
Beobachtungen am Einsatz unterschiedlicher Spritzsysteme an den Erkundungsstollen der Zulaufstrecke Nord des Brenner Basis-Tunnels

OBSERVATIONS ON THE USE OF VARIOUS SHOTCRETE SYSTEMS IN THE PILOT TUNNELS OF THE NORTH APPROACH TO THE BRENNER BASE TUNNEL

WOLFGANG HOLZLEITNER

Seit Jänner 1999 werden für die Zulaufstrecke Nord zum Brenner Basis Tunnel im Unterinntal Erkundungsstollen vorgetrieben.

Diese Erkundungsstollen wurden für jene bergmännische Tunnel in Angriff genommen, welche einerseits den Siedlungsraum Radfeld - Rattenberg - Brixlegg und andererseits den Siedlungsraum Schwaz - Vomp - Terfens im Berg liegend umfahren.

Mit der Ausnahme von Brixlegg West liegen die Erkundungsstollen als Rettungsstollen für den späteren zweigleisigen Haupttunnel außerhalb des Querschnitts desselben und weisen eine Ausbruchfläche von 30 m² auf.

Bei den vier Bauaufträgen der Erkundungsstollen kamen vier unterschiedliche Spritzsysteme zum Einsatz. Vom Standpunkt eines praktischen Beobachters werden die Systeme und deren Auswirkung auf Baubetrieb, Arbeitszyklus, Arbeitshygiene in einer Rückschau dargestellt.

Die Querschnittshöhe der Erkundungsstollen entspricht etwa Kalottenvortrieben von Verkehrstunneln, sodass die vorgetragenen, vergleichenden Beobachtungen nicht nur für die spezifische Einsatzart in Erkundungsstollen Gültigkeit haben.

Abschließend wird der Frage - "Ist jedes System für jeden Projekt - Standort gleich gut geeignet" - nachgegangen.

Since January 1999 pilot tunnels have been under construction for the north approach to the Brenner base tunnel in the lower Inn valley.

These pilot tunnels have been driven at subterranean level as preparatory works for the railway bypass tunnels to the populated areas of Radfeld, Rattenberg and Brixlegg on the one hand, and on the other those of Schwaz, Vomp and Terfens

With the exception of Brixlegg West the pilot tunnels are positioned in such a way as to serve as emergency exit tunnels for the two-lane main tunnel that is to follow, outside the latter's cross-section. They have an excavation section that comes to 30 square metres.

In the four jobs that were involved in the construction of the pilot tunnels, four different shotcrete systems were used. From the point of view of the practical observer the various systems will be shown in a retrospective report, along with their effects on construction management, operating cycle, and health and safety requirements.

The height of the cross-section of the pilot tunnels corresponds more or less to the excavation height of regular road tunnels, so that the comparative observations that are the subject of this lecture are not relevant only in the context of pilot tunnels.

Subsequently we will investigate the question whether all systems are equally suitable for all projects and sites.

1. Einleitung

Seit Jänner 1999 werden im Unterinntal im Auftrag der Brenner Eisenbahn Gesellschaft Erkundungsstollen für den viergleisigen Ausbau des Unterinntales aufgeföhren. Diese Erkundungsstollen, welche außerhalb des Hauptquerschnitts liegend im Betriebsfall die Funktion eines parallel laufenden Rettungstunnels übernehmen werden, weisen einen Ausbruchquerschnitt von ca. 30 m² auf und haben eine Gesamtlänge von etwa 9 km.

Die dicht besiedelten Gebiete von Radfeld - Rattenberg - Brixlegg sowie von Schwaz - Fiecht - Vomp werden in tiefen Tunnel bergmännisch umfahren.

Die Erkundungsstollen wurden in 4 Baulose aufgeteilt vergeben und zwar Brixlegg Ost, Brixlegg West, Vomp und Fiecht.

