

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 3

Artikel: Spritzbeton-Technologie: 3. Internationale Fachtagung in Innsbruck, 18./19.1.1990
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-85879>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

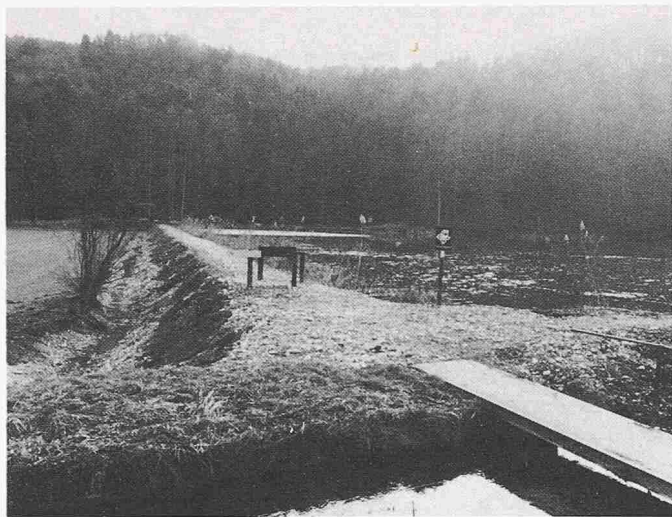


Bild 8. Der fertig sanierte Erddamm Himmerichweiher mit dem neu gestalteten Bächlein am Dammfuss. Im Vordergrund der Tösskanal

die einzige Wasserzufuhr zum Weiher. Der Zulaufkanal weist entsprechend der früheren Zielsetzung der Wasserkraftanlage ein relativ geringes Längsgefälle auf. Die sich im Kanal absetzenden feinen Feststoffe aus der Töss führen deshalb zu einer Verlandung, die im Rahmen des periodischen Unterhaltes unter Kontrolle gehalten werden muss.

Grössere technische Probleme boten sich am knapp 200 Meter langen und durchschnittlich etwa drei Meter hohen

Abschlussdamm, der teilweise ausgespült und vom Zerfall bedroht war. Es wurden verschiedene Sanierungsvarianten untersucht. Gewählt wurde schliesslich eine Lösung, welche die wasserseitige Dammböschung unverändert lässt, eine möglichst vollständige Abdichtung bietet, zur Verstärkung des Dammkörpers beiträgt und gegen eine Unterhöhlung durch allfällige unterirdische Dammbewohner bestmöglichen Schutz bietet. Mit einer neuen Methode wurde im Damm eine Dichtungswand

erstellt, indem durch Hochdruckinjektionen der Boden aus Kies und Sand mit Zement und Wasser durchmischt und so verfestigt wurde. Der Einsatz modernster Maschinen war dafür nötig. Zukünftige Unterhaltsarbeiten am Damm sind jetzt für Jahrzehnte auf ein Minimum reduziert (Bilder 6, 7).

Entlang dem Dammfuss fliesst ein kleines Bächlein, das in den vergangenen Jahren bis 30 Sekundenliter Sickerwasser aus dem Damm mitführte. Die Lösung mit minimalem Landverbrauch und optimaler Sicherung des Dammfusses wäre zweifelsohne eine Eindolung in Sickerschotter gewesen. Aus Gründen des Natur- und Landschaftsschutzes wurde aber von dieser Variante abgesehen; das Bächlein konnte etwas verschoben werden und fliesst nun in leicht geschwungenem Lauf in sicherem Abstand vom Dammfuss. Am Himmerichweiher wird damit eine ursprünglich von der Technik geprägte Landschaft im Dienste des Natur- und Landschaftsschutzes weiterhin fortbestehen (Bild 8).

Adresse der Verfasser: *Heinz Kaspar*, dipl. Kulturingenieur ETH, und *Heinz W. Weiss*, Dr., dipl. Bauingenieur ETH, Basler & Hofmann, Forchstrasse 395, 8029 Zürich.

Spritzbeton-Technologie

3. Internationale Fachtagung in Innsbruck, 18./19.1.1990

Die 3. Internationale Fachtagung «Spritzbeton-Technologie» [1-3] fand wieder in Innsbruck-Igls (18./19. Januar 1990) statt. Der Einladung des Instituts für Baustofflehre und Materialprüfung der Universität Innsbruck [4, 5] folgten etwa 400 Fachleute aus Brasilien, Dänemark, Deutschland, Grossbritannien, Japan, Jugoslawien, Norwegen, Österreich, Schweden und der Schweiz. Durch 16 Fachvorträge mit anschließender offener Aussprache trugen Ausführende, Bauherren und Forscher zur raschen Umsetzung von Forschungsergebnissen in der Praxis und Lösung anfallender Probleme bei, wie einschalige Spritzbetonbauweise, frühes Verformungsverhalten des Spritzbetons, besondere Spritzbetone (Stahlfaserspritzbeton, Silicafume-Technologie, aluminatbeschleunigter Nassspritzbeton) und Instandsetzungen mit Spritzbeton.

