

Kolloquium 2005

Forschung &
Entwicklung
für Zement und
Beton



Kurzfassungen
der Beiträge



BETON
ZEMENT



Ausgabe 15.11.2005

Die Unterstützungsmöglichkeiten der FFG beim Aufbau europäischer Kooperationen

Dr. Kurt Burtscher, FFG - Austrian Research Promotion Agency, Wien

Wettbewerb LEICHTBETON Preisverleihung

DI Florian Petscharnig, Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke GmbH, Klagenfurt

BETONTECHNOLOGIE / VERFAHREN

Betonkühlung mit „Schnee“ - neueste Entwicklungen

Prof. Joachim Paul, Department of Mechanical Engineering MEK Technical University of Denmark, Lyngby (Dänemark)

(liegt noch
nicht vor)

Weiche Betone für schwierige Einbaubedingungen

DI Alfred Hünigsberg, ÖBB Bau AG, Wien

Mehlkornoptimierung zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit weicher Betone

Univ.-Doz. DI Dr. Peter Nischer, Forschungsinstitut der VÖZ, Wien

Neue Messmethode für die Kornanalyse – Flow Particle Image Analyzer (FPIA)

DI Dr. Jürgen Macht, Forschungsinstitut der VÖZ, Wien

Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten verschiedener Spritzbetonzusammensetzungen unter Temperaturbeanspruchung

DI Ulrich Puz, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Universität für Bodenkultur, Wien

Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Beton anhand der Permeabilität

Ass.-Prof. DI Dr. Peter Paulini, DI Fachri Nasution, Institut für Betonbau, Baustoffe und Bauphysik, Universität Innsbruck

NEUE BINDEMittel / ZUSATZMITTEL

Variocem® - ein innovatives Zementkonzept

Dr. Franz Koubowetz, SPZ Zementwerk Eiberg, Kufstein

DI Dr. Dietmar Thomaseth, Institut für Betonbau, Baustoffe und Bauphysik, Universität Innsbruck

Flexremo – Ein Spezialzement für Self-Compacting Concrete

DI Martin Keller, Holcim (Schweiz) AG, Zürich (Schweiz)

Mikromechanische Ansätze für die gebrauchorientierte Optimierung zementhaltiger Werkstoffe

Univ.-Doz. DI Dr. Roman Lackner, Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen, Techn. Universität Wien

Neue Zusatzmittel für Betonwaren

Ing. Markus Kroneder, Degussa Construction Chemicals Austria GmbH, Krieglach

(liegt noch
nicht vor)

ENTWICKLUNGEN / BAUPRAXIS

Die Systemlösung bei der „mobilen“ Betonerzeugung

Ing. Gerhard Gschwandtner, SBM Wageneder Ges.m.b.H, Laakirchen

Prok. Horst Wiener, Austromobil Baustoffproduktions GmbH&CoKG, Ohlsdorf

TAB-SLAB - Flachdecken aus Stahlfaserbeton

DI Jürgen Mandl, Trefilarbed Bissen S.A. (Luxemburg)

Dünne Beschichtungen aus Hochleistungsbeton für die Sanierung von Industrieböden

DI Dr. Andrej Zajc, DI Dr. Jakob Sustersic, ID Iztok Leskovar, IRMA, Ljubljana (Slowenien)

(liegt noch
nicht vor)

Untersuchungen von Innen- und Außenputzen auf magnesiagebundenen Holzwoleplatten für ein modulares Wandsystem in Mantelbetonausführung

DI Dr. Andrea Kirschner, Institut für Gesteinshüttenkunde, Montanuniversität Leoben