Der Erkundungsstollen in Brixlegg Ost wurde für eine Länge von 2.500 m als Rettungstunnel ausgeschrieben und weist eine Querschnittsfläche von 30 m² auf. Die Ausschreibung lief im Herbst 1998, der Baubeginn lag im Februar 1999, das Bauende lag im August 2001.

Der Erkundungsstollen Brixlegg West, mit einer Länge von 1.400 m wurde als Erkundungsstollen im Haupttunnel liegend, mit einem Durchmesser von ca. 4 m ausgeschrieben. Die Ausschreibung fand 1999 statt, der Baubeginn mit dem Zugangsstollen in der Nähe des Matzenparks lag im Februar 2000. Durch das Aufföhren des Vollquerschnitts bei der Matzenparkquerung wird diese Baustelle bis voraussichtlich Februar 2003 dauern.

Der Erkundungsstollen Vomp liegt wiederum außerhalb des Querschnitts und ist als Rettungstunnel mit 30 m² Ausbruchfläche konzipiert. Der Zugang zum

Erkundungsstollen Vomp erfolgt von der Kiesgrube Derfesser in Vomperbach aus. Der Erkundungsstollen Vomp weist zwei Äste auf, und zwar den Vortrieb Vomp-Ost mit einer Länge von 3.600 m und den Vortrieb Vomp-West mit einer Länge von 1.050 m. Die Ausschreibung fand im Herbst 1998 statt, der Baubeginn lag im Jänner 1999 und das Bauende im Jänner 2002.

Der Erkundungsstollen Fiecht mit einer Länge von ca. 1.100 m ist ebenso außerhalb des Querschnitts als Rettungstunnel konzipiert, stellt den Gegenvortrieb zum Vortrieb Vomp-Ost dar und wurde mit dem Durchschlag im Dezember 2001 mit diesem zusammengeschlossen. Der Portalbereich des Erkundungsstollens Fiecht liegt nördlich der Autobahnausfahrt Schwaz und wurde aufgrund hydrogeologischer Überlegungen ca. 25 m oberhalb der Talflur angeschlagen, damit die etwa 350 m lange Lockergesteinsstrecke ohne nennenswerten Bergwassereinfluss vorgetrieben werden konnte; erst nach Erreichen des Festgesteins taucht der Erkundungsstollen in einer Gefällestrecke auf das Haupttunnelniveau unterhalb der Talflur ab.

Die Ausschreibung des Erkundungsstollen Fiecht wurde im Frühjahr 2000 aufgelegt, der Baubeginn lag im September 2000, das Bauende liegt voraussichtlich im ersten Halbjahr 2002.

Die ausgeschriebenen Mengen und die Preisstreuung sind aus *Tabelle 1* und *Bild 1* zu ersehen.

Projekt	Spritzbetonmenge in m ³
EKS Brixlegg Ost	6160
EKS Brixlegg West	3920
EKS Vomp	8625
EKS Fiecht	4949

Tab. 1: Ausgeschriebene Spritzbetonmengen

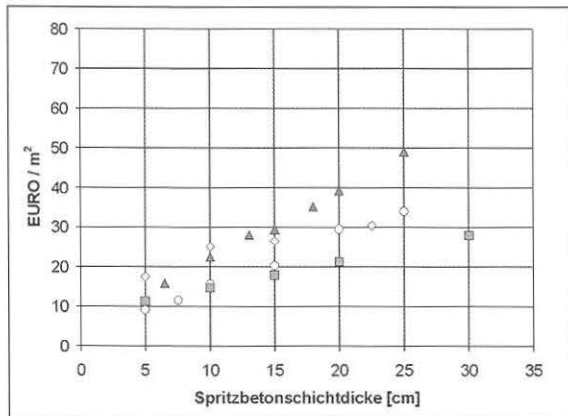


Bild 1: Spritzbetonpreise je m² in Abhängigkeit zur Schichtdicke

Der Autor ist seit Baubeginn Leiter der Örtlichen Bauaufsichten der vier oben beschriebenen Erkundungsstollen; mit der Örtlichen Bauaufsicht ist die Konsortialgemeinschaft Bernard + Partner - Verbundplan beauftragt.

