

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 82 (1990)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Spitzbeton-Technologie  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-939840>

### **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:** 05.01.2025

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

## Spritzbeton-Technologie

Vom 18. bis 18. Januar 1990 fand die 3. Internationale Fachtagung «Spritzbeton-Technologie» des Instituts für Baustofflehre und Materialprüfung der Universität Innsbruck in Innsbruck-Igls mit über 400 Teilnehmern aus zehn Ländern statt. In 16 Fachvorträgen wurden die einschalige Spritzbetonbauweise, das frühe Verformungsverhalten des Spritzbetons, besondere Spritzbetone (Stahlfaserspritzbeton, Silicafume-Technologie, aluminatbeschleunigter Nassspritzbeton) und Instandsetzungen mit Spritzbeton behandelt.

### Frühes Verformungsverhalten des Spritzbetons

Dipl.-Ing. H. Pöchhacker, Wien, sprach über die «Berücksichtigung des Kriechverhaltens bei einem hohen Auslastungsgrad des jungen Spritzbetons durch druckhaftes Gebirge in tiefliegenden Tunneln am Beispiel des Tauertunnels» mit unterschiedlichem Verformungsverhalten der Stützmittel (Tabelle 1) und vorübergehend achsparallelen Fugen im Spritzbetongewölbe. Er unterscheidet Vortriebs-spritzbeton mit elastischem bis plastischem Verhalten [1] und in ausreichendem Abstand folgend «starren» Auskleidungsspritzbeton (Tabelle 1). Die seither verbesserte Absicherung dieser Erkenntnisse durch Mess- und Rechenverfahren lassen die Weiterentwicklung der Bauverfahren (z. B. nachgiebige Ankerköpfe [2]) für tiefliegende Tunnel (Brenner-Basistunnel) in Spritzbetonbauweise (NATM) erkennen. Danach berichteten Dipl.-Ing. Dr. techn. G. Vavrovsky, Wien, und Dipl.-Ing. Dr. mont. P. Schubert, Salzburg, über die «Beobachtung des Kriechverhaltens von jungem Spritzbeton am Beispiel eines Messquerschnittes im Langener Tunnel». Der Ausbauwiderstand des Spritzbetons ist bei tiefliegenden Tunneln von der plastischen Entspannungsgeschwindigkeit des Gebirges (Schlitzen bei Kriechversagen [2]) abhängig, bei seichtliegenden Tunneln (NBS) mit oft hohen, früh auftretenden Lasten nicht allein von der Spritzbetondicke (Gelenke durch Ankerung) und bei städtischen Tunneln (U-/S-Bahn) mit früh aufgezwungenen Verformungen vom Kriechbruch des jungen Spritzbetons. Es folgte Dipl.-Ing. Dr. techn. R. Pöttler, Innsbruck, mit Ausführungen über «Beanspruchung, Auslastung und Verfor-

mung des jungen Spritzbetons im Tunnelbau». Bei Berücksichtigung des nichtlinearen und zeitabhängigen Verhaltens von Spritzbeton [1, 3] und Gebirge im Ortsbrustbereich wurden der im Spritzbeton vorhandene Teilsicherheitsbeiwert, Beanspruchungsgrad [4] und die Verformungsreserve numerisch bestimmt sowie Grenzen und Gefahren für den jungen Spritzbeton aufgezeigt.

### Schleusensanierung

Dipl.-Ing. W. Rosa, Nürnberg, berichtete über die «Betoninstandsetzung an der Schleuse einer Schiffsstrasse mittels Hochdruckwasserabbruch und Ersatz des abgebrochenen Betons mit Spritzbeton». Der Beton der  $200 \times 12 \times 30$  m grossen Schleusenkammer (Bild 1) war nicht frostbeständig. Die Forderung, den Altbeton auf  $11000 \text{ m}^2$  10 bis 18 cm tief bis hinter die Tragbewehrung ohne die geringsten Kerbungen der Stähle (Bild 3) abzubringen, erzwang den Abbruch mit Hochdruckwasser mittels Orbiter (240 l/Min., 950 bis 980 bar; Bild 2) und Handlanzen (25 l/Min., 2400 bar) für die Nacharbeit, und zwar in 20-cm-Streifen von oben nach unten. Die geforderten besonderen Eigenschaften des Spritzbetons (0/8 bis 0/16, 0/4 mm; B 25, frostbeständig) erreichte man durch betontechnologische Massnahmen sowie den Zusatz von Mikrohohlkugeln (MHK) (40 bis  $60 \mu\text{m}$ ) [5] und einer Latexmodifizierung. Die Eigenschaften des in 9 bis 15 m breiten Lamellen schichtweise [6] eingebauten Spritzbetons ( $55 \text{ N/mm}^2$ ) wurden laufend überprüft und seine Frostbeständigkeit nach Ö-Norm B 3303 und einem Schweizer Schnellverfahren [7]

Tabelle 1. Tragmatrix und Verformungsverhalten der Stützmittel beim Vortrieb tiefliegender Tunnel im Faltengebirge in Spritzbetonbauweise (NATM).

