this new kind of binder. The problem can be seen in the results of several construction site experiments, with various production batches reaching rebound levels of between 14% and 32%.*

### 1. Zielvorstellungen

Dem Trockenspritzen haftet immer noch das Odium dreier Nachteile an. Es sind dies :

- die hohe Staubentwicklung
- die hohen Rückprallwerte
- und die vergleichsweise geringe Leistung

In den letzten Jahren haben unsere maschinentechnischen Bemühungen das Trockenspritzen um einen wesentlichen Schritt weitergebracht. Wir haben uns vor einigen Jahren die Mühe gemacht, eine Anzahl namhafter Tunnelbaufirmen nach ihren Wünschen und Vorstellungen bezüglich eines tunneltauglichen Spritzbetonaufbereitungssystems zu befragen. Das Ergebnis dieser Umfrage mündete schließlich in die Entwicklung des Halbnass-Systems, wie wir es genannt haben. Mit diesem Halbnass-System konnten die Leistung und die Staubentwicklung erstmals durchaus in vergleichbare Nähe des Nass-Spritzverfahrens verschoben werden.

Eine im Praxisversuch nunmehr schon mehrfach nachgewiesene Leistung von 25 t/h Ofentrockenmaterial, das entspricht knapp 12 m<sup>3</sup> Frischbeton, ist derzeit eigentlich nur durch die Leistungsfähigkeit der zur Verfügung stehenden Spritzmaschinen begrenzt. Durch die intensive Vorbefeuchtung auf bis zu 60 % des Gesamtwassers in einem Durchlaufmischer ist eine weitere Leistungssteigerung durchaus im Bereich der Möglichkeiten. Wie wir aus langjähriger Erfahrung jedoch wissen, sind Leistungen von mehr als 10 m<sup>3</sup>/h selten gefragt. Wenn, dann höchstens im Sohleinbau. Was die Leistung betrifft, können wir also mit dem Nassspritzen schon recht gut mithalten.



Bild 1: Halbnassanlage im Tunneleinsatz

Ähnliches können wir von der Staubentwicklung sagen. Der Unterschied zum Nassspritzen liegt nicht mehr in der erhöhten Staubentwicklung sondern nur mehr in einem, bedingt durch den höheren Luftbedarf beim Dünnstromverfahren, erhöhten Aerosolanteil. Ein Vergleich zum Nassspritzen im Dünnstrom ergibt praktisch dieselben Aerosolanteile wie beim Trockenspritzen mit dem Halbnass-System.

Somit blieb lediglich die Rückprallentwicklung mit durchschnittlich 30 bis 35 % gemessen am Tunnel-



Bild 2: Überkopfspritzstand im Werk Vils

abschlag noch deutlich höher als beim Nassspritzen im Dichtstrom. Dort werden Werte um die 12 - 17 % erzielt.

Unsere Ziele wurden somit folgendermaßen definiert:

Herstellung eines Spritz-Bindemittels bzw. eines Ofentrockengemisches, bei dem im Halbnassverfahren folgende Parameter zielsicher eingehalten werden können:

- Spritzleistungen von mindestens 10 m<sup>3</sup>/h
- Staub- bzw. Aerosolentwicklung wie beim Nass-Spritzen im Dünnstrom
- Rückprallwerte von weniger als 20% gemessen über einen halben Abschlag.
- Beibehaltung der gewohnt guten Parameter bezüglich Frühfestigkeits- und Endfestigkeitsentwicklung sowie der optimalen Erstarrungszeit.

Diese Vorgaben erhofften wir mit einem rückprallgeminderten Spritz-Bindemittel auf Basis unseres SBM SF zu erzielen.

## 2. Entwicklung eines rückprallgeminderten Spritz-Bindemittels

Die theoretischen Überlegungen bauten auf die umfangreichen Untersuchungen auf, die Prof. Kusterle und sein Team am Institut für Baustoffe und Bauphysik in Innsbruck durchgeführt haben, und wurden von uns weitergetrieben.

Diese Überlegungen führten zu einem Grundkonzept, das gewisse Rahmenbedingungen vorschrieb.

Diese sind:

- Die Sieblinie des Bindemittels soll nicht allzu feinteilreich sein. Das bedingt eine eher steile Kornverteilung.

- Das Bindemittel soll gut benetzbar sein. Geeignete Benetzungsmittel, falls erforderlich, sind zu finden.
- Der W/B-Wert soll den für die Festigkeitsentwicklung notwendigen geringen Wert von ca. 0,55 nicht überschreiten. D.h. allfällige Zusatzmittel dürfen kein allzugroßes Wasserbindevermögen aufweisen.
- Die Frühfestigkeitsentwicklung muß J2 entsprechen.
- Das Bindemittel soll dennoch klebrig sein, um den Aerosol-Anteil zu vermindern.