Die Idee der vergleichenden Abhandlung der eingesetzten Spritzsysteme stammt von Prof. Kusterle; erst nach Zusage des Autors zu diesem Beitrag, und mit der Aufbereitung der Thematik zeigte sich die Brisanz und das Potential kontraversieller Darstellungen und Ansichten. Da der Maschineneinsatz schlussendlich in der Sphäre der Auftragnehmer liegt, seien die folgenden Ausführungen als subjektiv bewertete Beobachtungen zu sehen, welche möglicherweise bei Entscheidungsfindungen von Nutzen sein können.

Die meisten Beobachtungen beziehen sich auf die Spritzbetonanwendung in den Lockergesteinsvortrieben, in welchen auch die Wirkungsweise und die Verarbeitbarkeit des Spitzbetons aus Sicherheitsüberlegungen weitaus höheren Stellenwert für Mannschaft und Bauwerk haben. Die Beobachtungen stützen sich auf 2.200 m Vortrieb im Erkundungsstollenprofil mit 30 m² Querschnittsfläche und 150 m Vortrieb in der Hauptprofilkalotte mit ca. 75 m² Querschnittsfläche.

Die nachfolgende Vorstellung der eingesetzten Spritzverfahren erfolgt nach der Chronologie der Baubeginne.

2. Eingesetzte Spritzverfahren EKS Vomp

Am Erkundungsstollen Vomp wurden insgesamt 5 verschiedene Spritzverfahren über die Bauzeit hinweg angewendet (siehe Tabelle 2).

Die ursprüngliche Absicht des Auftragnehmers war, vorgegeben durch die unmittelbare Nachbarschaft

Verfahren	Feucht-Mischgut lagerfähig	Trocken-Mischgut	Spritzgerät SSG	Bunkerauto	Rotormaschine	Manipulator	Einsatz in TM [m]
(1)	X		X				0
(2)		X	X				1020
(3)	X		X				30
(4)	X			X	X		1310
(5)	X			X	X	X	2280

(1) Beabsichtigtes - FM-L + SSG
 (2) Behördlich vorgeschriebenes -TM + SSG
 (3) Angestrebtes - FM-L + SSG
 (4) Optimiertes - FM-L + + +
 (5) Endoptimiertes - FM-L + + + +

Tab. 2: Eingesetzte Spritzverfahren EKS Vomp

zu der Betonmischanlage Derfesser, erdfeuchtes Mischgut mit flüssigem Erstarrungsbeschleuniger einzusetzen. Als Spritzbetongerät war die firmeneigene Entwicklung des Spritzgerätes SSG (Bild 2) vorgesehen. Dieser Absicht konnte nicht nachgekommen werden, da der Wasserrechtsbescheid hinsichtlich der bauchemischen Auflagen keine Erstarrungsbeschleuniger - auch nicht alkalifreie - zuließ. Es durften nur Spritz-Bindemittel auf Zementbasis angewendet werden. Da die Querschnittsgröße der Erkundungsstollen die Vor-Ort-Mischung von naturfeuchten Zuschlägen und Spritz-Bindemitteln nicht zuließ, blieb einzig und allein die Verwendung von Trocken-Mischgut übrig. Das Spritzbetongerät System SSG an sich konnte gleich beibehalten werden. Im Laufe der ersten Baumonte konnte der Bescheid so abgeändert werden, dass auch alkalifreie Erstarrungsbeschleuniger eingesetzt werden durften. Somit stand der Weg für das ursprünglich beabsichtigte System frei. Es wurde sodann Feucht-Mischgut mit flüssigem Erstarrungsbeschleuniger im Spritzbetongerät SSG eingesetzt; jedoch aufgrund der schwierigen Manipulation bei Befüllung und Reinigung umgehend abgesetzt. Mit diesem System wurden lediglich 30 Tunnelmeter gespritzt.