Stadium	Tragmatrix	Stützmittel	Verformungsverhalten
1	Firststollen	Gebirge	fast ideal plastisch
2	Kalotte	Anker	elastisch bis plastisch
3	Ulmen	Bogen	elastisch
2-3		Spritzbeton	elastisch mit rheologischem Verhalten [1]
4	Sohlgewölbe*	Spritzbeton	steif
5	Tragring	Innengewölbe	sehr steif

\* Schlitze schliessen und Spritzbetontragring durch Einbau eines Sohlgewölbes herstellen.



Bild 1, links. Blick in die 200 m lange und 30 m hohe Schleusenkammer vor den Sanierungsarbeiten: Abbruch des nicht frostbeständigen Betons und Ersatz desselben durch Spritzbeton.

Bild 2, Mitte. Betonabbruch mit Hochdruckwasserstrahl.

Bild 3, rechts. Nach dem Betonabbruch (Bild 2) freigelegte Bewehrung der Schleusenkammerwandung (Bild 1).

Tabelle 2. Vergleich von Silicafume (SF) mit Zement (PC) und Flugasche (FA).

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

Tabelle 3. Silicafume-Technologie: Verbessern der Spritzbetoneigenschaften durch Zusatz von Silicafume (SF) oder modifiziertem Silicafume (PP1) zum Trockengemisch (0/8 mm, 350 kg PC).

Eigenschaften	0-Mischung	10% SF	10% PP1
Druckfestigkeit (N/mm <sup>2</sup> ) nach 7/28 d	36/44	45/61	70/98
Wasserleitfähigkeit (g/m <sup>2</sup> ·h)	0,214	0,080	0,027
Porensättigung: kapillar/insgesamt	15/17,2	15,5/16,4	11,6/12,1

an aus dem Bauwerk genommenen Bohrkernen nachgewiesen. Die Baustelleneinrichtung mit zahlreichen Geräten für Hochdruckwasserstrahlen, Spritzbetonarbeiten (SBS-Spritzautomat, TSV; Panda-Hochdruckdüse für Anmachwasser mit Latex-Zugabe) und Nachbehandlung des Spritzbetons sowie Konstruktionen, Rüstungen und Überdachung kosteten über 3 Mio Schweizerfranken.

### Spritzbetontechnologie

Dipl.-Ing. K.-E. v. Eckardstein, Herne, erläuterte «Das Nassspritzverfahren im Dichtstromverfahren mit einem Aluminatbeschleuniger am Beispiel Top-Shot» [8, 9], das einen pumpbaren Beton mit dichtem Gefüge (0/8 bis 0/16 mm, W/Z = 0,50; 4 bis 5% BE flüssig, Turbo-Injektordüse) voraussetzt. Rückprall (i. M. 10%) und Staubeentwicklung sind gering und die Einbauleistung hoch (8 m<sup>3</sup>/h). Ein Einfluss der Zementart ist nicht feststellbar. Mit dem Top-Shot-Verfahren wurden Früh- und Endfestigkeiten auf zahlreichen Tunnelbaustellen zielsicher erreicht und die Wirtschaftlichkeit gegenüber dem Trockenspritzverfahren nachgewiesen. Dipl. Ing. G. Bächli und Dr. G. Bracher, Zürich, brachten Einzelheiten zur «Silicafume-Technologie im Spritzbeton», die sowohl beim Trockenspritz- wie auch beim Nassspritzverfahren angewendet wird [10], mit Zugabe von Silicafume (SF) (Tabelle 2) zusammen mit Hochleistungsverflüssigern oder Kunststoffen. SF wird als Pulver kompaktiert oder polymermodifiziert (PP1) zum Trockengemisch (Sack- oder Siloware) oder flüssig als Suspension (Slurry) mit einer zusätzlichen Zuteilanlage (Dosierpumpe) wenn nötig zusammen mit BE auf der Baustelle zugegeben. Beim Nassspritzverfahren wird SF dem Beton zugesetzt. SF verbessert die Festigkeit, Dichtigkeit, Haftung und Sulfatbeständigkeit, verringert den Rückprall und kann zusammen mit BE verwendet werden. Durch SF kann man den Festigkeitsabfall infolge BE ausgleichen. Eingegangen wurde auf die Entwicklung von vergütetem Silicafume (PP1) (Tabelle 3) und die Qualitätssteigerung durch Polymerzugabe, wie höheres Wasserrückhaltevermögen, bessere Verarbeitbarkeit, grössere Dichtigkeit, bessere Haftung, geringeres Schwinden, grössere Elastizität usw. BG

#### Literatur

- [1] Rokahr, R. B.; Lux, K. H.: Einfluss des rheologischen Verhaltens des Spritzbetons auf den Ausbauwiderstand. «Felsbau» 5(1987) 1, S. 11–18.
- [2] Schubert, P.; Marinko, T.: Vortrieb des Karawankentunnels im tektonisch stark beanspruchten Südbabschnitt. «Felsbau» 7(1989) 2, S. 65–68.
- [3] Pöttler, R.: Kennlinien des jungen Spritzbetons., «Felsbau» 8 (1990) (noch nicht abgedruckt).