Zu Beginn wurden «Gedanken zur Forschung» (*Lessmann*) vorgetragen, wie Herstellen der inneren Tunnelschale aus Spritzbeton in Verbundbauweise und Undichtigkeiten durch Rissbildung im Spritzbeton, und auf das veränderte Denken im Ingenieurwesen (Teilsicherheiten [6]; technische Machbarkeit und gesellschaftliche Massstäbe) eingegangen.

Einschalige Spritzbetonbauweise

Entsprechend «der statischen Wirkungsweise und dem Verbundverhalten der Spritzbetonschichten des einschaligen Tunnelbaues» (Kupfer/Kupfer) überschreiten die Radialspannungen an den Schichtübergängen die dort erreichte radiale Zugfestigkeit (Haftzugfestigkeit) nicht [7], so dass bei der Be-

rechnung der Schnittkräfte [8] von einer einheitlichen Schale ausgegangen werden kann, obwohl sie aus mehreren Spritzbetonschichten unterschiedlichen Alters ohne Verbundbewehrung besteht. «Die einschalige Spritzbetonbauweise aus der Sicht des Auftraggebers» (Weber) [9-13] lässt Kostensenkungen (Tabelle 1) und kürzere Bauzeiten erwarten. Durch verbesserte Spritzbetontechniken und Güte wird man die geforderte Wasserundurchlässigkeit der Spritzbetonschale [14-17] erreichen. Nach einem Firmenvorschlag wird Mitte 1990 bei der U-Bahn München ein 60 m langer eingleisiger Tunnelabschnitt im Kalotten- und Ulmenbereich einschalig mit Spritzbeton (Tabelle 1) bei Grundwasserabsenkung ausgebaut (Bild 1). «Spritzbeton hoher Güte für die einschalige Spritzbetonbauweise» (*Kusterle*) [18, 19] erreicht man durch möglichst wenig Erstarrungsbeschleuniger (BE) im Sicherungsspritzbeton, weitere Schichten ohne Zusatz von BE jedoch mit Si-Stoffen [20-26] und längere Nachbehandlung, wodurch Dichtigkeit und Beständigkeit verbessert, Fe-

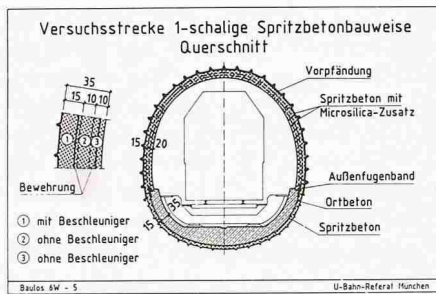


Bild 1. Einschaliger Tunnelausbau in Spritzbetonbauweise (NOT) einer Versuchsstrecke der Münchner U-Bahn - Querschnitt (Weber)

stigkeiten (Tabelle 2) und Auftragsdicken (bis 15 cm ohne BE) vergrößert sowie Rückprall und Staub verringert werden. Dass «die einschalige Spritzbetonbauweise im Stollen und Verkehrstunnelbau ein Ergebnis aus praxisorientierter Forschung und Ausführung» (Gebauer) [27] ist, wurde an der einschaligen Spritzbetonauskleidung des 3,2 km langen Abwasserstollens Frasdorf (F = 10 m²; 28 000 m²) mit 5500 m³ wasserdichtem, widerstandsfähigem Spritzbeton und dort durchgeführten Untersuchungen (Tabellen 3 und 4) für die geplante Versuchsstrecke bei der U-Bahn München (Baulos 6 West 5) [18] gezeigt.

Frühes Verformungsverhalten des Spritzbetons

Die «Berücksichtigung des Kriechverhaltens bei einem hohen Auslastungsgrad des jungen Spritzbetons durch druckhaftes Gebirge in tiefliegenden Tunneln am Beispiel des Tauerntunnels» (1971/74) (Pöchhacker) [28] mit unterschiedlichem Verformungsverhalten der Stützmittel (Tabelle 5) und vorübergehend achsparallelen Fugen im Spritzbetongewölbe [29] unterscheidet Vortriebsspritzbeton mit elastischem bis plastischem Verhalten [30] und in ausreichendem Abstand folgend «starr» Auskleidungsspritzbeton (Tabelle 5). Die seither verbesserte Absicherung dieser Erkenntnisse durch Mess- und Rechenverfahren lassen die Weiterentwicklung der Bauverfahren (z.B. nachgiebige Ankerköpfe [31]) für tiefliegende Tunnel (Brenner-Basistunnel [32]) in

Zusatz	% von Z	kg/m ³ FB	Wand	über Kopf
BE	5	19	21	37
MS	11	40	16	30
MSS	.	40	9	18

Tabelle 3. Minderung des Rückpralls (%) bei Trockenspritzbeton durch Zusatz von Microsilica als Pulver (MS) oder Suspension (MSS) (Gebauer)

	zweischaliger Ausbau ¹		einschaliger Ausbau (35 cm)
	über Grundwasser	unter Grundwasser	
Spritzbeton-Aussenschale 15 cm	8,2	15	Einsparungen: 8% Ausbruch 35% Ausbau ^{3 4} 10% Baukosten
Pumpbeton-Innenschale ² 35 cm	3,1 (27%)	3,7 (20%)	
Gesamtausbau 50 cm	11,3	18,7	