Als Alternative kamen für die beiden Vortriebe Vomp Bunkerfahrzeuge (Bild 3) und Rotormaschinen zum Einsatz; das Spritzbetonausgangsprodukt wurde mit Feucht-Mischgut beibehalten. Mit diesem System sind insgesamt 1.310 m Tunnel ausgebaut worden. Als sogenanntes endoptimiertes System kamen eben auch die Bunkerfahrzeuge und die Rotormaschine zum Einsatz, jedoch zusätzlich ein Spritzarm auf einem gesonderten Fahrzeug. In solcher Bestückung wurden 2.280 Tunnelmeter mit Spritzbeton ausgebaut.



Bild 2: EKS Vomp, Spritzmobil SSG



Bild 3: EKS Vomp, Bunkermobil mit Rotormaschine

Die eingesetzten Spritzverfahren am Erkundungsstollen Vomp können mit folgenden Beobachtungen beschrieben und zusammengefasst werden:

- Der Einsatz des Trocken-Mischgutes war von den ungünstigen Begleiterscheinungen hoher Staubentwicklung, hoher Rückprall und Entmischungsproblemen begleitet. Alle weiteren Beobachtungen beziehen sich auf das hauptsächlich eingesetzte Spritzverfahren mit Feucht-Mischgut und flüssigem Erstarrungsbeschleuniger.
- Durch die Lage der Baustelle in Kiesgrube und an der Mischanlage lag eine Vor-Ort-Aufbereitung des Mischgutes auf der Hand und bedeutete auch Umweltrelevanz.
- Das Feucht-Mischgut lieferte mäßige Staubbelastung und geringen Rückprall durch gut dosierbare Spritzmengen und gut gebündelten Spritzstrahl.
- Im Lockergesteinsbereich war die Versiegelung von Ortsbrust und Laibung durch die geringe Spritzintensität optimal möglich und kam so den erdstatischen Erfordernissen bestens entgegen.
- Trotz Verwendung von Stützkörpern zur Ortsbrustversteifung konnte auch unter beengten Platzverhältnissen stets ein optimaler Spritzwinkel eingehalten werden.

- Das Bunkerfahrzeug konnte in der Mischanlage rasch beschickt werden.
- Durch die relativ geringen Fördermengen der Rotormaschinen konnte eine äußerst gleichmäßige Spritzbetonoberfläche auch bei geringen Auftragsstärken, wie z.B. beim Aufbringen der 2. Lage, erzielt werden.
- Das System mit Bunker-Förderband-Rotormaschine ist mechanisch unkompliziert und deshalb auch einfach zu warten. Defekte konnten stets mit baustelleneigenem Personal behoben werden.

3. Eingesetztes Spritzverfahren - EKS Brixlegg Ost

Während der gesamten Vortriebsdauer fand im Erkundungsstollen Brixlegg Ost ein und dasselbe Verfahren Anwendung. Ofentrockenes Mischgut mit Spritzzement kam zum Einsatz. Die Bevorratung des Materials erfolgte über einen hohen Silo im Portalbereich, die Anlieferung zur Ortsbrust geschah mittels Spritzkessel System Rombold und Zugfahrzeug. Die Aufbringung des Spritzbetons erfolgte im Dünnstromverfahren aus dem Transportgerät, die Düse wurde über einen ferngesteuerten Manipulator geführt.

Die Beobachtungen am eingesetzten Spritzsystem am Erkundungsstollen Brixlegg Ost lauten wie folgt:

- Es war stets eine hohe Staubentwicklung zu beobachten, auch der Einsatz einer Hochdruckvorbefeuchtung führte nicht zu nennenswerter Reduktion derselben.
- Entmischungen waren teils verantwortlich für die hohe Staubbelastung, teils für hohe Rückprallmengen.
- Bei Problemen der Gerätschaft konnte meist nur ein externer Spezialist und nicht das Baustellenpersonal Abhilfe schaffen.
- Es waren überdurchschnittlich lange Spritzzeiten zu verzeichnen.

