
Baustellenerfahrungen mit Microsilica im Trockenspritzbeton

CONSTRUCTION-SITE EXPERIENCE WITH MICROSILICA IN DRY-MIX SHOTCRETE

DIPL.-ING. GÜNTER STRAPPLER, STUAG-BAU-AKTIENGESELLSCHAFT, WIEN

Im Schönraintunnel, einem 4 km langen Tunnel der DB-Neubaustrecke, wurde zum Zwecke der Eluationsverminderung vom Herbst 1990 bis Sommer 1992 mit Microsilicazusatz zum Trockenspritzbeton gearbeitet. Untersuchungen an der TU München und an der TU Bochum hatten ergeben, daß neben der Verwendung von Hochofenzementen und Erstarrungsbeschleunigern in flüssiger Form auch die Beigabe von Microsilica Verbesserungen in bezug auf die Aussinterungen mit sich bringt.

Eingesetzt wurde Microsilica-Slurry, das vor Ort in den Förderstrom des Trockengemisches eingeschleust wurde.

Die während der Bauzeit durchgeführten Eluationsversuche haben eine deutliche Verbesserung der Werte gegenüber herkömmlichen Gemischen ergeben.

Aus dem Zahlenmaterial der Baustelle läßt sich kein Vorteil des Einsatzes von Microsilica bezüglich BE-Einsparung und Mehrverbrauchsfaktor ableiten. Wahrscheinlich hauptsächlich deswegen, weil fast gleichzeitig mit dem Einsatzbeginn von Microsilica-Zusatz steigende Bergwasserzutritte auftraten, so daß es keinen Vergleich mehr über die Werte von Spritzbeton ohne MS-Zusatz in den feuchten Bereichen gibt.

Rückprallmessungen durch Abwiegen haben aufgrund schlechter Vorbereitung nur unrealistische und unbrauchbare Werte ergeben, sodaß als einzige Erkenntnis bleibt, daß Microsilica-Zusatz im Spritzbeton Mehrkosten verursacht.

In the Schönrain Tunnel, a 4-km-long tunnel forming part of the German high-speed railway network, microsilica was added to the dry-mix shotcrete from fall 1990 to summer 1992 with a view to reducing leaching rates. Tests performed at the Munich and Bochum technical universities demonstrated that - besides blast furnace slag cement and liquid accelerators - the admixture of microsilica tended to lead to improvements with regard to sintering.

Microsilica slurry was introduced in situ into the stream of dry material.

Leaching tests carried out during construction showed a noticeable improvement of the values compared with traditional mixes.

The data recorded at the construction site do not suggest any microsilica-related advantages in terms of savings in accelerators and the excess consumption factor. This is probably primarily due to the fact that almost simultaneously with the start of the admixture of microsilica rising ingress of water occurred, so that no comparative data are available about shotcrete without microsilica in wet areas.

Rebound measurements by weighing yielded only unrealistic and useless results because they had been badly prepared. There is only one thing that was found out with certainty: The use of microsilica in shotcrete means extra cost.

Für fleißige Tagungsbesucher ist mein Beitrag eine Geschichte in Fortsetzungen. Die erste Folge war auf dem Microsilica-Konzil zu Konstanz zu hören. Darin habe ich in erster Linie über die Gründe berichtet, die zum Einsatz von Microsilica-Zugabe im Spritzbeton auf unserer Baustelle geführt haben. Für diejenigen, die das erste Kapitel noch nicht kennen, werde ich den Inhalt kurz rekapitulieren und dann einen Abschlußbericht über die baupraktischen Erfahrungen im Umgang mit Microsilica-Slurry als Zusatz im Trockenspritzbeton liefern.

1. Wo, wann, warum?

Der 4 km lange SCHÖNRAINTUNNEL ist ein Teil der NANTENBACHER KURVE, die den Anschluß Frankfurts an die DB-Neubaustrecke Hannover - Würzburg darstellen soll.

Vortriebsbeginn war im Sommer 1990. Zur gleichen Zeit sind von der DB beauftragte Untersuchungen an der TU München von Dr. Breitenbücher und an der TU Bochum von Dr. Handke im Hinblick auf Elutionen aus dem Spritzbeton durchgeführt worden.