¹ 50 lfd m Tunnel/Woche ³ Spritzbeton B 35 mit Microsilica (MS)
² 60 kg Bewehrung/m³ Beton = 30% der Innenschalenkosten
⁴ zur Gebirgssicherung 15 cm Spritzbeton in 2 Arbeitsgängen (ohne BE) mit Gitterträgern und 1 Betonstahlmatte
als «Innenschale» 10 cm unbewehrter Spritzbeton zur Abdichtung
10 cm Spritzbeton mit 2 Betonstahlmatten

Tabelle 1. Tunnelbaukosten für zwei- und einschaligen Tunnelausbau der U-Bahn München (1982/89) in 1000 DM/lfd m Tunnel (Weber)

Spritzbeton (Einbauverfahren, Zusammensetzung usw.)	Spritzbeton	Spritzbeton		Zuwachs (%)
		mit MS	MSS (%) ¹	
dünne Schichten	56 ²	93	5	65
Trockenspritzverfahren ohne BE	37	48	7	32
einschaliger Tunnelausbau ohne BE	40	55	14	38
Nassspritzverfahren	33	42	7	27
Trockenspritzverfahren mit Stahlfasern	19	36	10	89

¹ MS = Microsilica (Pulver) und MSS = Microsilica (Slurry; Suspension)
² mit 7% Flugasche (FA)

Tabelle 2. Durch Zusatz von Microsilica verbesserte Druckfestigkeit (N/mm²) von Spritzbeton im Tunnel- und Stollenbau (Kusterle)

Spritzbetonbauweise (NÖT) erkennen. Nach der «Beobachtung des Kriechverhaltens von jungem Spritzbeton am Beispiel eines Messquerschnittes im Langener Tunnel» (Vavrovsky/Schubert) ist der Ausbauwiderstand des Spritzbetons bei tiefliegenden Tunneln von der plastischen Entspannungsgeschwindigkeit des Gebirges (Schlitzen bei Kriechversagen [29,31]) abhängig, bei seichtliegenden Tunneln (NBS) mit oft hohen, früh auftretenden Lasten nicht allein von der Spritzbetondicke (Gelenke durch Ankerung) und bei S/U-Bahn-Tunneln mit früh aufgezungenen Verformungen vom Kriechbruch des jungen Spritzbetons. Weiter wurde über «Beanspruchung, Auslastung und Verformung des jungen Spritzbetons im Tunnelbau» (Pött-

ler) [33] berichtet. Unter Berücksichtigung des nichtlinearen und zeitabhängigen Verhaltens von Spritzbeton [30] und Gebirge im Ortsbrustbereich wurden der im Spritzbeton vorhandene Teilsicherheitsbeiwert, Beanspruchungsgrad [20, 21] und die Verformungsreserve numerisch bestimmt und Grenzen und Gefahren für den jungen Spritzbeton aufgezeigt.

Tunnel-, Stollen- und Bergbau

Beim ersten Einsatz von «Spritzbeton als Innenauskleidung in folienisolierten Hohlräumen» in den USA (Treichel) [34] wurde nach einem Sondervorschlag für die U-Bahn Washington D.C. (Baulos BIOC: 2 Tunnel 3600/8/11,60 m, 2 Stationen, 5 Schächte; 0,2

Zusatz	D
BE	15-25
BE und MS ¹	25-40 ²
MS	35-90

¹ BE-Anteil durch MS-Zusatz verringert
² Festigkeitsabfall infolge BE durch MS-Zusatz zum Teil ausgeglichen

Tabelle 4. Druckfestigkeit D in N/mm² von Spritzbeton mit verschiedenen Zusätzen im Alter von 28 Tagen (Gebauer)

Stadium	Tragmatrix	Stützmittel	Verformungsverhalten
1	Firststollen	Gebirge	fast ideal plastisch
2	Kalotte	Anker	elastisch bis plastisch
3	Ulmen	Tunnelbögen	elastisch
2-3		Spritzbeton	elastisch ¹
4	Sohlgewölbe ²	Spritzbeton	steif
5	Tragring	Innengewölbe	sehr steif

¹ mit rheologischem Verhalten [30]
² Spritzbetontragring durch Einbau eines Sohwölbes herstellen und die bei Kriechbruchgefahr eingebauten Schlitzschliessen

Tabelle 5. Tragmatrix und Verformungsverhalten der Stützmittel beim Vortrieb tiefliegender Tunnel im Faltengebirge (nicht Buntsandstein) in Spritzbetonbauweise (NOT) (Pöchhacker)

Eigenschaften	SF	PC	FA
Spez. Gewicht	2,16	3,12-3,15	2,35
Raumgewicht	0,20-0,22	1,40	1,00
spez. Oberfläche (m ² /g)	18-22	0,25-0,50	0,30-0,50
SiO ₂ -Gehalt (%)	88-98	17-25	40-55

Tabelle 6. Vergleich von Silicafume (SF) mit Zement (PC) und Flugasche (FA) (Bächli)