4. Eingesetztes Spritzverfahren EKS Brixlegg West

Am Erkundungsstollen Brixlegg West kam und kommt das Nassspritzverfahren mit flüssigem, alkalifreiem Erstarrungsbeschleuniger zum Einsatz.

Das Nass-Spritzgut wird in einem Lieferwerk hergestellt und mittels Fahrmischer bis zur Ortsbrust angeliefert. Die Aufbringung erfolgt mit einem Spritzmobil Meyco mit einer Zweizylinder - Betonkolbenpumpe, mit Beschleunigercontainer und Dosieranlage onboard. Auf diesem Mobil ist ebenso der Teleskopspritzarm mit Fernsteuerung angebracht. Damit rund um die Uhr, 7 Tage die Woche Spritzbeton auf die Baustelle angeliefert werden kann, ist eine Sondererlaubnis für die Mischfahrzeuge an

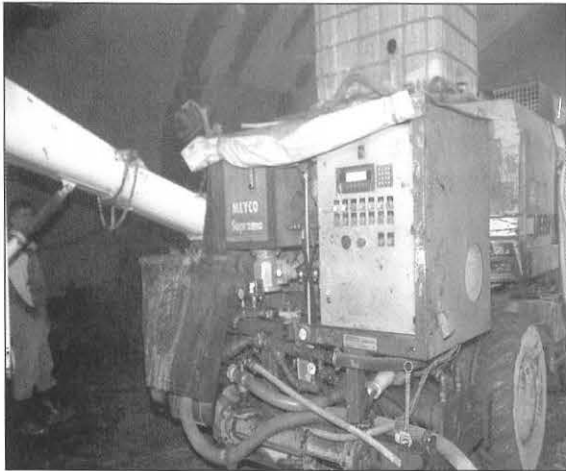


Bild 4: EKS Brixlegg West, Spritzmobil Meyco

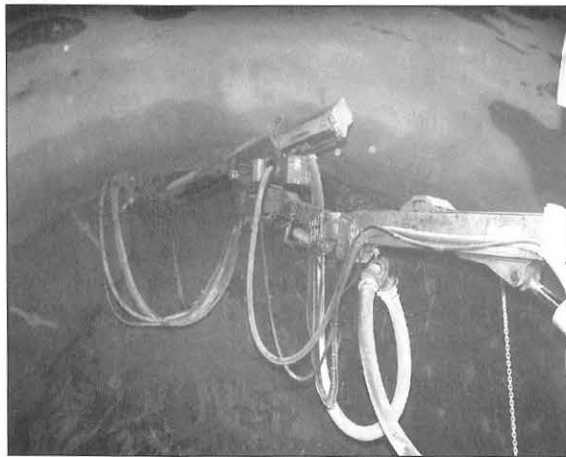


Bild 5: EKS Brixlegg West, Spritzarm

Wochenenden erforderlich. Durch entsprechenden Dispositionsvorlauf ist vor dem Öffnen der Ortsbrust stets Spritzbeton vorrätig.

Die Beobachtungen mit dem eingesetzten Spritzverfahren am Erkundungsstollen Brixlegg West stellen sich wie folgt dar:

- Das Nassspritzverfahren zeichnete sich durch eine sehr geringe Staubbelastung aus.
- Die Spritzintensität der Anlage war gut dosierbar, sodass auch im Lockergestein kleinste Teilflächenversiegelungen zweckmäßig vorgenommen werden konnten.
- Die Rückprallmengen waren äußerst gering.
- Bei großem Stützkeil zur Ortsbrustverstärkung war das Einhalten eines optimalen Spritzwinkels durch die etwas "ungelenke" Manipulatorgeometrie (Bild 5) schwierig, jedoch nicht unmöglich.