Werksgefertigte Fassadenelemente aus selbstnivellierendem Hochleistungsbeton

Dr. Rudolf Röck, DI (FH) Thomas Ostheimer, Zementwerk Schretter & Cie, Vils

Stabilisierung tagesnaher Grubenbaue im Standwasser mit Schwarzl Stollen-SSM

Franz Podhraski, K. Schwarzl BetriebsgesmbH, Unterpremstätten

Helle Betondecken auch bei dunklem Gestein - Erhöhung der Sicherheit

DI Stefan Krispel, Forschungsinstitut der VÖZ, Wien

Betonfahrbahnen auf Brücken und Kunstbauten - neue Lösungsansätze

OBR DI Franz Brandauer, Salzbg. Landesregierung, Abt. Brückenbau, Salzburg

Dr. Horst Seiser, Toro, Wien



INNOVATION RELAY CENTRE AUSTRIA

IHR ZUGANG ZU INTERNATIONALEN TECHNOLOGIEKOOPERATIONEN



EU-RAHMENPROGRAMM FÜR FORSCHUNG, TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNG UND DEMONSTRATION
RESEARCH AND INNOVATION

ZIELE

Die Innovation Relay Centres (IRC) unterstützen Unternehmen und F&E Einrichtungen bei der Suche und Verwertung von innovativen Technologien und F&E Ergebnissen in Europa.

Hauptaufgabe ist es, Kontakte zwischen in- und ausländischen Unternehmen in Hinblick auf Produktions-, Vertriebs-, Lizenzabkommen sowie Forschungsk Kooperationen herzustellen.



Das IRC ist ein in 33 europäischen Staaten agierendes Netzwerk von 230 Technologiebüros, das von der EU Kommission koordiniert wird. Das IRC ist das größte Technologietransfer Netzwerk der Welt und betreut in Europa ca. **100 000** Unternehmen und F&E Einrichtungen.

DAS LEISTUNGSSPEKTRUM DER ÖSTERREICHISCHEN IRC BÜROS

- Europaweite Vermarktung von österreichischen Innovationen
- Europaweite Suche nach den besten technologischen Lösungen
- Internet Datenbank mit 5000 technologischen Innovationen
- Newsletter - wöchentlich die neuesten Innovationen aus Europa
- Technologie- und Innovationsaudits

IHRE VORTEILE

- Zugang zu internationalen Märkten
- Zugang zu Technologien die in Österreich nicht verfügbar sind
- Effiziente Vermittlung von Kontakten zu ausländischen Firmen
- Keine Kosten, da Förderung durch EU, Ministerien und WKO

DAS IRC IN ZAHLEN (2004)

ÖSTERREICH

- 500 Kontakte für Ö Firmen
- 120 laufende Verhandlungen
- 28 internationale Hightech Kooperationen

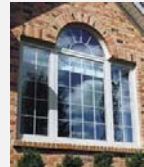
EUROPA

- 33 Länder
- 5000 Innovationen
- 100 000 Kunden

Success Stories



FUTTERMITTELZUSATZ
Belgien



ISOLIERGLAS
Bulgarien



DIAMANTBESCHICHTUNG
England



Click for Crash-test movie!



BETONFERTIGTEILE
Belgien



PARKEN MIT HANDY
Irland

Details: www.IRCA.at

ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSFÖRDERUNGSGESELLSCHAFT
Bereich für Europäische und Internationale Programme (EIP)

Donau-City-Straße 1, 1220 Wien • Tel.: +43 - (0)5 - 7755-0 Fax: +43 - (0)5 - 7755-94011 • E-mail: eip@ffg.at



FFG

www.ffg.at

EXPORT - Österreichische Leitschienen machen belgische Autobahnen sicherer



Aluminium Leitschienen waren in der Vergangenheit schon öfters Auslöser für schwere Unfälle auf Österreichs Straßen. Da die ALU Leitschienen mit zunehmendem Alter immer spröder werden, brechen diese bei starkem Aufprall und können in die Fahrzeuge eindringen.

Dieses bekannte Problem konnte die Niederösterreichische Firma Delta Bloc GmbH in Wöllersdorf (NÖ) durch die neuartige Entwicklung von Leitschienen lösen. Die innovativen Verbindungselemente der Beton Fertigteile geben beim Aufprall nach und absorbieren so einen Teil der Bewegungsenergie.

Die Firma MABA hatte großes Interesse ihre patentierte Entwicklung auf dem europäischen Markt zu lizenzieren. Zu diesem Zweck wurde von MABA ein Technologieprofil in weniger als 4 Stunden erstellt. Über die 230 IRC Auslandsbüros wurde dieses Profil an Unternehmen aus der Beton Erzeugerbranche in ganz Europa weitergeleitet.