Eigenschaften	0-Mischung	10% SF	10% PPI
Druckfestigkeit nach 7/28 d (N/mm ²)	36/44	45/61	70/98
Trockenrohddichte (kg/dm ³)	2,23	2,25	2,33
Wasserleitfähigkeit (g/m ² ·h)	0,214	0,080	0,027
Wassereindringtiefe (DIN 1048) (mm)	22	14	2
Porensättigung: kapillar/insgesamt	15,0/17,2	15,5/16,4	11,6/12,1
Frostbeständigkeit (SIA-Norm 162/1)	1,6 hoch	1,5 hoch	0,9 tief
Frost-Tausalzbeständigkeit (LPM/BEII)	tief	tief	hoch (>80%)

Tabelle 7. Verbesserte Spritzbetoneigenschaften durch Zusatz von Silicafume (SF) und vergütetem SF (PPI) als Pulver zum Trockengemisch (0/8 mm, 350 kg PC)

Mio m³ Fels, 35 000 m³ Beton) in nur 47 Monaten eine Spritzbeton-Innenschale (30-45 cm mit 2 Betonstahlmatten und Gitterträgern; 21 000 m³, B 35) nach den Grundsätzen der NÖT auf Foliendichtung (Vlies, Folie, Schutzfolie, Spaltinjektionen) eingebaut. Zur Gebirgssicherung wird «Spritzbeton in den NÖT-Abschnitten des Kanaltunnels» (Purrer) [35] im Trockenspritzverfahren mit BE (Pulver und flüssig) und teils mit Manipulator eingebaut und für die Innenschale zum Teil Nassspritzbeton.

Zum Herstellen langlebiger Grosshohlräume (Förderstrecken, Füllorte, Schächte) zwischen 1000 und 1500 m Teufe wird zunehmend «Spritzmörtel zur Gebirgssicherung in Sprengvortrieben im deutschen Steinkohlenbergbau» (Gailer/Kraus) als zweischaliger Ankerspritzbetonausbau angewandt, der auch dynamischen Beanspruchungen aus Abbaueinwirkungen standhielt und den Steinfall einschränkt. Mit Zunahme der Bergbautätigkeit in grösserer Teufe ist man zu einem höheren Aufwand für die Gebirgssicherung (Spritzbetonausbau) und dafür wesentlich ver-

ringertem Unterhaltungsaufwand bereit. Angestrebt wird ein einschaliger Ausbau mit geringem Bedarf an Baustoffen und Einbauzeit. Stahlfaserverstärkte, hochfeste in dünnen Lagen aufgespritzte Densitbaustoffe mit bis zu 200 N/mm² Druckfestigkeit lassen hohen Ausbauwiderstand und grosses Arbeitsvermögen erwarten.

Stahlfaserspritzbeton - Anwendungen

«Stahlfaserspritzbeton im Berg- und Tunnelbau» (Amstbühler) wird in Südafrika vorwiegend zur Bergsicherung verwendet, wie z.B. beim Auskleiden eines in 1350 m Teufe teilweise eingestürzten Förderschachtes und Sichern eines 5 km langen Wasserstollens sowie zur abriebfesten Auskleidung (3 Prozent MS; 55 N/mm² nach 7 d) von Absturzrutschen in 3770 m Teufe im tiefsten Goldbergwerk der Welt. «Stahlfaserspritzbeton für Gebirgssicherung und Brandschutz» (Kompen) in Norwegen bedeutet Einbau im Nassspritzverfahren mit Robotern (10 m³/h; 5-10% Rückprall) und Einsatz wegen hoher

Zugfestigkeit (30 Prozent der Druckfestigkeit) bei ungünstigen Nachbehandlungsbedingungen und zum Brandschutz von Schutzfolien in Verkehrstunneln; eine 20 mm dicke Schicht davon entspricht den Anforderungen der Brandschutzklasse F 120. Die «Auskleidung von Stollen in Stahlfaserspritzbeton für die Bundeswehr» (Grondziel) [36-39] wurde mit einem Anteil von 4 Gew.-Prozent Stahlfasern ausgeführt. Auf eine dünne Spritzbetonschicht folgt der Stahlfaserspritzbeton und darauf wieder eine dünne Spritzbetonschicht jeweils im Trockenspritzverfahren, zusammen 15 cm dick. Die verwendeten Stahlfasern konnten ohne Vereinzelnungsgerät ohne Igelbildung verarbeitet werden. Diese Bauweise beschleunigte den Vortrieb durch den Wegfall des Einbaus der Bewehrung.

