

---

# Nassspritzverfahren im Dünnstrom im Tunnel Fiecht

---

## THE PNEUMATIC FEED WET-MIX SHOTCRETE PROCESS IN THE TUNNEL FIECHT

### KARL CZOPAK

In letzter Zeit zeichnet sich beim Tunnelbau ein tendenzieller Übergang vom Trocken- zum Nassspritzen ab, wobei die Förderung des Nassspritzbetons üblicherweise im Dichtstromverfahren, also über Kolbenpumpen, erfolgt. Am Erkundungsstollen Fiecht, einer der ersten Baumaßnahmen an der Zulaufstrecke Nord zum Brennerbasistunnel, wurde das Nassspritzen im Dünnstromverfahren erfolgreich eingesetzt.

Sämtliche Komponenten bzw. Aggregate des Spritzsystems, wie hydraulischer Spritzarm, Rotorspritzmaschine, Tank für Spritzbetonbeschleuniger mit Dosiergerät, sowie Druckluftkompressor, befinden sich dabei auf einem Trägerfahrzeug. Der Nassspritzbeton wird auf der Baustelle erzeugt und mit einem Fahrmischer in den Tunnel transportiert. Die Beschickung der Rotorspritzmaschine mit dem Nassspritzbeton erfolgt direkt aus dem Fahrmischer.

Insgesamt zeichnet sich dieses Spritzsystem durch eine schnelle Verfügbarkeit, einen geringen Reinigungsaufwand, wenig Verschleiß und deutlich höhere Spritzleistungen, bei niedrigeren Rückprallwerten als beim Trockenspritzen, aus. Die geringe Staubeentwicklung bei diesem Verfahren und die dadurch verbesserten Arbeitsbedingungen sind evident und werden von den Mannschaften sehr geschätzt.

Es kann eine sehr positive Bilanz über die Spritzbetonarbeiten gezogen werden, weshalb auch in Zukunft das Nassspritzverfahren im Dünnstrom, insbesondere bei kleineren Tunnelquerschnitten, eine breite Anwendung bzw. Zustimmung finden wird.

*In recent times there has been a general tendency, in the context of tunnel engineering, to switch from the dry-mix to the wet-mix method. In this connection the wet-mix sprayed concrete has generally been delivered by positive displacement guns, that is to say, usually a method involving the use of piston pumps. In the Fiecht pilot tunnel, one of the earliest construction works on the northern approach to the Brenner base tunnel, the pneumatic feed wet-mix process has been successfully used.*

*All components or machine units of the spraying system, such as the hydraulic spraying arm, the rotary barrel gun, the tank for the sprayed concrete accelerating agent with its metering equipment and the pneumatic air compressor, have been positioned on a transporter. The wet-mix concrete is produced at the site, and then delivered to the tunnel by a mobile mixer. The mobile mixer then feeds the wet-mix concrete directly into the rotary barrel gun.*

*Overall this spraying method is distinguished by rapid availability, minimal cleaning requirements, low wear and tear and significantly higher spraying capacity compared with the dry-mix method, while maintaining low rebound losses. The reduction in dust formation in connection with this method is plain to all. This leads to improved working conditions, and is much appreciated by the work teams.*



fahren eingesetzt werden können. Dies war eine bauvertragliche Forderung.

Durch die Lage der Baustelle, die Zufahrt zur Baustelle ist nur über die Autobahn aus einer Richtungsfahrbahn aus möglich, ergaben sich eingeschränkte Verkehrsverbindungen. Dies hat von vornherein längere Transportwege für Frischbeton und am Wochenende notwendige Sondergenehmigungen zur Folge, die höhere Kosten verursachen. Trotz der Arbeiten im Durchlaufbetrieb und Tag- und Nachtschicht dürfen keine größeren Wartezeiten oder Unterbrechungen bei der Versorgung der Baustelle auftreten.

Infolge der maximalen Sohlbreite des Tunnels von 6 m war eine flexible Gerätschaft gewünscht, welche den Vortriebsbereich nicht behindert aber trotzdem vor Ort schnell einsetzbar ist.

Aufgrund dieser Randbedingungen fiel die Wahl auf das bereits erwähnte Verfahren Nassspritzen im Dünnstromverfahren, wobei die Betonerzeugung mittels einer Dosier- und Mischeinrichtung auf der Baustelle, direkt vor dem Stollenportal erfolgt.