Ein belgischer Produzent von Betonfertigteilen zeigte großes Interesse an dieser innovativen österreichischen Technologie. Nach diversen Gesprächen und einem Firmenbesuch in Wöllersdorf wurde zwischen beiden Firmen eine Exklusivlizenz für die Produktion dieser Betonteile in Belgien abgeschlossen.

Ein belgischer Produzent von Betonfertigteilen zeigte großes Interesse an dieser innovativen österreichischen Technologie. Nach diversen Gesprächen und einem Firmenbesuch in Wöllersdorf wurde zwischen beiden Firmen eine Exklusivlizenz für die Produktion dieser Betonteile in Belgien abgeschlossen.

Firma MABA: "Anfangs waren wir skeptisch, dass uns das IRC neue Interessenten bringen könnte, da wir bereits eine größere Zahl an Kontakten mit ausländischen Firmen hatten.

Auf der anderen Seite, vier Stunden für das Erstellen eines Technologieprofils ist nicht wirklich viel Zeit, verglichen mit den mühsamen Eigenrecherchen. Als dann die FFG den Kontakt zu einem der größten Betonhersteller in Belgien hergestellt hatte, waren wir wirklich positiv überrascht."

IMPORT - Auch Kochtöpfe benötigen hin und wieder Innovationen



Die Firma Riess GmbH & Co KG, seit Jahrzehnten bekannter Hersteller von Emailgeschirr, stand vor der Herausforderung, ihre Produkte modernen Herdgenerationen anzupassen.

Im Vergleich zu alten Herdtypen erreichen moderne Kochfelder innerhalb von Sekunden Temperaturen von 300 Grad Celsius, wodurch die Oberfläche des Emailgeschirrs enormen Hitzespannungen (Rissbildung) ausgesetzt ist. Die Firma Riess konnte in Österreich keinen adäquaten Forschungspartner zur Lösung dieser Problematik finden.

In einem persönlichen Gespräch wurde ein Technologie Suchprofil erstellt und in Europa verbreitet. Innerhalb von einem Monat konnten der Firma Riess 9 konkrete Lösungsvorschläge unterbreitet werden. Nach einer technischen Bewertung hat sich die Firma Riess für eine Zusammenarbeit mit dem hoch spezialisierten Labor des FGK - Institut für anorganische Werkstoffe - Glas/Keramik in Hessen (BRD) entschieden.

Innerhalb weniger Monate wurde die Zusammensetzung der Emailschemelze und das Beschichtungsverfahren so modifiziert, dass die Emaillierung jetzt diesen hohen Temperaturen standhält.

Firma Riess: "Das Institut für anorganische Werkstoffe - Glas/Keramik verfügt über modernste Laboreinrichtungen und exzellentes Forschungspersonal. Dadurch ersparen wir uns Investitionen in teure Laboreinrichtungen und die Materialprüfungen konnten schneller und effizienter abgewickelt werden."

KONTAKT

FFG Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
Bereich für Europäische und Internationale Programme
A-1220 Wien, Donau-City-Strasse 1
Dr. Kurt Burtscher
Tel: 05 / 7755 – 4701 email: Kurt.Burtscher@ffg.at
www.IRCA.at

Diese Initiative wird von der Europäischen Kommission ko-finanziert.



FFG

www.ffg.at

Wettbewerb Leichtbeton

„Heimischer Zement für optimale Lösungen“

Eine Preisverleihung im Rahmen des Kolloquiums Forschung und Entwicklung für Zement und Beton ist zwar neu aber durchaus passend. Durch Wettbewerbe wird die Bereitschaft Ungewöhnliches zu versuchen angeregt, und das wiederum ist eine Voraussetzung für Entwicklung.

