

# Untersuchungen zum Einfluss von in die Schalung eingelegten Vliesmatten auf die Qualität der Betonoberfläche

Autor(en): **Bitterli, K. / Studer, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **104 (1986)**

Heft 13

PDF erstellt am: **10.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76116>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Untersuchungen zum Einfluss von in die Schalung eingelegten Vliesmatten auf die Qualität der Betonoberfläche

Von K. Bitterli, Zürich, und W. Studer, Dübendorf

## Einleitung

Bei der Herstellung der meist stark armierten und schlanken Brückenbrüstungen kann die Lunkerbildung problematisch sein. Da der Beton eine hohe Frost-/Tausalzbeständigkeit aufweisen soll, werden im allgemeinen luftporenbildende Zusätze verwendet. Dadurch wird die bekannte Erscheinung verstärkt, dass sich Luft in grösseren Blasen an der Schalungsoberfläche sammelt, die dann beim Verdichten nur noch teilweise nach oben entweichen können. Insbesondere unter geneigten Konterschaltungen (zum Beispiel New-Jersey-Typ) auf der Fahrbahnseite von Brüstungen entstehen deshalb häufig lunkerreiche Betonoberflächen.

Bei der Lorzentobelbrücke wurde dies zu verhindern versucht, indem Vliesmatten auf die strassenseitigen Brüstungsschalung aufgezogen wurden. Aufgrund von Vorversuchen wurde der Typ Fibertex F-2B gewählt. Damit konnten nahezu lunkerfreie Oberflächen hergestellt werden. Das gesteckte Ziel wurde somit weitgehend erreicht. (Lit. [1]).

Um die Frage abzuklären, ob die Vliesmatten neben dieser positiven nicht auch negative Auswirkungen auf die Oberflächenqualität haben, bestimmte man an Bohrkernen aus der Brüstung die Struktur des Luftporensystems, die Frost-/Tausalzbeständigkeit und die Porosität auf der Vliesseite und ebenso auf der konventionell geschalteten Aussen- seite.

Die Untersuchungen, die am Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion der ETH Zürich (Stereologische Gefügeanalyse) und an der EMPA (technologische Prüfungen) durchgeführt wurden, sind im folgenden kurz beschrieben und kommentiert.

## Betonzusammensetzung, Technologische Prüfung

Der Beton für die Brüstung stammte aus dem Werk der Sand AG in Neuheim. Er enthielt 350 kg/m<sup>3</sup> PC (Sig-

genthal) bei einem angestrebten Wassergehalt von 150 kg/m<sup>3</sup> (WZ = 0,43). Um eine gute Verarbeitbarkeit und eine hohe Frost-/Tausalzbeständigkeit zu erreichen, wurden 1% von PC Barrafluid G 26/11 (Verflüssiger) und 0,2% von PC Barrolin (LP-Mittel) zugegeben.

Der untersuchte Brüstungsabschnitt wurde am 25. Oktober 1984 hergestellt; die Frischbeton-Kontrolle ergab folgende Werte:

Verdichtungsmass (nach Walz) = 1,18  
Luftporengehalt (LP-Topf) = 5,4 Vol-%  
Rohdichte = 2332 kg/m<sup>3</sup>

Am 1. Februar 1985 wurde an je fünf Bohrkernabschnitten (0,55 mm) auf der Oberflächenschicht (d = 5 mm, Vlies) und dem Innenbeton (d = 5 mm), der Gehalt an kapillar füllbaren Poren, die Gesamtporosität und die Trotzenroh-dichte bestimmt.

Aus den Ergebnissen kann einerseits auf die Betonzusammensetzung, anderseits auf die Frostbeständigkeit geschlossen werden:

Bei einem Zementgehalt von 350 kg/m<sup>3</sup> und eine Hydratationsgrad von  $\alpha = 0,7$  (Alter = 129 d) ergibt sich aus dem gemessenen UE = 9,02 Vol-% im Innenbeton ein Wassergehalt des Frischbetons von zirka 130 bis 150 kg/m<sup>3</sup>, was gut mit den angestrebten Werten übereinstimmt.