Elutionen, dieses Fremdwort, das man nur nüchtern aussprechen sollte, bezeichnet die unangenehmen absetzbaren Bestandteile, die durch Bergwasser aus dem Spritzbeton ausgewaschen werden können und dann diese hübschen, aber lästigen Ablagerungen in den Drainageleitungen bilden. Hübsch sind sie, weil sie strahlend weiß sind, lästig sind sie, weil sie im Laufe der Zeit die Drainagen verstopfen, was zu einem Wasserdruck auf die Innenschale führt, auf den diese nicht bemessen ist.

Die daher erforderlichen Gegenmaßnahmen sind regelmäßige Spülungen der Drainagen, was a) Kosten und b) Betriebsbehinderungen verursacht.

Daher war die DB, wie jeder Bauherr, der einen Tunnel in den Betrieb übernehmen muß, an einer zeitlichen Streckung der Abstände der Spülungen interessiert und wollte wissen, wie man das erreichen kann. Die mit den dazu bestellten Untersuchungen beauftragten Universitätsinstitute haben zwar mit verschiedenen Un-

tersuchungsmethoden, aber mit sehr ähnlichem Ergebnis, gearbeitet.

Das lautete in kurzen Worten dahingehend, daß HOZ-Zemente anstatt hochreaktiver PZ-Zemente sowie möglichst wenig flüssige Beschleuniger und Microsilica-Zusatz vorteilhaft seien.

Wir hatten uns zu Beginn unserer Baumaßnahme für den Einsatz von Trockenspritzbeton entschieden.

Warum Trockenspritzbeton und nicht Naßspritzbeton? Ein kluger Mann hat mir einmal gesagt, daß das, was in Bezug auf Spritzbeton als richtig gilt, von den Vorlieben der Entscheidungsträger auf der jeweiligen Baustelle abhängig ist.

Persönlich halte ich zwar Naßspritzbeton für die modernere Technologie und Trockenspritzbeton für eine Zumutung für die Werk tätigen, aber andererseits bin ich ein ängstlicher Mensch und in einem Tunnelvortrieb in kritischer Geologie ist Trockenspritzen die Technik mit der größeren Bandbreite und der höheren Sicherheit.

Der Verlauf des Vortriebs hat unsere Entscheidung für Trockenspritzbeton nachträglich als richtig bestätigt, wir hatten mit wesentlich mehr gebrächem Gebirge und viel mehr Wasser zu tun, als ursprünglich prognostiziert war.

Die Veröffentlichung der ersten Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen bezüglich der Elutionen brachte die Erkenntnis, daß neben Einsatz von Flüssigbeschleunigern und HOZ-Zement auch die Zugabe von Microsilica eine Verbesserung bringt.

Flüssige Beschleuniger waren schon Ausschreibungsbedingung und HOZ-Zement mit 50 % Klinkeranteil hatten wir aufgrund früherer guter Erfahrungen freiwillig gewählt, aber da wir natürlich immer bemüht sind, unserem Bauherrn Gutes zu tun, haben wir halt auch Versuche mit der Zugabe von Microsilica in den Trockenspritzbeton gestartet.

Da es noch keine ausreichende Erfahrung mit

der Dosierung von Microsilica-Pulver am Mischturm gab, mußten wir die Zugabe von Microsilica-Slurry in den Materialstrom an der Spritzdüse vornehmen.

Nach anfänglichen Schwierigkeiten mit der Einschleusung des Slurry in den Spritzbetonförderstrom, wobei sich sehr schnell herausgestellt hat, daß sich Flüssig-BE und Microsilica-Slurry bei direktem Kontakt nicht vertragen, konnten wir nach einem Monat Probetrieb behaupten, diese Technik zu beherrschen und konnten unserem Bauherrn anbieten, gegen Kostenerstattung Microsilicazusatz im Spritzbeton einzusetzen.

Die Berechnung der Kosten pro m³ Spritzbeton hat nach einem Monat Probetrieb und wenig aussagekräftigen Erfahrungen von anderen Baustellen naturgemäß für beide Seiten viele Unbekannte enthalten. Ich werde gleich noch näher darauf eingehen.

Die Unbekannte, die der Bauherr abschätzen mußte, war, ob sich Microsilica auch im Baustellenspritzbeton so positiv auswirkt wie im Labor. Nachdem diese Frage von den Experten vorläufig mit Ja beantwortet wurde, wurde eine regelmäßige Untersuchung an Bohrkernen aus dem Baustellenspritzbeton angeordnet, und zwar an den beiden vorgenannten Universitätsinstituten.