Bei großen Spritzbetonstärken konnten hohe Spritzleistungen erzielt werden; diese Gerätschaft wies den größten Regelbereich in der Spritzleistung auf; dies war insofern von großer Bedeutung, da im



Bild 6: EKS Fiecht, Mischanlage am Portal



Bild 7: EKS Fiecht, gestaffelte Geräteaufstellung im Lockergesteinsvortrieb

Haupttunnelquerschnitt Lockermaterial durchörtert wurde, welches einerseits im Vortrieb Teilflächenversiegelungen und damit kleine Spritzbetonmengen erforderte sowie andererseits die Spritzbetonschale mit 40 cm Spritzbeton mit großen Mengen zu spritzen war.

5. Eingesetztes Spritzverfahren EKS Fiecht

Im Erkundungsstollen Fiecht wurde ein Nassspritzverfahren mit flüssigem Erstarrungsbeschleuniger eingesetzt; die Betonherstellung erfolgte auf der Baustelle (Bild 6), die Anlieferung zur Ortsbrust wurde mit dem Fahrmischer getätigt, welcher auch als Mischer fungierte. Die Aufbringung des Spritzbetons (Nassmischgut) erfolgte über eine Rotormaschine im Dünnstromverfahren, welche auf einem Spritzmobil AL500 aufgebaut war; auf diesem Spritzmobil befand sich auch die Dosieranlage, der Beschleunigercontainer, der Luftkompressor und der Teleskop-Spritzarm mit Fernsteuerung (Bild 7).

Die Beobachtungen beim eingesetzten Spritzverfahren am Erkundungsstollen Fiecht lassen sich wie folgt beschreiben:

- Die geringe Staubbelastung und die geringen Rückprallmengen sind mit dem Nassspritzverfahren im Dichtstromverfahren vergleichbar.
- Bei großem Rotor zeigte sich ein ungleichmäßiger Spritzstrahl, da der Zylinderinhalt des großen Rotors sich im Dünnstrom nicht so einfach vergleichmäßig.
- Bei Teilflächenversiegelungen im Lockergesteinsvortrieb ist ein oftmaliges Ausblasen des Systems zwischen Rotormaschine und Düse erforderlich; dies ruft eine reizende Aerosolbelastung durch den Beschleuniger in der Luft hervor. Hier wäre ein Abriegeln der Beschleunigerzufuhr über das Bedienpult der Fernsteuerung als konstruktiver Beitrag zur Arbeitsplatzhygiene zu betrachten.
- Für Lockergesteinsversiegelungen ist ausschließlich die Maschinenbestückung mit einem kleinen Rotor sinnvoll, da die hohe Spritzintensität locker gelagerte Bögen beim Aufbringen der Versiegelung stets nachbrechen lässt.
- Die große Reichweite des Spritzarms erlaubte eine gestaffelte Aufstellung von Lösegerät (Tunnelbagger) und Spritzmobil im beengten Querschnitt, sodass ein zweckmäßiger Teilflächenvortrieb ohne Geräteumstellung möglich war.
- Bei großem Stützkeil zur Stabilisierung der Ortsbrust ist das Einhalten eines optimalen Spritzwinkels, etwa für das Hinterspritzen der ortsbrustseitigen Stahlbogenbettung schwierig.
- Durch die Situierung der Mischanlage vor Ort ist eine sehr gute und kurzfristige Spritzbetondisposition möglich.

6. Spritzschatten

Die schlanken Tunnelschalen sind gebettete Systeme, welche flächig am Gebirge anliegen müssen. Durch die hohen Spritzleistungen der neuen Spritzsysteme wurde beobachtet, dass bei Gitterübergriffsbereichen (Bild 8) sowie hinter Gitterbögen (Bild 9) bei zu hohen Spritzleistungen und falschen Spritzwinkeln Spritzschatten entstehen und somit kein vollflächiger Kraftschluss gewährleistet ist.