Spritzbetontechnologie

Die «Silicafume-Technologie im Spritzbeton» (Bächli/Bracher) [24-26] gilt sowohl für das Trockenspritz- als auch das Nassspritzverfahren mit Zugabe von Silicafume (SF) (Tabelle 6) zusammen mit Hochleistungsverflüssigern oder Kunststoffen, und zwar durch Zusatz kompaktiert oder polymermodifiziert als Pulver zum Trockengemisch oder flüssig als Suspension (Slurry) mit einer zusätzlichen Zuteilanlage (Dosierpumpe) ggf. gleichzeitig mit BE auf der Baustelle. Beim Nassspritzverfahren wird SF im Beton zugegeben, wobei das Ansteifen der Ausgangsmischung besser überprüft werden kann und die erzielten Frischbetoneigenschaften den Anforderungen des einschaligen Tunnelausbaus genügen. SF verbessert die Festigkeit - der Festigkeitsabfall infolge BE kann ausgeglichen werden -, Dichtigkeit, Haftung und Sulfatbeständigkeit und verringert den Rückprall. Eingegangen wurde auf die Entwicklung eines vergüteten SF (PPI) (Tabelle 7) und die Qualitätssteigerung durch Polymerzugabe hinsichtlich Wasserrückhaltevermögen, Verarbeitbarkeit, Dichtigkeit, Schwinden und Elastizität. «Das Nassspritzen im Dichtstromverfahren mit einem Aluminatbeschleuniger am Beispiel Top-Shot» (von Eckardstein) [19, 40-44] setzt einen pumpbaren Beton mit dichtem Gefüge (0/8-0/16 mm, W/Z = 0,50; 4-5 Prozent BE flüssig) voraus. Rückprall und Staubeentwicklung sind gering, die Einbauleistung hoch (8 m³/h). Ein Einfluss der Zementart konnte nicht festgestellt werden. Auf zahlreichen Tunnelbaustellen sind mit dem Top-Shot-Verfahren die Spritzbetonfrüh- und -endfestigkeiten zielsicher und wirtschaftlich erreicht worden.