Diese Untersuchungen lieferten in schöner Regelmäßigkeit so positive Werte, daß in mir mißtrauischem Menschen der Verdacht aufkam, daß hier das bewiesen wurde, was man beweisen wollte. Doch eines Tages kam der Anruf eines verwirrten Assistenten, der von einem einzelnen totalen Ausreißer bei den Elutionsversuchen an unseren Bohrkernen berichtete und sich nicht ganz sicher war, ob sie oder wir Mist gebaut hatten. Nachdem wir zuerst einmal alle Schuld von uns gewiesen hatten, hat ein Genauigkeitsfanatiker bei unserer Bauüberwachung Detailrecherchen angestellt und entdeckt, daß irrtümlich ein Bohrkern aus einem Bereich, in dem noch ohne Microsilica gespritzt worden war, dazwischengerutscht war.

Einen besseren Beweis hätte es nicht geben können und so waren wir wieder überzeugt, daß der ganze Aufwand technisch doch einen Sinn hat.

Auf dem Diagramm in Bild 1 kann man erkennen, wie sich die Ergebnisse der Elutionsversuche an Bohrkernen aus dem Baustellenspritzbeton zu optimiertem Laborbeton und zu her-

kömmlichem Spritzbeton ohne besondere Maßnahmen verhalten.

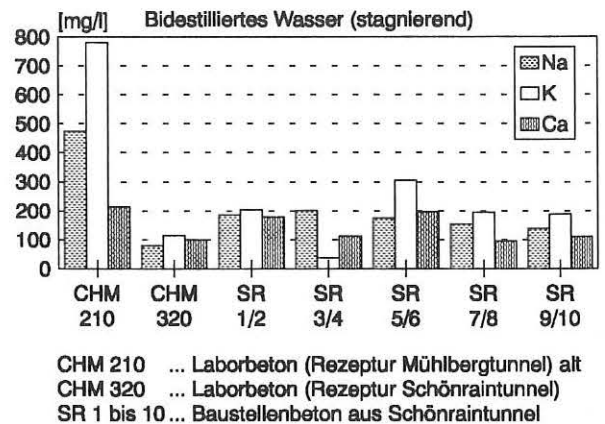


Bild 1: Na-, K-, Ca-Gehalte im Eluat beim Durchströmungsversuch mit bidestilliertem Wasser (Stagnationsphase) für Spritzbetone

Die Mischung, die mit CHM 210 bezeichnet ist, entspricht einer herkömmlichen Spritzbetonrezeptur, wie sie 1982 bis 1985 auf der Neubaustrecke verwendet wurde, mit PZ 35 und Pulverbeschleuniger, CHM 320 ist der optimierte Laborbeton und die Proben SR 1 bis 10 sind Bohrkern aus der Außenschale des Schönraintunnels.

Die Ergebnisse des Baustellenbetons erreichen natürlich nicht ganz die Werte des Laborbetons, liegen aber immer noch um ein Mehrfaches unter den Werten der herkömmlichen Mischung.

2. Abschlußbericht

Am Schluß des 1. Kapitels habe ich die Einschränkung auf den "technischen" Sinn gemacht. Ob dieser auch tatsächlich gegeben ist, werden erst die ersten Betriebsjahre des Schönraintunnels zeigen, wenn im Spülaufwand tatsächlich eine Reduktion gegenüber älteren Tunnelbauwerken feststellbar ist.

Für uns Bauunternehmen gibt es aber auch noch eine finanzielle Komponente. Und darüber möchte ich heute mit echtem Zahlenmaterial berichten. Es gibt nämlich kaum einen Bereich in unserer Branche, wo mehr gelogen wird als beim Thema Spritzbeton in Bezug auf Mehrverbrauchsfaktor, Beschleunigerverbrauch und Rückprallverhalten. Da eine Baustelle kein Institut ist, das von Forschungsmitteln lebt, freut sich der Bauleiter zwar, wenn er an einer technischen Innovation mitwirken kann, ist aber traurig,

wenn diese nur zusätzliche Kosten verursacht.

Was kann in diesem Zusammenhang über Microsilica beim Schönraintunnel berichtet werden?

Wir hatten in unserer Kostenschätzung zu Beginn des Einsatzes von Microsilica eine Plus-Minus-Rechnung aufgemacht, wo auf der Aufwandseite 8 % Microsilica in Pulverform bzw. 16 % Slurry standen, auf der Einsparungsseite eine Ersparnis von 20 kg Zement pro m³ Spritzbeton und eine Beschleunigereinsparung von 27 %. Das ergab Mehrkosten von DM 17,05/m³ verarbeiteten Spritzbeton und bei dem geschätzten Mehrverbrauchsfaktor von 2,4 Mehrkosten von 40,92 DM pro abgerechnetem m³ Spritzbeton (Tab. 1).