Zur Ausführung dieses Grundkonzepts schlossen wir vor zwei Jahren einen Kooperationsvertrag mit einem Partner aus der chemischen Industrie und begannen, nachdem wir unsere zementtechnischen Hausaufgaben gemacht hatten, mit den Tests einzelner hochwirksamer Zusätze, die in äußerst geringen Mengen dem optimierten Spritz-Bindemittel zugemischt wurden.

In grundlagenschaffenden Laboruntersuchungen wurde zunächst die Frage des W/B-Wertes und der Festigkeitsentwicklung geklärt. Alsdann waren schon erste Produktionsversuche im Pilotmaßstab am Plan, die bereits eine Überprüfung an der Halbnassanlage erlaubten. Ein auf Antrieb erzielter RP-Wert von 24,3 % gemessen am Überkopfspritzstand in unserem Werksgelände ließen unsere Hoffnungen gewaltig steigen. Die eingesetzte Maschinenleistung von 4 Tonnen/h riss die Fachleute allerdings noch nicht vom Hocker.

Ein weiterer Versuch mit erhöhter Leistung und optimierter Zusatzmenge verlief noch erfolgreicher. Der Traumwert von 14 % Rückprall bei einer Spritzleistung von ca. 6 m<sup>3</sup>/h ließ uns mutig werden und wir beauftragten die Prüfstelle Strass mit einer offiziellen Rückprallmessung vor Ort im Tunnel Brixlegg, wo unsere Halbnassanlage damals gerade im Einsatz war. Zu diesem Ereignis luden wir auch eine Anzahl von Gästen ein, die einer Vorführung von Trockenspritzern in sauberer Luft beiwohnen konnten. Der Rückprallwert von 14 % konnte auch unter Praxisbedingungen im Tunnel verifiziert werden.

Der Einwand von noch zu geringer Leistung wurde etwa einen Monat später, wieder unter Beisein von Zuschauern, am Überkopfspritzstand in Vils entkräftet. Diesmal pumpten wir 24,3 Tonnen in der Stunde durch die Anlage und stellten eine Rückprallmenge von 21,5 % fest. Einer Erstprüfung und die Aufnahme einer Fremdüberwachung stand nun nichts mehr im Wege.

Damit wäre unser Ziel praktisch schon erreicht gewesen, wenn die Umsetzung auf die Baustellen-

praxis so vonstatten gegangen wäre, wie wir das geplant hatten. Sie verlief nicht ganz so, wie wir uns das erwartet hatten.

Das nunmehr im industriellen Stil hergestellte Spritz-Bindemittel erzielte plötzlich nicht mehr die gewohnte Wirkung. Zum einen wurden Rückprallwerte zwischen 28 und 32 % gemessen, zum anderen erwies sich plötzlich das Wasserbindevermögen des Spritz-Bindemittels als derart hoch, dass überhöhte W/B-Werte, weit über 0,55, gemessen wurden.

Nach weiteren internen Versuchen kamen wir zunächst zur Ansicht, dass das Problem in der industriellen Fertigung zu suchen sei, denn eine Produktion im Pilotmaßstab führte wiederum zu niedrigen Rückprallwerten unter 20 %. Auch konnte bei einem weiteren Baustellenversuch mit der Halbnassanlage unter sehr erschwerten Bedingungen, -doppelte Armierung-, wiederum etwa die 20 % RP-Marke erreicht werden.

Zudem waren keine anderen eindeutigen Korrelationen zwischen Parametern wie W/B-Wert, Spritzleistung, Frischbetontemperatur oder Förderlänge mit dem Rückprall zu finden. Die einzige signifikante Korrelation bestand lediglich bei den Ergebnissen, die mit unserer Halbnassanlage erzielt wurden im Vergleich zu denen mit anderen Aufbereitungssystemen, wie sie auf diversen Baustellen anzutreffen waren. Im Mittel stellten wir in 7 Versuchen an der Halbnassanlage 19,8 % Rückprall fest, während mit anderen Systemen in 5 Versuchen im Mittel 30,2 % Rückprall gemessen wurden.

Die Ursache dieser beträchtlichen Differenz kann somit mit guter Wahrscheinlichkeit in der unterschiedlichen Aufbereitung des Spritzbetongemischtes zu suchen sein.

Wenn man von dieser Prämisse ausgeht, sollten schlussfolgernd daraus die bestehenden Aufbereitungsanlagen maschinell in Richtung Halbnass-System aufgerüstet werden werden. Dies ist nach unserer Kenntnis der Dinge in jedem Falle mit bescheidenem Aufwand möglich. Wir sind auch gerne bereit, unser "know how" zur Verfügung zu stellen und den entsprechenden Firmen beratend zur Seite zu stehen.

Damit stehen wir nunmehr vor dem Problem, die im Pilotmaßstab gewonnenen Erkenntnisse in den industriellen Fertigungsprozess und in die Baustellenpraxis überzuführen.

Wir hoffen, ihnen bei nächster Gelegenheit darüber berichten zu können.