Literatur

- [1] *Lukas, W.*: Spritzbeton-Technologie. 1. Int. Fachtagung, Innsbruck-Igls, 15./16.1.1985; Universität Innsbruck und Stuva, Köln
- [2] *Lukas, W.; Kusterle, W.*: Spritzbeton-Technologie. 2. Int. Fachtagung, Innsbruck-Igls, 15./16.1.1987; Universität Innsbruck. Vgl. Schweizer Ingenieur und Architekt (SI+A) 105 (1987), Nr. 42, S. 1229-1232
- [3] *Lukas, W.; Kusterle, W.*: Instandsetzung und Erhaltung von Bauten aus Beton und Stahlbeton. Int. Fachtagung, Innsbruck-Igls, 14./15.1.1988; Universität Innsbruck und Österr. Betonverein, Wien. Vgl. SI+A 106 (1988), Nr. 45, S. 1238-1241
- [4] *Kusterle, W.*: Quasi zerstörungsfreie Methoden der Frühfestigkeitsermittlung von Auskleidungsbetonen. Werkstoffe für das Bauwesen. Mitteilungen aus dem Institut für Baustofflehre und Materialprüfung, Universität Innsbruck (WFB) 1989, Nr. 1., S. 19-21
- [5] *Kusterle, W.*: Die Versuchsstände zur Durchführung von Spritzbetonversuchen am Institut für Baustofflehre und Materialprüfung. WFB 1989, Nr. 1, S. 37-39
- [6] *Hampe, E.*: Von der unsicheren Sicherheit zur sicheren Unsicherheit. Bautechnik 66 (1989), Nr. 10, S. 329-335
- [7] *Maidl, B.; Koenning, R.*: Entwicklung von Tunnel-Konstruktionen unter Verwendung von Stahlfaserbeton. Stuva-Tagung 1989 Frankfurt/Main. Forschung + Praxis, Band 33, 1990 (Spritz- und Pumpbeton)
- [8] *Sauer, G.; Dietmaier, P.; Bauer, E.*: Bemessung von Tunnelschalen und Normalkraft mittels Tragsicherheitskurven. Bauingenieur 65 (1990), Nr. 1, S. 29-33
- [9] *Hochmuth, W.; Krischke, H.; Weber, J.*: Die Bauverfahren beim Münchner U-Bahnbau. Überblick über 20jährige Entwicklung. Tunnel 5 (1985), Nr. 4, S. 206-218
- [10] *Peters, H.*: Einschaliger Tunnel in Stahlfaser-Spritzbeton. Beton- und Stahlbetonbau 34 (1984), Nr. 4, S. 97-101
- [11] *Haack, A.*: Einschaliger Spritzbetonausbau bei Verkehrstunneln. IBETH-Symposium, 7./8.4.1988, Zürich, S. 43-52; vgl. SI+A 107 (1989), Nr. 44, S. 1203-1205
- [12] *Schreyer, J.*: Konstruktive und wirtschaftliche Möglichkeiten zur Herstellung von einschaligen Tunneln. Stuva, Köln 1989
- [13] *Haack, A.*: Jüngste Forschungs- und Entwicklungsergebnisse im Tunnelbau: Beispiele für den einschaligen Spritzbetonausbau. Tunnel 9 (1989), Nr. 4, S. 176-186
- [14] *Westhaus, K. H.; Flöttmann, H.*: Einschaliger Tunnel in Stahlfaserspritzbetonbauweise. Erfahrungen und Empfehlungen für weitere Ausführungen. Stuva-Tagung 1983, Nürnberg. Forschung + Praxis Band 29, 1984, S. 46-50
- [15] *Laue, G.; Schreyer, J.*: Einschalige Spritzbetonbauweise - Probleme der Wasserundurchlässigkeit. Stuva-Tagung 1983, Nürnberg. Forschung + Praxis Band 29, 1984, S. 51-54
- [16] *Weber, J.*: Erfahrungen mit wasserundurchlässigem Beton beim Münchner U-Bahnbau. Mitteilungen der Schweiz. Ges. für Boden- und Felsmechanik, Heft 115, 1987, S. 9-18
- [17] *Schreyer, J.*: Abdichtung einschaliger Tunnel. Tunnelbau-Taschenbuch 14 (1990), S. 237-261
- [18] *Kusterle, W.*: Einsatz von Microsilica im Trockenspritzverfahren: Dünne Spritzbetonauskleidungen, Rückprallminderungen, Auswirkungen von Beschleunigern, einschalige Tunnelbauweise. Microsilica in der modernen Betontechnologie, Symposium 28.9.1989, Konstanz, 18 S.; vgl. SI+A 108 (1990), Nr. 3, S. 42-45
- [19] *Brux, G.; Linder, R.; Ruffert, G.*: Spritzbeton, Spritzmörtel, Spritzputz - Herstellung, Prüfung und Ausführung. Verlagsges. Rudolf Müller, D-5000 Köln 41
- [20] Richtlinie Spritzbeton, Teil 1 - Anwendung. Österr. Betonverein, Wien 1989, 1. Abschnitt 3.2.2 Si-Stoffe - Microsilica (Silicafume)
- [21] Vorstellung der Richtlinie Spritzbeton, Teil 1 - Anwendung. Zement und Beton (Z+B) 43 (1989), Nr. 3, S. 93-120; Heft 11 der Schriftenreihe des Österr. Betonvereins, Wien 1989
- [22] *Hillemeier, B.*: Neue qualitätsverbessernde Verfahren bei der Instandsetzung von Spannbetonbauwerken. S. 119-124 in [3]
- [23] *Pohl, R.; Deuse, Th.; Hillemeier, B.*: Neues Nassspritzverfahren, Synthetisches amorphes Siliciumdioxid als Zusatzstoff. Beton 40 (1990), Nr. 2, S. 52-55
- [24] *Bächli, R.*: Hochleistungs-Sanierungs-beton mit Silica-Fume. Schweizer Baublatt 99 (1988), Nr. 89, 4 S.
- [25] *Bürge, T.; Bracher, G.*: Silica-fume-Technologie im Spritzbeton. IBETH-Symposium, 7./8.4.1988, Zürich, S. 31-37; vgl. SI+A 107 (1989), Nr. 44, S. 1203-1205
- [26] *Bächli, R.*: Zusatzmittel für Spritzbeton und Spritzmörtel. Silicafume im Einsatz bei der Bauwerkssanierung. Schweizer Baublatt 100 (1989), Nr. 47, S. 30-38
- [27] *Gebauer, B.*: Praxisorientierter Einsatz von Spritzbeton mit Microsilica, vorgestellt an ausgeführten Tief- und Tunnel-Baumassnahmen. Microsilica in der modernen Betontechnologie. Symposium, 28.9.1989, Konstanz, 27 S.; vgl. SI+A 108 (1990), Nr. 3, S. 42-45
- [28] *Herbeck, H.*: Arbeitsgemeinschaft Tauern-Scheiteltunnel - Bauarbeiten 1970-1975. Porr-Nachrichten 1975, Nr. 63, S. 4-53
- [29] *Pöchlhacker, H.*: Österreichische Tunnelbauweise in sehr stark druckhaftem Gebirge - Theorie und Praxis. Porr-Nachrichten 1974, Nr. 57/58, S. 4-28; Z+B 20 (1975), Nr. 78/79, S. 1-16, insbes. S. 14, Bild 21: Fugenbewegung in der Spritzbeton-Sicherungsschale
- [30] *Rokahr, R.B.; Lux, K.H.*: Einfluss des rheologischen Verhaltens des Spritzbetons auf den Ausbauwiderstand. Felsbau 5 (1987), Nr. 1, S. 11-18 (34. Geomechanik-Kolloquium, 1985, Salzburg)
- [31] *Schubert, P.; Marinko, T.*: Vortrieb des Karawankentunnels im tektonisch stark beanspruchten Südabschnitt. Felsbau 7 (1989), Nr. 2, S. 65-68
- [32] *Grübmeier, J.*: Machbarkeitsstudie für einen neuen Brenner-Übergang. Eisenbahn-Technische Rundschau (ETR) 38 (1989), Nr. 6, S. 391-396
- [33] *Pöttler, R.*: Kennlinien des jungen Spritzbetons. Felsbau 8 (1990) - noch nicht abgedruckt
- [34] *Gay, F.T.*: Erste Erfahrungen mit der NÖT in den Vereinigten Staaten. Felsbau 6 (1988), Nr. 1, S. 30-38 (35. Geomechanik-Kolloquium, 1986, Salzburg; vgl. SI+A 105 (1987), Nr. 9, S. 208-210)
- [35] *Sandtner, A.; Gehring, K.*: Ärmelkanaltunnel - Auffahren des Vorlandabschnittes Castle-Hill mit Teilschnittmaschinen und Spritzbeton. Stuva-Tagung, 1989, Frankfurt/Main. Forschung + Praxis Band 33, 1990
- [36] *Bausch, D.*: Stahlfaserbeton für den Stollen- und Strassenbau. Beispiel: Bundeswehrbauten bei Lorch. Beton 35 (1985), Nr. 1, S. 17-19
- [37] *Nusser, H.; Lechnitz, W.; Ohm, W.*: Stahlfaserspritzbeton zur Behebung von Mängeln der Betondeckung der Bewehrung. Beton- und Stahlbetonbau 82 (1987), Nr. 12, S. 331-333
- [38] *Hahlhege, R.; Maidl, B.*: Stahlfaser-spritzbeton im Tunnelbau - Qualität und Dauerhaftigkeit. Beton 38 (1988), Nr. 2, S. 62-65
- [39] Stahlfaserbeton - ein neuer Werkstoff setzt sich durch. SI+A 107 (1989), Nr. 21, S. 560-562
- [40] *Eckardstein, v.K.-E.*: Das Nassspritzen von Beton im Dichtstromverfahren - Das Prinzip und Vorschläge zur technischen Lösung. S. 19-21 in [1]
- [41] *Kern, E.*: Nassspritzen mit Aluminatbeschleuniger bei einem Autobahntunnel. S. 81-90 in [2]
- [42] *Lauffer, H.*: Das Nassspritzverfahren - Baustellenerfahrungen und Kostenvergleich. S. 75-80 in [2]
- [43] *Manns, W.; Neubert, B.; Zimbelmann, R.*: Festigkeitsentwicklung und Verformungsverhalten von hochbeschleunigtem Spritzbeton. Beton 37 (1987), Nr. 8, S. 317-319
- [44] *Eckardstein, v.K.-E.*: Prinzipien des Nassspritzverfahrens - Betechnologische Grundlagen. Tiefbau, Strassenbau, Ingenieurbau (TIS) 32 (1990), Nr. 1, S. 10-13
- [45] *Rosa, W.*: Spritzbetonsanierungen an Hoch- und Ingenieurbauten. S. 113-120 in [2]
- [46] *Rosa, W.*: Erkennen und Abstellen der Ursachen von Betonschäden und deren Instandsetzung mit Spritzbeton. S. 79-89 in [3]
- [47] *Huber, H.*: Reparaturen an Talsperren und Kraftwerksbauten. Z+B 28 (1983), Nr. 1, S. 19-26
- [48] *Sommer, H.*: Ein neues Verfahren zur Erzielung der Frost-Tausalz-Beständigkeit des Betons. Z+B 22 (1977), Nr. 4, S. 124-129 (MHK)
- [49] *Glatte, R.; Grieger, Ch.*: Untersuchungen an Beton mit Mikrohohlkugeln (MHK). Z+B 28 (1983), Nr. 1, S. 34-36; vgl. 25 (1980), Nr. 1, S. 10-11
- [50] Prüfung von Festbeton auf Frost- und Frost-Tausalz-Beständigkeit. Cementbulletin 54 (1986), Nr. 10, S. 1-8