Beim Luftporengehalt zeigt sich demgegenüber ein grosser Unterschied zwischen Frisch- und Festbeton, lag er doch in den Bohrkernen mit 3,5 Vol-% um zirka 2 Vol-% tiefer als im Luftporen-topf. Dass dieser Unterschied nicht auf «Messfehler» zurückzuführen ist, zeigt sich daraus, dass die Trockenroh-dichte der Bohrkern nur 7 kg/m<sup>3</sup> tiefer liegt als die Frischbetonroh-dichte. Bei gleichem Luftporengehalt müsste der Unterschied aber ungefähr 90 kg/m<sup>3</sup> betragen. Damit wird die Erfahrung bestätigt, dass der Luftporengehalt im Bauwerksbeton unter Umständen erheblich kleiner sein kann als die Werte, die im LP-Topf gemessen werden. Mit dem Vlies hat dies sicher nichts zu tun.

Zwischen Innenbeton und Aussen-schicht zeigt sich eine starke Entmi-

schung sowohl der kapillar füllbaren Poren als auch der Luftporen.

	innen	aussen
kapillar füllbare Poren (Vol-%)	9,02	13,90
Luftporen (Vol-%)	3,54	6,24

Daraus kann abgeleitet werden, dass der Zementsteingehalt in der 5 mm dicken Oberflächenschicht mit zirka 46-Vol% rund anderthalbmal so gross ist wie im Innenbeton (zirka 30 Vol-%). Dies deutet darauf hin, dass der Beton stärker vibriert wurde, als es die Verarbeitbarkeit erfordert hätte, was auch den gemessenen «LP-Verlust» zumindest teilweise erklärt.

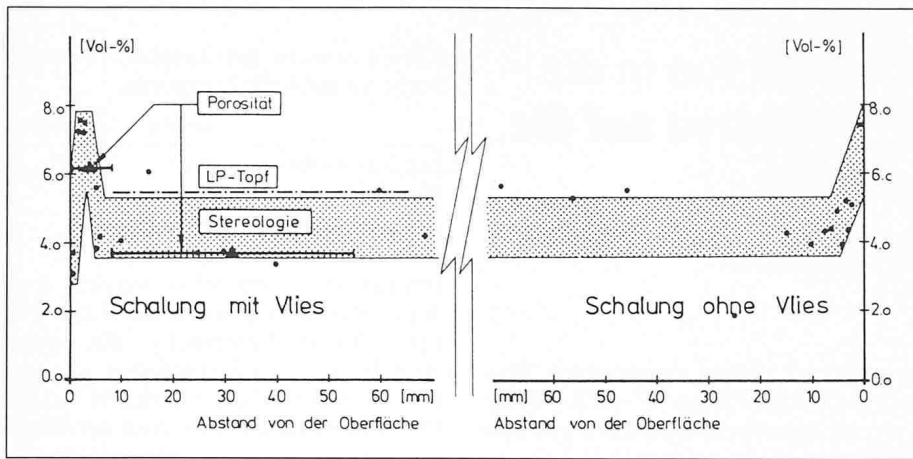
Entgegen der Erwartung hatte diese Übervibration aber keine Verminderung des Luftporengehaltes in der Aussenzone zur Folge, so dass die Frostbeständigkeit von Innenbeton und Aussen-schicht als hoch zu beurteilen ist.

Im Gegensatz zur Porosität wurde die Frost-/Tausalzbeständigkeit auf der Vliesseite und der konventionell geschalteten Brüstungsseite bestimmt. Gemessen wurde die Trockenmasse der Ablösung von der Oberfläche infolge von 30 Frostwechseln (+ 20°C/–12°C/10 Wechsel pro Woche) bei gleichzeitiger Einwirkung von Tausalz (aufstehende 3%-ige Kochsalzlösung).

Die Ablösungsmengen betragen 1 g/m<sup>2</sup> auf der mit Vlies geschalteten respektive 10 g/m<sup>2</sup> auf der konventionell geschalteten Oberfläche. Diese Resultate liegen in beiden Fällen weit unter dem Richtwert für hohe Frost-Tausalzbeständigkeit:  $\Delta m_{30} \leq 600$  g/m<sup>2</sup>. Die Ergebnisse stimmen also mit der Beurteilung aufgrund der Porositätsmessung überein.