### 3. Nassspritzbeton Dünnstrom versus Dichtstrom

Worin unterscheidet sich Nassspritzbeton im Dünnstrom zum Dichtstromverfahren?

Die wesentlichen Merkmale sind:

a) Dünnstrom:

- Verwendung einer Rotorspritzmaschine
- Die pneumatische Förderung mit ca. 7 bar von der Rotorspritzmaschine bis zur Düse
- Der Luftbedarf von über 18 m<sup>3</sup>/min
- Die Zugabe des Beschleunigers kurz vor der Düse
- Die etwas geringere Spritzleistung als im Dichtstrom
- Die relative Unempfindlichkeit gegen Konsistenzschwankungen

b) Dichtstrom:

- Der Einsatz einer Betonpumpe
- Die hydraulische Förderung des Dichtstroms mit ca. 70 bar
- Der geringere Luftbedarf von ca. 12m<sup>3</sup>/min
- Die Zugabe des Beschleunigers und der Förderluft im Stromwandler vor der Düse
- Die höhere Spritzleistung gegenüber dem Dünnstromverfahren
- Die Empfindlichkeit gegen Schwankungen in der Konsistenz und der Sieblinie.

### 4. Geräte

Der Geräteeinsatz sieht folgendermaßen aus:

- Betonspritzsystem AL-500 als Grundgerät mit aufgebautem Teleskopspritzarm Aliva AL-307, mit einer Reichweite von 3 bis 16 m.

Trotz der beengten Verhältnisse im Erkundungsstollen durch die Breite von ca. 6m in einem 35 m<sup>2</sup> Profil war der Spritzarm beweglich und gelenkig genug um sich aus der Transportstellung in die Arbeitsstellung aufzudrehen. Einen entscheidenden Vorteil stellte die große Reichweite des Teleskoparms dar, da im schwierigen Lockermaterialvortrieb sowohl Tunnelbagger als auch das Spritzmobil vor Ort gleichzeitig arbeiten konnten.



Bild 2: Betonspritzsystem mit Teleskopspritzarm

- Als Spritzmaschine ist auf dem Grundgerät des Spritzsystems eine Rotorspritzmaschine Aliva AL-285 fix montiert. Die theoretische Förderleistung liegt bei 21m<sup>3</sup>/h, praktisch konnten unter günstigen Bedingungen 12 - 14 m<sup>3</sup>/h über längere Zeiträume erreicht werden.
- Von der Spritzmaschine zum Spritzarm führt eine ca. 20 m lange Schlauchleitung Ø 85/65 mm. Die Spritzdüse ist Standard aus dem Programm Aliva.



Bild 3: Teleskopspritzarm

- Die Dosierpumpe für den Flüssig-Beschleuniger ist von Aliva, Typ AL-403 und leistet zwischen 20 und 375 l/h. Am Gerät aufgebaut ist ein 1000 l BE-Mittel-tank. Die Steuerung der Dosierpumpe erfolgt automatisch über die Spritzleistung, d.h. in diesem

- Fall über die Rotorgeschwindigkeit. Für Ausnahmefälle kann die Steuerung der Dosierung des Beschleunigers auch mit Handbetrieb erfolgen.
- Der Druckluftkompressor ist auf dem Grundgerät fix aufgebaut und bringt ca.  $19\text{m}^3/\text{min}$ . Durch die relativ saubere Luft ist der Einsatz vor Ort problemlos. Der Vorteil ist, dass ein aufwendiger Leitungsbau bis zum Anschluss an eine externe Druckluftstation, die meist Obertag steht, entfällt.
  - Der Transport des Nassbetons vom Ort der Erzeugung vor dem Portal zur Verarbeitungsstelle erfolgt mittels eines baustelleneigenen Fahrmischers. In der Regel werden 5 -  $6\text{m}^3$  transportiert. Da im Normalfall für einen Spritzvorgang ca. 6 -  $9\text{m}^3$  verbraucht werden, ist der Einsatz von 2 Stk Fahrmischern notwendig und wirtschaftlich.

## 5. Verschleiß und Rückprall

Ein kostenintensiver Faktor beim Thema Spritzbeton ist der Verschleiß, der mit dem Spritz-System im direkten Zusammenhang steht. Die zwei wesentlichsten Verschleißteile sind:

- Rotorscheiben und Gummidichtungen, sowie
- Spritzschlauch und Spritzdüsen.