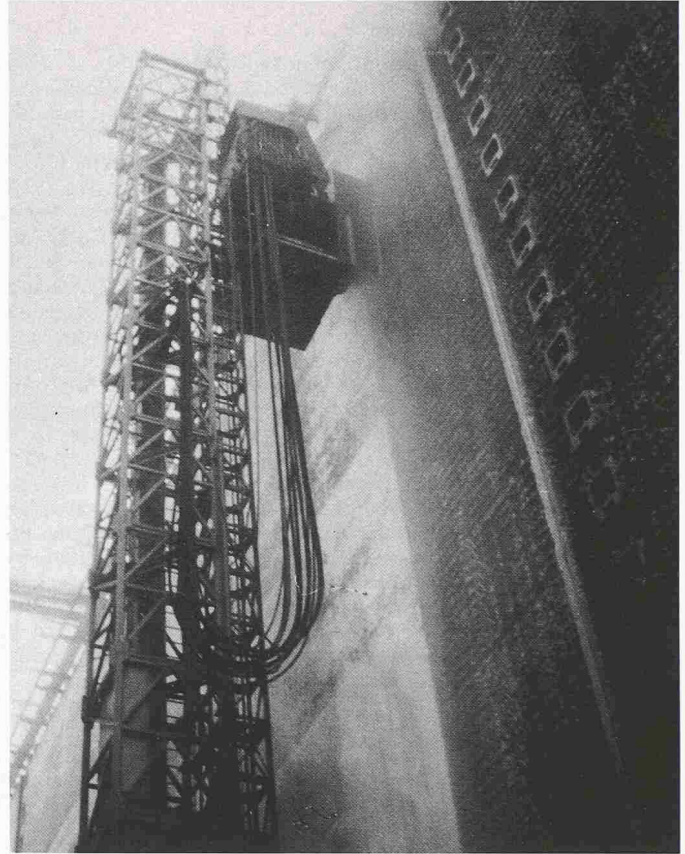
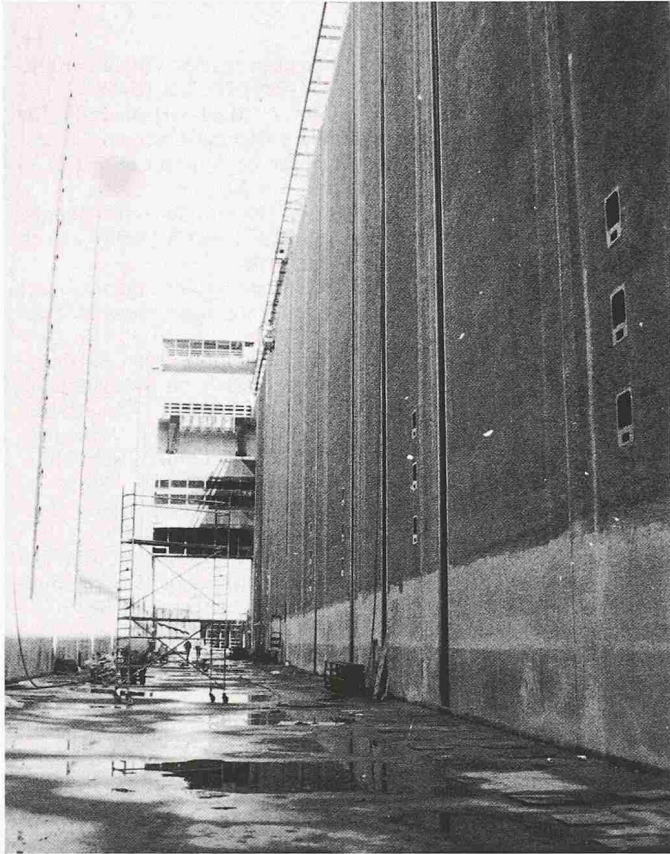