- [4] Richtlinie Spritzbeton, Teil 1 – Anwendung. Österr. Betonverein, Wien, 1/1989; vgl. «Zement und Beton» 43 (1989) 3, S. 93–120.
- [5] Sommer, H.: Ein neues Verfahren zur Erzielung der Frost-Tausalz-Beständigkeit des Betons (MHK). «Zement und Beton» 22 (1977) 4, S. 124–129, und 28 (1983) 1, S. 34–36.
- [6] Huber, H.: Reparaturen an Talsperren und Kraftwerksbauten. «Zement und Beton» 28 (1983) 1, S. 19–26.
- [7] Prüfung von Festbeton auf Frost- und Frost-Tausalz-Beständigkeit. «Cementbulletin» 54 (1986) 10, S. 1–7.
- [8] Eckardstein, v. K.-E.: Prinzipien des Nassspritzverfahrens – Beton-technologische Grundlagen. «Tiefbau, Strassenbau, Ingenieurbau» 32 (1990) 1, S. 10–13.
- [9] Brux, G.; Linder, R.; Ruffert, G.: Spritzbeton, Spritzmörtel, Spritzputz – Herstellung, Prüfung und Ausführung. Verlagsges. Rudolf Müller, D-5000 Köln 41.
- [10] Bächli, R.: Zusatzmittel für Spritzbeton und Spritzmörtel. Silicafume im Einsatz bei der Bauwerkssanierung. «Schweizer Baublatt» 100 (1989) 47, S. 30–38.

Der Vortragsband ist zu beziehen vom Institut für Baustofflehre und Materialprüfung der Universität Innsbruck, Technikerstrasse 13, A-6020 Innsbruck.

## Internationale Bodensee-Tiefenvermessung

### Karte im Massstab 1:50000

#### Besprechung von André Lambert

Tiefenmessungen im Bodensee haben Tradition: Bereits in den Jahren 1825/26 lotete der württembergische Vermessungskommissär Major Joseph v. Gasser an 333 Stellen des Bodensees die Tiefe aus; die entsprechenden Profile sind in einer 1826 herausgegebenen Karte des Bodensees eingetragen.

Während diese Leistung noch in den Bereich «Grundlagenforschung» einzureihen war, wurden gezielte Tiefenmessungen schon im letzten Jahrhundert wegen sehr konkreter praktischer Aufgaben zur planerischen Notwendigkeit: So erfolgte die erste projektbezogene bathymetrische Vermessung des Rheindeltas in den Jahren 1863 bis 1865 im Zusammenhang mit dem Vorhaben, die Rheinmündung zu korrigieren. Seit der Vollendung des Fussacher Durchstichs im Jahre 1900, mit dem die Rheinmündung etwa um 8 km nach Osten verlegt wurde, hat man das «neue» Rheindelta in einem jeweils zehnjährlichen Turnus – zuletzt 1989 – hydrographisch vermessen, um auf diese Weise das Wachstum des Geschiebekegels in kurzen Zeitschritten zu verfolgen. Mit dieser wohl einmaligen Vermessungsserie gehört das Rheindelta in bezug auf seine volumetrische Entwicklung (jährlich rund 3 Mio m<sup>3</sup>) zu einem der bestbekanntesten Geschiebekegel.

Mit diesen wiederholten bathymetrischen Aufnahmen wird jeweils im gleichen Zug auch die Topographie in der «östlichen Ecke» des Sees alle zehn Jahre auf den neuesten Stand gebracht. Demgegenüber musste man sich für den übrigen See mit der in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts erstellten Seekarte begnügen, die vom damaligen Eidgenössischen Topographischen Büro gemeinsam mit den badischen Amtsstellen aufgenommen worden war. Sie beruhte auf einem Netz von durchschnittlich 20 Lotungen pro km<sup>2</sup>. Diese Grundlage vermochte jedoch den wachsenden Anforderungen auf die Dauer nicht mehr zu genügen; namentlich für die Beurteilung von Erosionserscheinungen im Flachwasser- und Uferbereich erwies sie sich als zu ungenau. In den Jahren 1983/84 wurde deshalb auf Initiative der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee eine Arbeitsgruppe mit Vertretern aller Anrainer eingesetzt, der die Aufgabe oblag, die Vorgaben, Randbedingungen und Modalitäten einer neuen Tiefenvermessung festzulegen. Die Schweizer Delegation setzte sich aus je