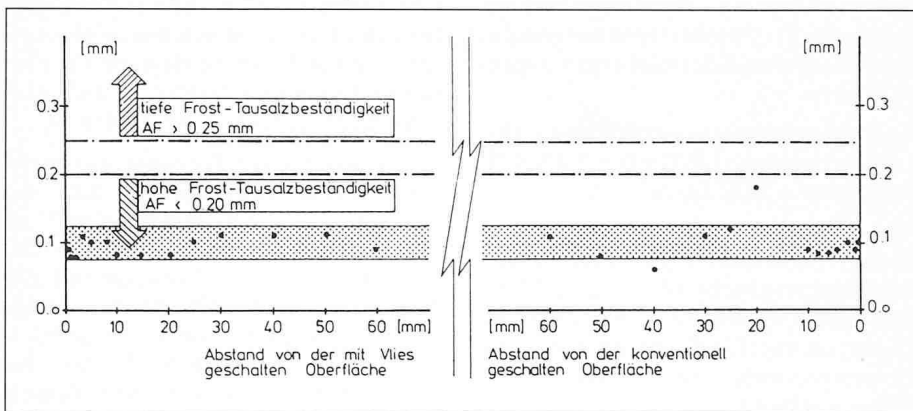
## Stereologische Untersuchungen

Für die stereologische Gefügeuntersuchungen wurden zwei Bohrkern  $\varnothing$  50 mm aus der oberen Hälfte der Brüstungen herausgebohrt. Diese wurden mit zwei Längsschnitten weiter aufgeteilt. Die ebenen Schnittflächen wurden anschliessend mit SiC-Pulver grob- und feingeschliffen (SiC: Körnung 0,028 bis 0,046 mm und 0,014 bis 0,022 mm), im Ultraschall gereinigt und mit Diamantpaste auf einer Bleiläppscheibe poliert. Die auf diese Weise präparierten Betonschliffe (zwei von Brüstungen mit Vlies sowie als Vergleich einer von der gegenüberliegenden Seite, das heisst mit konventionell geschalteter Oberfläche) wurden anschliessend ohne weitere Nachbehand-



Luftporengehalt in Funktion des Abstandes von der Oberfläche. Vergleich der Ergebnisse aus Frischbetonkontrolle, mikroskopischer und technologischer Untersuchungen

Abstandsfaktoren in Funktion des Abstandes von der Oberfläche. Berechnet nach Modell 2. Zementsteingehalt aus technologischer Untersuchung



lung mikroskopisch analysiert, dass heisst die Luftporenanschnitte ausgezählt, deren Durchmesser bestimmt und daraus nach stereologischen Regeln Luftporengehalt und Abstandsfaktoren in Funktion des Oberflächenabstandes berechnet. Der Abstandsfaktor, der als Masszahl für die Güte des Luftporensystems gilt, entspricht dem grösstmöglichen Abstand eines Punktes in einem idealisierten Zementsteinmodell von der nächstliegenden Pore. Dabei wird angenommen, dass alle Poren gleich gross, kugelförmig und in einem

kubischen Gitter im Zementstein angeordnet sind. Die Verteilung der Zuschlagstoffe wird dabei vernachlässigt. Die für die Berechnung der Abstandsfaktoren massgebenden Zementsteingehalte wurden in der technologischen Prüfung experimentell bestimmt.

Auf der konventionell geschalteten Seite konnte festgestellt werden, dass der Luftporengehalt gegen innen von zirka 6 bis 8 Vol-% am Rand auf zirka 4,2 Vol-% kontinuierlich abnimmt und dann im Innern auf diesem Wert konstant bleibt. Auf der Vliesseite beträgt der Luftporengehalt in der unmittelbaren Randzone (0 bis 1 mm) zirka 6 Vol-%, steigt dann bei 2 bis 3 mm Schalungsabstand auf zirka 8 Vol-% und pegelt sich schliesslich mit zunehmender Tiefe ebenfalls bei zirka 4,2 Vol-% ein.

Diese Werte stimmen recht gut mit den Resultaten der Porositätsmessungen überein, bestätigen also, dass der LP-Gehalt im Bauwerksbeton kleiner ist, als im LP-Topf gemessen wurde.