Zielsetzung

Um also einen Beitrag beim Forschungskolloquium 2005 präsentieren zu können, aber auch um einen Schritt zur Anwendung von Leichtbeton mit heimischen Zementen zu initiieren, haben wir diesen Bewerb ausgeschrieben. Einerseits wurden Prüfinstitute, Beton- und Transportbetonwerke direkt informiert, andererseits wurde unter www.wup.at die Ausschreibung öffentlich zugänglich gemacht.

Zielsetzung war die Herstellung eines leistungsfähigen Leichtbeton unter frei zu wählenden Bedingungen, also Gesteinskörnung (reine Leichtgesteinskörnung oder Mischungen), Bindemittel, Zusatzmittel und Zusatzstoffe. Die Leistungsfähigkeit kann natürlich unterschiedlich bewertet werden. Wir haben als erreichbares Optimum den Quotienten aus Rohdichte zum Zeitpunkt der Prüfung und erreichter Druckfestigkeit am Würfel mit 15 cm Kantenlänge definiert.

Ermittlung der Ergebnisse

Der Bewerb wurde am 28.Mai 2005 ausgeschrieben, wobei die Würfelserien bis 27.10.2005 im Labor Wietersdorf abgegeben werden konnten. Am 27.10.2005 wurden **18 Würfelserien** unter Aufsicht vermessen und geprüft.

Für die Ermittlung der Druckfestigkeit wurde eine Prüfpresse der Fa.Form + Test, Alpha 3-3000 S Baujahr 2004 mit einer Höchstlast von 3000 KN verwendet.

In der Tabelle 1 sind die erfassten Daten von Rohdichte und Druckfestigkeit zum Prüftermin dargestellt.

Tabelle 1: Ergebnisse der Leichtbetonprüfung

Zur Bewertung der Ergebnisse wurde die Leistungsfähigkeit, also der Quotient aus Rohdichte zum Prüftermin und ermittelter Druckfestigkeit errechnet. Die dabei erreichten Kennzahlen sind, bezeichnet als Leistungsfaktor, ebenfalls in der Tabelle 1 angeführt.

Leichtbetonvarianten

In der Ausschreibung wurde festgelegt, dass die gewählte Leichtgesteinskörnung, die Zementart und der Zementgehalt bekannt zugeben sind. Von einigen Teilnehmern wurden einige zusätzliche Informationen zur Verfügung gestellt.

Bei den Leichtgesteinskörnungen wurden folgende Stoffe angewendet:

Blähton in unterschiedlicher Körnung und Festigkeitsklasse der Firma Liapor
Blähglas der Firmen Poraver und Liaver

Kandstone der Firmen Kandussi und Betontechnik EPS-Regenerat in unterschiedlicher Körnung

Bei den Bindemitteln wurden aufgrund der regionalen Zuordnung vor allem unsere Zement mit den neuen Namensbezeichnungen verwendet. Alle Festigkeitsklassen, aber auch viele unterschiedliche Zusatzstoffe konnten wir registrieren. Aufgrund der doch eher hohen Zementmengen wurde in einigen Fällen C₃A-freier Zement verwendet, um so die Wärmeentwicklung gering zu halten.

CEM III/B 32,5 N als Mischung mit CEM I 52,5 R
CEM II/A-S 42,5 R
Alpen Zement CEM II/A-S 42,5 R
CEM I 52,5 N
Glockner Zement CEM I 52,5 R
CEM I 32,5 R C₃A frei
Dolomiten Zement CEM I 42,5 R C₃A frei

Als Zusatzstoff wurde in einigen Serien Microsilica verwendet, in einer Rezeptur auch Flugasche.

In vielen Serien wurden zur Wassereinsparung hochwirksame Fließmittel der neuen Generation eingesetzt, in einer Serie wird auf die Verwendung von Verzögerer hingewiesen. Erfolgreich angewendet wurden in drei Serien Stahlfasern.

Einige Details

Wie in der Tabelle 2 dargestellt liegen die Rohdichten aller eingereichten Probeserien im Bereich zwischen 986 kg/m³ und 1998 kg/m³, im Mittel aller Werte bei 1630 kg/m³.