Geschätzte	Mehrkosten	Minderkosten
Microsilica-Slurry	27,00 DM	
Zementeinsparung		- 2,80 DM
Beschleunigereinsparung		- 7,15 DM
Summe	17,05 DM	
x Mehrverbrauchsfaktor 2,4 = 40,92 DM/m ³ abgerechneter Spritzbeton		

Tab. 1: Geschätzte Mehr- und Minderkosten bei Microsilicaeinsatz (pro m³ verarbeiteten Spritzbeton)

Eine eventuelle Rückpralleinsparung wurde kostengleich eingeschätzt mit dem zusätzlichen Aufwand für Handling und Transport des Microsilicas und der Pflege der Dosieranlagen.

Was war an diesen Annahmen richtig? Eigentlich nur das Ergebnis. Wir hatten für Microsilica-Slurry einen Aufwand von DM 890.000,- gehabt und haben über den Zuschlagpreis DM 923.000,- abgerechnet. Davon wird man nicht reich, aber es ist besser als ein Minusergebnis (Tab. 2).

Tatsächliche	Mehrkosten	Minderkosten
Microsilica-Slurry	18,90 DM	
Zementeinsparung		- 1,00 DM
Beschleunigereinsparung		- 0,00 DM
Summe	17,90 DM	
x Mehrverbrauchsfaktor 2,28 = 40,82 DM/m ³ abgerechneter Spritzbeton		

Tab. 2: Tatsächliche Mehr- und Minderkosten bei Microsilicaeinsatz (pro m³ verarbeiteten Spritzbeton)

Die Zementreduktion war ein Irrweg, wir haben sie nur am Anfang beibehalten. Mit zuneh-

mendem Auftreten von Bergwasser haben wir sie wieder aufgegeben und sind sogar noch um 20 kg/m³ höher auf 380 kg/m³ gegangen gegenüber den ursprünglich vorgesehenen 360 kg pro m³. Bei 340 kg/m³ Zementgehalt und viel Wasser steigen der Mehrverbrauch durch Rückfall und der erforderliche Beschleunigeranteil so drastisch an, daß die 40 kg/m³ mehr Zement deutlich wirtschaftlicher sind.

Der Beschleunigerverbrauch, über alles gerechnet, betrug auf unserer Baustelle 7,996 %, bezogen auf den mittleren Zementgehalt von 360 kg/m³ (Tab. 3). Dieser Wert beinhaltet sämtliche verbrauchten Beschleuniger, auch den Pulverbeschleuniger für Böschungssicherungen und alle Versuche mit verschiedenen BE-Mitteln in der Anfangsphase. Eine Trennung des BE-Verbrauchs in die verschiedenen Phasen der Baustelle - Spritzbeton ohne Microsilica, Microsilicazusatz in einem Vortrieb, Microsilicazusatz in beiden Vortrieben - bringt keinen Aufschluß darüber, ob die angenommene BE-Reduktion erzielt wurde. Da der Einsatz von Microsilica nur dort bestellt wurde, wo Bergwasser auftrat und ab dem Zeitpunkt, wo Microsilica in beiden Vortrieben angewendet wurde, das Wasser nicht mehr versiegte, also kein Bereich mehr ohne Microsilica gespritzt wurde, fehlt uns hier ein eindeutiger Beweis.

a) Beschleunigerverbr. gesamt bis 31.7.1992	
Verbrauch gesamt	2.108,80 t
für 73.257,50 m ³ Spritzbeton	
73.257,50 m ³ x 360 kg Zement/m ³ =	26.372,70 t
Beschleunigerverbrauch	7,996 %
b) Beschleunigerverbr. ohne Microsilica bis 31.10.1990	
Verbrauch	356,74 t
für 8.836,50 m ³ Spritzbeton	
8.836,50 m ³ x 360 kg Zement/m ³ =	3.181,14 t
Beschleunigerverbrauch	11,214 %
c) Beschleunigerverbr. vom 31.10.1990 bis 31.3.1991 (im Südortrieb mit Microsilica, im Westen ohne)	
Verbrauch	532,33 t
für 22.507,50 m ³ Spritzbeton	
22.507,50 m ³ x 360 kg Zement/m ³ =	8.102,70 t
Beschleunigerverbrauch	6,570 %
d) Beschleunigerverbr. vom 31.3.1991 bis 31.7.1992 (Microsilica in beiden Vortrieben)	
Verbrauch	1.219,73 t
für 41.913,50 m ³ Spritzbeton	
41.913,50 m ³ x 360 kg Zement/m ³ =	15.088,86 t
Beschleunigerverbrauch	8,084 %

Tab. 3: Gesamter Beschleunigerverbrauch auf der Baustelle Schönraintunnel

Eindeutig ist nur, daß die Basis von 5 - 6 % BE-Verbrauch, von der wir ausgegangen sind, nur für trockene Bereiche gilt, wie sie am Schönrain-tunnel in der Anfangsphase vorlagen.