Für die Berechnung der Abstandsfaktoren wurde angenommen dass der Zementsteingehalt von 46 Vol-% unmittelbar unter der Oberfläche linear auf 30 Vol-% in 10 mm Tiefe abnehme und im

Innern auf diesem Wert konstant bleibe. Im Bild ist der Verlauf der Abstandsfaktoren in Abhängigkeit vom Oberflächenabstand dargestellt. Sie betragen sowohl auf der konventionell geschalteten wie auch auf der mit Vlies geschalteten Seite zirka 0,1 mm. Vergleicht man diese Resultate mit Richtwerten (hohe Frostbeständigkeit:  $AF \leq 0,2$  mm), so kann der Beton auch nach diesem Kriterium auf beiden Seiten als frost- respektive frost-/Tausalzbeständig beurteilt werden.

**Kommentar**

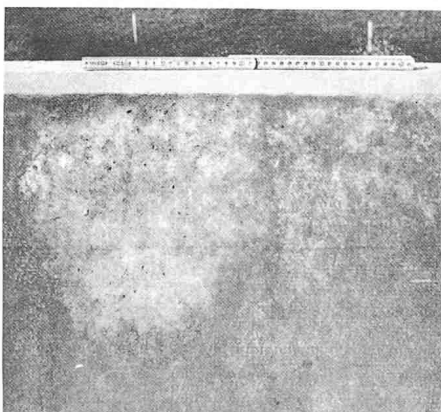
Aufgrund der Untersuchungsergebnisse kann festgestellt werden, dass das Einlegen der Vliesmatten in der Schalung die Beständigkeit der Betonaussenschicht günstig beeinflusste.

Allerdings kann diese Aussage nicht allgemein auf diese Methode übertragen werden, sondern muss, unter anderem wegen der geringen Probenmenge, vorerst auf den untersuchten Bereich der Brüstungen an der Lorzentobelbrücke beschränkt bleiben. Für weitergehende Folgerungen wären umfangreiche Untersuchungen notwendig. So müsste, um nur ein Beispiel zu nennen, abgeklärt werden, ob die festgestellte Verfeinerung der Luftporen (mittlerer Durchmesser zirka 0,09 mm) und der erhöhte Gehalt an Feinanteilen in der unmittelbaren Randzone auf der Vliesseite tatsächlich auf die Einwirkung des Vlieses zurückzuführen sind, oder nur eine zufällige Erscheinung in den untersuchten Schnitten darstellt.

Der Versuch auf der Lorzentobelbrücke zeigt jedoch, dass mit eingelegten Vliesmatten die unerwünschte Lunkerbildung an den Brüstungssinnenseiten weitgehend verhindert werden kann, ohne dass die Beständigkeit der Betonfläche darunter leiden muss. Die Methode ist aber insbesondere in der praktischen Anwendung heikel, wie verschiedene Stellen an den Brüstungen beweisen (Bild). Jedenfalls müssen die Eigenschaften des verwendeten Vlieses auf die Betoneigenschaften und die Verarbeitung abgestimmt sein. Hier die richtige Wahl treffen zu können, erfordert mit Sicherheit immer Vorversuche im Massstab 1:1.

Abschliessend sei noch die Bemerkung erlaubt, dass Lunker praktisch nie die Ursache von Frostschäden waren. Aus dieser Sicht scheint es deshalb nicht notwendig zu sein, einen grossen Aufwand zu deren Verhinderung zu treiben. Hingegen hängt die Frost-/Tausalzbeständigkeit massgeblich von der Sorgfalt und Fachkenntnis ab, mit wel-

Auch bei sorgfältiger Arbeitsweise kann die günstige Wirkung des Vlieses stellenweise ausbleiben



cher der Beton eingebracht, verdichtet und nachbehandelt wird. Es wäre darum auch verhängnisvoll, im alleinigen Vertrauen auf das Vlies diesbezüglich Abstriche zu machen.

Adressen der Verfasser: K. Bitterli, dipl. Ing. ETH, Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich; W. Studer, dipl. Ing. ETH, Abteilung Beton, Bindemittel, EMPA, 8600 Dübendorf.