Bild 8: Spritzschatten an Gitterüberlappungsbe- reichen

Um diese konstruktive Erfordernis stets zu erfüllen, sind entsprechende Unterweisungen des Personals erforderlich. Ebenso ist das Verlegen des Baustahlgitters in geringem Abstand zum Ausbruchrand ein Schlüssel zur Vermeidung von Spritzschatten.

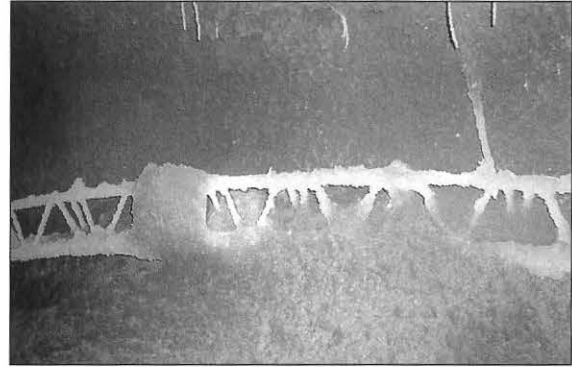


Bild 9: Spritzschatten an Gitterträgern

7. Mehr Licht!

Die vergangenen Jahre brachten große Fortschritte auf dem Gebiet der Gerätetechnologie. Geradezu im Gegensatz dazu steht die heutige Praxis für die Beleuchtung des Spritzbereiches, welcher in den meisten Fällen als ungenügend zu betrachten ist. Es steht außer Frage, dass ohne Licht und ohne Sicht die erforderliche Genauigkeit in der Spritzbetonaufbringung, etwa zur Vermeidung von Spritzschatten und zur Gewährleistung vollflächig gebetteter Systeme, nicht erbracht werden kann.

Aus diesen Gründen seien die Maschinenhersteller aufgefordert, Lichtquellen an Spritzarmen anzubringen, welche jeweils in die Richtung des Spritzstrahles leuchten und somit die Grundlage für einen handwerklich einwandfreien Auftrag zu erfüllen. Diese Beleuchtungen müssen klarerweise robust und verschmutzungsfrei funktionieren, Technologien dafür sind in der Automobilbranche und bei On-Board-Videoübertragungen Stand der Technik.

8. Eine Behördenaufgabe

Eine Auflage in einem behördlichen Bewilligungsverfahren schloss die Verwendung von - auch "alkalifreien" - Beschleunigern aus. Somit konnte nur Spritzbeton verwendet werden, welcher ein Spritzbindemittel aus Zementklinker beinhaltet. Durch die 30 m²-Querschnitte der Erkundungsstollen konnte keine Anlage zur Mischung von erdfeuchten Zuschlägen und dem Spritzbindemittel vor Ort aufgestellt werden, sodass schlussendlich nur die Möglichkeit der Verwendung von Trocken-Mischgut übrig blieb.

	Spritzbetonart	Transportwege für		
		Zuschläge	Zement	Wasser
1	NM	Vomp - vor Ort	Kiefersfelden - vor Ort	vor Ort
2	FM-L	Vomp - vor Ort	Kiefersf. - Vomp - vor Ort	vor Ort
3	NM	Vomp - vor Ort	Kiefersf. - Vomp - vor Ort	Vomp - vor Ort
4	NM	Vomp - vor Ort	Vils - vor Ort	vor Ort
5	NM	Vomp - vor Ort	Vils - Vomp - vor Ort	Vomp - vor Ort
6	TM	Rohrdorf - vor Ort	Rohrdorf - vor Ort	vor Ort
7	TM	Zams - vor Ort	Vils - Zams - vor Ort	vor Ort

Tab. 3: Transportwege unterschiedlicher Spritzbetonmischung

So ergab es sich, dass bis zur Abänderung dieser Behördenauflage, welche in guter Absicht zum Schutz des Berg- und Grundwassers verfasst wurde, eine andere "Umweltsünde" begangen wurde. Aus 80 km Entfernung wurde Trockenmischgut in eine Kiesgrube mit Betonmischanlage geliefert.