Was kann über Rückprallverminderung berichtet werden?

Der Mehrverbrauchsfaktor, also das Verhältnis eingekaufter zu abgerechnetem Spritzbeton, liegt bei 2,28, über die ganze Bauzeit gerechnet. Das ist zwar niedriger als die anfangs geschätzten 2,4, aber auch hier bringt die Trennung der Perioden keinen Aufschluß darüber, welchen Anteil hier der Microsilicazusatz hat (Tab. 4). Interessanterweise hat nämlich die Periode ohne Microsilica nur einen Mehrverbrauchsfaktor von 1,9. Aber auch das liegt vermutlich wieder daran, daß anfangs nur trockene Bereiche in Baggerklassen mit wenig Überprofil aufgefahren wurden und später mehrheitlich Sprengklassen mit mehr Wasserzutritten.

a) Spritzbeton gesamt bis 31. 7. 1992	
Verbrauch	73.257,50 m ³
abgerechnet	32.170,66 m ³
Mehrverbrauchsfaktor	2,277
b) Spritzbeton ohne Microsilica bis 31. 10. 1990	
Verbrauch	8.836,50 m ³
abgerechnet	4.656,36 m ³
Mehrverbrauchsfaktor	1,898
c) Spritzbeton mit Microsilica im Südvortrieb, Westvortrieb ohne vom 31. 10. 1990 bis 31. 3. 1991	
Verbrauch	22.507,50 m ³
abgerechnet	8.947,66 m ³
Mehrverbrauchsfaktor	2,515
d) Spritzbeton mit Microsilica in beiden Vortrieben vom 31. 3. 1991 bis 31. 7. 1992	
Verbrauch	41.913,50 m ³
abgerechnet	19.566,64 m ³
Mehrverbrauchsfaktor	2,142

Tab. 4: Ermittlung des Mehrverbrauchsfaktors

Um über das Rückprallverhalten mit und ohne MS-Zusatz ganz genau Bescheid zu wissen, haben wir einmal gemeinsam mit unserem MS-Lieferanten exakte Rückprallvergleichsmessungen mit Abwiegen des Rückpralls durchgeführt. Wir haben uns dabei aber so blöd angestellt, daß es zur Abschreckung hier erzählt werden soll.

Wir hatten nämlich seit ca. einem 3/4 Jahr nur mehr mit Microsilica und 340 kg/m³ Zement gespritzt und haben dann, ohne Erhöhung des Zementgehaltes und ohne die Mannschaft üben

zu lassen, einfach einen Abschlag ohne Microsilica gespritzt und dann den Rückprall gewogen. Daß dabei 40 % herausgekommen sind, ist nur auf den ersten Blick verwunderlich.

Erstens sind 340 kg HOZ-Zement pro m³ Spritzbeton ohne Microsilica eindeutig zu wenig und zweitens haben sich unsere Düsenführer ein 3/4 Jahr darauf eingestellt, daß man mit Microsilicazusatz optisch trockener spritzen muß als normal. Wenn normalerweise der Spritzbeton unmittelbar nach dem Auftrag noch feucht glänzen muß, muß er mit MS-Zusatz sofort stumpf und matt erscheinen. Daß sich unsere Leute bei dem einen Abschlag nicht schlagartig wieder umstellen konnten, war mir eigentlich sofort klar, aber erst nachher. 40 % sind ein derart unrealistischer Wert, daß nur der MS-Lieferant mit dem Ergebnis glücklich war. Beim Spritzen mit MS-Zusatz sind übrigens 22 % herausgekommen.

Weil die Rückprallschauflerei ein großer Aufwand war und weil wir zum damaligen Zeitpunkt eigentlich nicht mehr ohne Microsilica spritzen sollten, haben wir auf eine Wiederholung des Versuchs verzichtet.