Bild 4 (rechts oben). Betonabbruch mit Hochdruckwasser mittels Orbiter (Rosa)

Bild 2 (links oben). Schleusenammer vor dem Abbruch des nicht frostbeständigen Wandbetons und dessen Ersatz durch Spritzbeton mit Zusatz von Mikrohohlkugeln und Latex (Rosa)

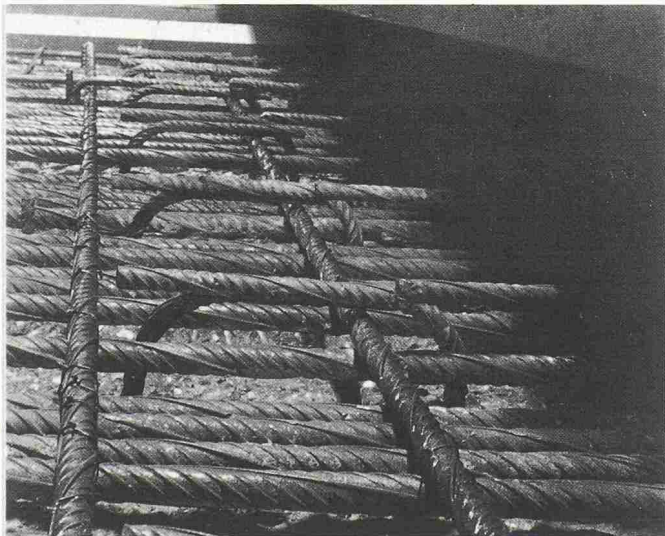


Bild 3 (links). Nach dem Betonabbruch (Bild 4) freigelegte Bewehrung der Schleusenwände (Rosa)

Schleusensanierung - Spritzbeton mit MHK und Latex

Die «Betoninstandsetzung an der Schleuse einer Schifffahrtsstrasse mittels Hochdruckwasserabbruch und Ersatz des abgebrochenen Betons mit Spritzbeton» (Rosa) [45-47] war erforderlich, weil der Beton der Schleusenammer (200/12/30 m) (Bild 2) nicht frostbeständig war. Die Forderung, den Altbeton auf 11 000 m² 10 bis 18 cm tief bis hinter die Tragbewehrung ohne die geringsten Kerbungen der Stähle (Bild 3) abzubereiten, erzwang den Abbruch mit Hochdruckwasser (Orbiter 240 l/min, 950-980 bar; Handlanze 25 l/min, 2400 bar), ausgeführt in 20-cm-Streifen von oben nach unten (Bild 4).

Die geforderten besonderen Eigenschaften des Spritzbetons (0/4-0/16 mm; B 25, frostbeständig) erreichte man durch betontechnologische Massnahmen sowie den Zusatz von Mikrohohlkugeln (MHK, 40-60 µm) [48, 49] und einer Latexmodifizierung. Die Eigenschaften des in 9-15 m breiten Lamellen schichtweise eingebauten Spritzbetons (55 N/mm²) wurden laufend überprüft und seine Frostbeständigkeit nach Ö-Norm B 3303 und dem Schweizer Schnellverfahren [50] nachgewiesen. Maschinen, Geräte und Konstruktionen für die umfangreiche Baustelleneinrichtung kosteten über 3 Mio. SFr.

A.B.

Tagungsband

Die überarbeiteten Vortragsmanuskripte sind im Tagungsband «Spritzbeton-Technologie; 3. Internationale Fachtagung, Innsbruck-Igls, 18./19. Januar 1990» abgedruckt. Bezug: Institut für Baustofflehre und Materialprüfung, Universität Innsbruck, Techniker Strasse 13, A-6020 Innsbruck. Tel. 0043/512/748 42 01 und 42 09, Telefax 0043/512/748 42 03. 400 ÖS.