Im Vergleich zum Trockenspritzverfahren mit ofentrockenen Zuschlägen liegen beim Nassspritzen die Kosten aus meiner subjektiven Erfahrung um den Faktor 5 - 7 niedriger.

Der Rückprall ist der fast noch wichtigere Kostenfaktor. Beim Nassspritzen im Dünnstrom auf der Baustelle Erkundungsstollen Fiecht wurden mittels Rückprallmessungen Werte zwischen 11 % und 15 % gemessen. Die Messungen wurden nach Richtlinie Spritzbeton, Pkt. 12.5.2 durchgeführt.

Hier machen sich aber die baustellenspezifischen Faktoren wie Spritzort- und Richtung, Wasserandrang und Untergrundverhältnisse stark bemerkbar. Nicht unbedeutend ist aber auch die Kunst des



Bild 4: Düsenführer beim Einsatz mit dem Teleskopspritzarm

Düsenführers bei der Entstehung oder Vermeidung von Rückprall (Bild 4).

Bei optimalen Verhältnissen, wie sie aber selten eintreten, sollten Rückprallwerte deutlich unter 10 % möglich sein.

## 6. Ausgangsstoffe

Die Mischung setzt sich aus folgenden Ausgangsstoffen zusammen:

### Bindemittel

Tunnelzement	Heidelberger Zement	400 kg/m <sup>3</sup>
PZ 375 (H)-TZ2	Kiefersfelden	

### Zuschlagstoff

Körnung 0/8mm	Kieswerk	1800 kg/m <sup>3</sup>
Kalk und Dolomit	Derfesser/Vomp	

### Erstarrungsbeschleuniger

Sigunit -L52AF	Sika-Plastiment	7 - 8 %
----------------	-----------------	---------

### Fließmittel

ViscoCrete -5 SB	Sika-Plastiment	3 kg/m <sup>3</sup>
------------------	-----------------	---------------------

### Wasser

Trinkwasser	Gemeinde Stans	173 l/m <sup>3</sup>
-------------	----------------	----------------------

## 7. Festigkeiten

Die Frühfestigkeiten lagen, wie man aus einem Durchschnittswert (Bild 5) sieht, im oberen Bereich J2 nach den Frühfestigkeitsklassen der Richtlinie Spritzbeton des Österreichischen Betonvereins.

Die Endfestigkeiten nach 28 Tagen lagen durchwegs zwischen 34 und 49 N/mm<sup>2</sup>.

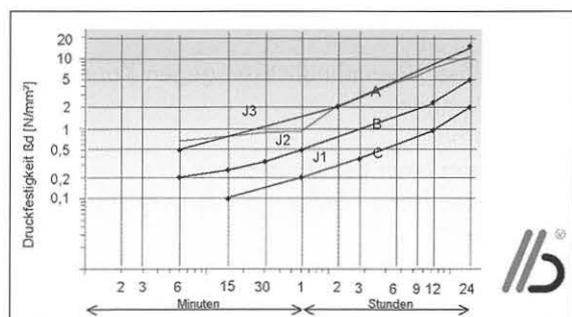


Bild 5: Frühfestigkeitsklassen nach Richtlinie Spritzbeton Punkt 7.2

## 8. Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich das Verfahren Nassspritzbeton im Dünnstrom auf der Baustelle Erkundungsstollen Fiecht ausgezeichnet bewährt hat.

Dies gilt sowohl vom technischen Standpunkt als auch vom wirtschaftlichen Standpunkt aus.



Bild 6: Arbeitsvorgang - Nassspritzen im Dünnstromverfahren

Hervorzuheben sind:

- die einfache Bedienbarkeit
- die hohen Spritzleistungen
- eine gute Verarbeitbarkeit
- ein guter Festigkeitsverlauf
- geringer Verschleiß
- wenig Rückprall
- geringe Staubentwicklung
- leichte Reinigung, da im Spritzsystem kein Restbeton
- ein flexibles Gerätekonzept, das zudem die Möglichkeit bietet, bei schwierigen Gebirgsverhältnissen ohne großen gerätetechnischen Wechsel, jederzeit schnell auf das Trockenspritzverfahren umzusteigen.

Die positiven Erfahrungen sind für uns ein Anlass, dieses Spritzsystem auch auf weiteren Baustellen einzusetzen.