Etwas Positives über Rückprallverminderung durch MS-Zusatz kann ich aber doch vermelden: In der Endphase der Spritzbetonarbeiten, als wir nur mehr Isolierträger, also die letzte 3 - 5 cm starke Spritzbetonschicht der Außenschale gespritzt haben, ist uns das Microsilica ausgegangen. Da hat die Mannschaft eine sofortige Nachbestellung verlangt, weil sie zu dem Zeitpunkt den Rückprall händisch von der Betonsohle entfernen mußte. Also kann man daraus schließen, daß ein merkbarer Unterschied im Rückprallverhalten von Spritzbeton mit und ohne MS-Zusatz besteht. Wie groß der Unterschied ist, läßt sich aber hier leider nicht quantifizieren.

Was läßt sich nun als Schlußsequenz zu all den oben angestellten Betrachtungen sagen? Auch das ist leider nicht so eindeutig, wie ich das gerne hätte.

Zuerst das Positive:

1. Offensichtlich bringt Microsilica-Zusatz im Spritzbeton technisch einen Vorteil in Bezug auf Elutionen aus dem Spritzbeton.
2. Die Mannschaften, die damit zu tun haben, nehmen es positiv an, da es sicher eine merkliche Verminderung des Beschleunigeranteils in der Atemluft und vielleicht eine Staubre-

duktion mit sich bringt. Das bedeutet ihnen mehr als die zusätzlichen Erschwernisse durch das Handling des MS und die Wartung der Dosierpumpen.

Jetzt das Negative:

Wie vorhin schon einmal angedeutet - eine Baustelle kann von der Mithilfe an technischen Innovationen allein nicht leben. Der wirtschaftliche Erfolg eines Linienbetriebes hängt vom optimierten Ineinandergreifen der einzelnen Arbeitsschritte ab und innerhalb der einzelnen Arbeitsschritte muß alles, sei es Mannschaft, Gerät oder Material, einwandfrei und reibungslos funktionieren.

Durch die Optimierungsbemühungen, Spritzbeton mit möglichst wenig Zement und möglichst wenig Beschleuniger an die Wand zu bringen, macht man diesen Arbeitsvorgang störungsanfälliger und damit teurer. Inwieweit das durch weniger Rückprall und Verbesserung der Arbeitsbedingungen kompensiert werden kann, ist nicht oder noch nicht eindeutig zu beantworten.

Noch ein abschließendes Wort zur Technik der Beigabe:

Der Weg, Microsilica-Slurry über eine Vorbohrerdüse dem Trockenspritzbeton beizugeben, so wie wir das gemacht haben, ist sicher ein gangbarer. Die Methode der Zudosierung muß allerdings noch wesentlich eleganter werden.

Um das doch relativ aufwendige Handling im Tunnel entfallen zu lassen und um Microsilica immer in der richtigen und gleichmäßigen Do-

sierung im Spritzbeton zu haben, müßte die Beigabe an der Mischanlage erfolgen.

Bei Naßspritzbeton ist das sicher kein Problem, das Problem ist aber in Bereichen mit starkem Bergwasserzutritt der Naßspritzbeton selber.

Beim Trockenspritzbeton müßte man eigentlich Microsilica in Pulverform dazu mischen, das scheitert aber an der staubförmigen Konsistenz. Ein möglicher Weg wurde durch Versuche in jüngster Vergangenheit aufgezeigt - und zwar Microsilica-Slurry in das Trockenmischgut beizugeben. Mit der normalen Dosierung von ca. 28 kg MS-Pulver pro m³ Spritzbeton, und damit der gleichen Menge Wasser aus dem 1 : 1 Verhältnis im Slurry, erhöht man die Gesamtfeuchte des Mischgutes um etwa 1,3 %.

Diese Größenordnung erscheint in Anbetracht der üblichen Schwankungen der Zuschlagstofffeuchte vertretbar.

Auf jeden Fall hoffen wir, daß wir mit unserer Arbeit am Schönraintunnel einen Anstoß zur Weiterentwicklung der Beigabe von Microsilica in den Spritzbeton gegeben haben und daß sich auf lange Sicht eine Verbesserung der Situation der Bergwasserdrainagen bezüglich deren Versinterung beobachten läßt.

Weiters möchten wir darauf aufmerksam machen, daß sich die Behauptung, Microsilica im Spritzbeton rechnet sich von selbst, aus unserer Erfahrung nicht bestätigen läßt, sondern daß es Mehrkosten bedeutet. Das sollten Bauherren und Kalkulanten wissen.