**Hauptabmessungen**

Länge	568 m
Spannweiten	77/138/138/138/77 m
Breite	11,33 m
Längsgefälle	4,35%

**Hauptkubaturen**

Aushub	27 000 m <sup>3</sup>
Transporte	27 000 m <sup>3</sup>
Beton	12 000 m <sup>3</sup>
Schalung	31 000 m <sup>2</sup>
Armierung	1100 t
Vorspannung	210 t

**Literatur**

B. Müller: Verhinderung von Lunkerbildung bei Brückenbrüstungen, SIA 48/84, 22. November 1984, Zürich  
 A. Weber: «Die Brücken über Sihl, Reuss und Lorze im Zugerland»; Zuger Neujahrsblatt 1897  
 Ph. Etter: «Die bessere Verbindung zwischen Berg und Tal»; Festschrift zur Eröffnung der Elektrischen Strassenbahnen im Kanton Zug 1913  
 B. Rickli: «Zur Entstehung der Lorzentobelbrücke», 7. April 1979  
 Dr. von Moos AG: «Geotechnische Berichte Nr. 1625/1-11» 1976 bis 1983

**Am Bau beteiligte Unternehmungen**

Bauherrschaft	Kanton Zug, Baudirektion
Oberbauleitung	Tiefbauamt des Kantons Zug
Projektverfasser und Bauleitung	Ingenieurgemeinschaft Emch + Berger Zug AG E. Moos Ingenieurbüro AG Ingenieurbüro J. Schelbert AG
Geotechnik	Dr. von Moos AG, Zürich
Prüfingenieur	H. Rigendinger, Chur Mitarbeiter W. Maag
Polygonvermessung	E. Knecht, Baar

Kontrollvermessung	A. Gerritsma, Cham
Hauptunternehmer:	ARGE Lorzentobelbrücke
Baumeisterarbeiten	Peikert Bau AG, Zug Spaltenstein AG, Zürich Birrerr Bau AG, Walchwil
Subunternehmer:	
Erdarbeiten	Kibag, Zug
Freivorbaugerüst	Ingenieurbüro Spötl + Wasem AG, Wetzikon
Vorspannung	Freyssinet SA, Zürich
Brückenentwässerung	Rowatec AG, Volketswil

Übrige Arbeiten:	ARGE
Isolation, Belag und Abschlüsse	Cellere AG, Rotkreuz Aeschlimann AG, Zofingen Stammbach AG, Zürich
Brückenlager	H. Stöcklin AG, Stäfa
Fahrbahnübergang	Mageba SA, Bülach
Werkleistungssteg	Furrer + Frey, Bern
Elektroinstallationen	Elektrophon AG, Oberägeri
Brüstungsbeschichtung	Korsan AG, Luzern
Leitschranken und Geländer	Gysi AG, Baar
Frostwamanlage	Boschung AG, Schmitten

**Geologische Karte der Nagra**

Karte mit Erläuterungsband (NTB 84-25), zahlreiche Abbildungen, ausführliche Erläuterung von Fachbegriffen, 250 S., Fr. 50.-.

Die Nagra hat in der Reihe ihrer technischen Berichte eine neue geologische Karte der zentralen Nordschweiz mit dazugehörigen Erläuterungen veröffentlicht. Die Karte wird von der Nagra in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Geologischen Kommission herausgegeben.

Auf der Karte im Massstab 1:100 000 sind neben der zentralen Nordschweiz auch die angrenzenden Gebiete von Baden-Württemberg dargestellt. Das Blatt vermittelt erstmals ein umfassendes und einheitliches Bild jenes Gebietes, in welchem gegenwärtig Untersuchungen im Hinblick auf die Endlagerung stark radioaktiver Abfälle stattfinden. Als Grundlage haben rund 350 veröffentlichte und unveröffentlichte Einzelkarten gedient.

Der 250seitige Erläuterungsband gibt einen Überblick über die auftretenden Gesteine,

über deren Entstehungsgeschichte sowie über die Bewegungen im Untergrund. Im Bericht ist der Kenntnisstand vom Juni 1984 wiedergegeben. Insbesondere berücksichtigt er die Ergebnisse der ersten fünf Tiefbohrungen der Nagra in der Nordschweiz. Ebenso haben Resultate von reflexionsseismischen Messungen, welche von der Nagra zusammen mit der Schweizerischen Geophysikalischen Kommission durchgeführt worden waren, Eingang in die Darstellung gefunden. Dank der ausführlichen Erläuterung von Fachbegriffen ist das Werk auch für Nichtgeologen verständlich.

Das Buch mit der Karte kann bezogen werden bei: Nagra, Parkstrasse 23, 5401 Baden.

Schematisches Blockbild des Gebietes, von welchem die neue Karte herausgegeben wurde