Diese Erfahrung gab den Anlass für eine analytische Aufbereitung eines Vergleiches unterschiedlicher Spritzsysteme mit lokalem Bezug der Bezugsquellen. Daraus entstand die *Tabelle 3*, welche zeigt, wie komplex die Zusammenhänge werden, je mehr Verknüpfungen bestehen.

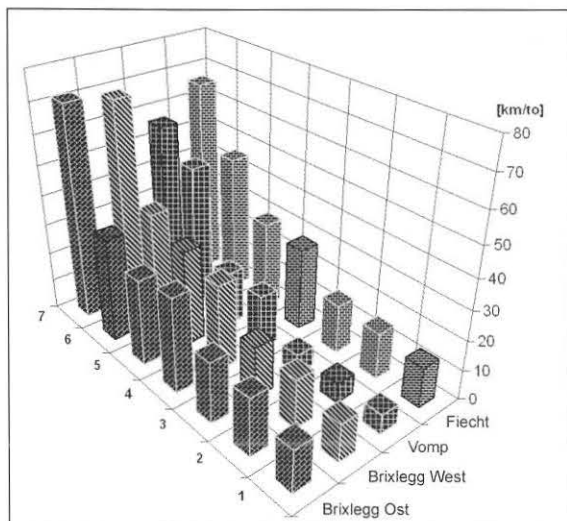


Bild 10: Tonnenkilometer / Baulose / Spritzbetonmischungen lt. Tabelle 3

Die Säulen im *Bild 10* zeigen die zurückgelegten Kilometer je Tonne Spritzbetonmischgut, die schwarz umrandeten Säulen weisen die angewendeten Systeme aus. Für Großprojekte in sensiblen Siedlungsräumen, welche hohe Mengen dieses Baustoffes verwenden, wären solche Überlegungen vor Wahl des Systems bzw. der Bezugsquellen als positiver Beitrag im Bestreben nach der umweltschonendsten Baumethode zu sehen; meist erreicht man durch Transportwegminimierungen auch das

Kostenminimum - Marktstrategien können jedoch diese Zusammenhänge verfälschen.

9. Zusammenfassung

Wie bereits Eingangs erwähnt, ist eine objektive Vergleichbarkeit unterschiedlicher Spritzsysteme auf Basis von Beobachtungen unmöglich.

Falls unten folgende Aufstellung die eine oder die andere Anregung zur Steigerung der Qualität oder der Wirtschaftlichkeit gibt, kann dieser Versuch des Vergleichs als gelungen angesehen werden.

- Weitgehende Staubfreiheit von Spritzverfahren soll zum Stand der Technik erhoben werden
- Spritzleistung alleine ist ein ungenügender Parameter zur Auswahl eines Spritzsystems
- Für Lockergesteinsvortriebe ist gute Regulierbarkeit von Menge und Aufbringungsintensität wichtig (Vermeidung von Sandstrahlwirkung)
- Gute Sicht und gute Beleuchtung ist eine Grundvoraussetzung zur Realisierung von Qualität
- Spritz-Manipulatoren sind bei beengten Platzverhältnissen im Stützkeilbereich zielgenau zu steuern, eventuell sind neue Spritzarmgeometrien zu entwerfen
- Schulung des Bedienpersonals hinsichtlich Qualitätserfordernisse von Spritzbetonschalen (Fugen, Anschlüsse, Vermeidung von Rückpralleinschlüssen) ist notwendig
- Hohe Förderleistungen machen die Herstellung von gleichmäßigen Oberflächen bei dünnen Auftragsstärken sehr schwierig (zweite Lagen)
- Hohe Förderleistungen können Spritzschatten und damit Hohlräume hervorrufen
- Nassspritzbeton ist bei Wasserzutritten (auch bei geringem, flächigen Tropfwasser) dem Trockenspritzbeton unterlegen
- Mengen und Intensitätsregelung der Spritzbetonaufbringung soll vom Bedienpult aus möglich sein.