Tabelle 2: Bandbreite der Eigenschaften

Die Druckfestigkeiten schwanken zwischen 4,7 N/mm² und 107,3 N/mm², wobei dieser Mittelwert bei 47,9 N/mm² beträgt. Mit einem Leistungsfaktor von 69,75 liegt man also bereits im Mittelfeld aller Ergebnisse.

Der Zementgehalt schwankt zwischen 380 kg/m³ und 830 kg/m³ und liegt im Mittel aller 18 Serien bei 506 kg/m³.

Die Herstellung einer Korrelation von Rohdichte und Druckfestigkeit (Bild 1) ist zwar aufgrund der unterschiedlichen Ausgangsstoffe nicht zulässig, zeigt aber doch eine Abhängigkeit.

Bild 1: Korrelation Rohdichte zu Druckfestigkeit

Während die lineare Regression nur ein R² von 0,64 ergibt, kann die exponentiale Abhängigkeit mit R² = 0,80 bei derart vielen Einflussfaktoren als durchaus gut bezeichnet werden.

Aus der Darstellung der Leistungsfaktoren im Bezug zur Rohdichte in Bild 2 erkennt man, dass bei etwa gleicher Zuverlässigkeit in der linearen und exponentiellen Regression eine Bevorzugung der höheren Rohdichten vorliegt.

Bild 2: Korrelation Rohdichte zum Leistungsfaktor

Erwähnen möchte ich, dass an der Universität Pretoria ein ähnlicher Wettbewerb für Studenten ausgeschrieben wurde, wobei dort die Trockenrohddichte höher bewertet, und daher die Leistungsfähigkeit aus dem Quadrat der Trockenrohddichte und der Druckfestigkeit errechnet wurde. Auch unter den dort gewählten Bedingungen ergibt sich die gleiche Reihung. Für eine deutliche Bevorzugung der niedrigen Rohdichten müsste also eine andere Formel für den Leistungsfaktor festgelegt werden.

Preisverleihung

Die Verleihung der Preise wird vom Verkaufsleiter der Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke GmbH Prok. Ing. Josef Stabentheiner vorgenommen. Die Gewinner wurden zum Kolloquium nach Wien eingeladen und können nun ihre Preise entgegennehmen, und zwar:

Tabelle 3: Gewinner des Wettbewerbes Leichtbeton

Wir gratulieren den Gewinnern, bedanken uns auch bei allen weiteren Teilnehmern an diesem Wettbewerb, und hoffen, dass bei zukünftigen, vielleicht doch größeren Herausforderungen, noch mehr Zuspruch erreicht werden kann.

DI Florian Petscharnig
Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke
Abteilungsleiter Technisches Marketing

Tabelle 1: Ergebnisse der Leichtbetonprüfung

Bezeichnung	Rohdichte (kg/m ³)	Druckfestigkeit (N/mm ²)	Leistungsfaktor
1	1711	24,6	69,44
2	1046	12,3	85,07
3	1590	36,8	43,17
4	1962	45,8	42,84
5	1724	21,4	80,58
6	1426	18,2	78,33
7	986	4,7	211,22
8	1916	90,0	21,30
9	1793	88,4	20,27
10	1421	17,2	82,45
11	1320	15,3	86,25
12	1496	45,7	32,72
13	1554	28,5	54,60
14	1725	36,4	47,44
15	1998	107,3	18,62
16	1906	87,3	21,85
17	1984	100,1	19,82
18	1789	78,4	22,82

Tabelle 2: Bandbreite der Eigenschaften

Eigenschaften	Minimum	Maximum	Mittelwert
Rohdichte (kg/m ³)	986	1998	1630
Druckfestigkeit (N/mm ²)	4,7	107,3	47,9
Zementgehalt (kg/m ³)	380	830	506

Tabelle 3: Gewinner des Wettbewerbes Leichtbeton

Rang	Leistungsfaktor	Gewinner
1	18,62	FH Technikum Kärnten Serie 1
2	19,82	FH Technikum Kärnten Serie 3
3	20,27	Lias Österreich GmbH
4	21,30	Lafarge Perlmooser
5	21,85	FH Technikum Kärnten Serie 2

Bild 1: Korrelation Rohdichte zu Druckfestigkeit

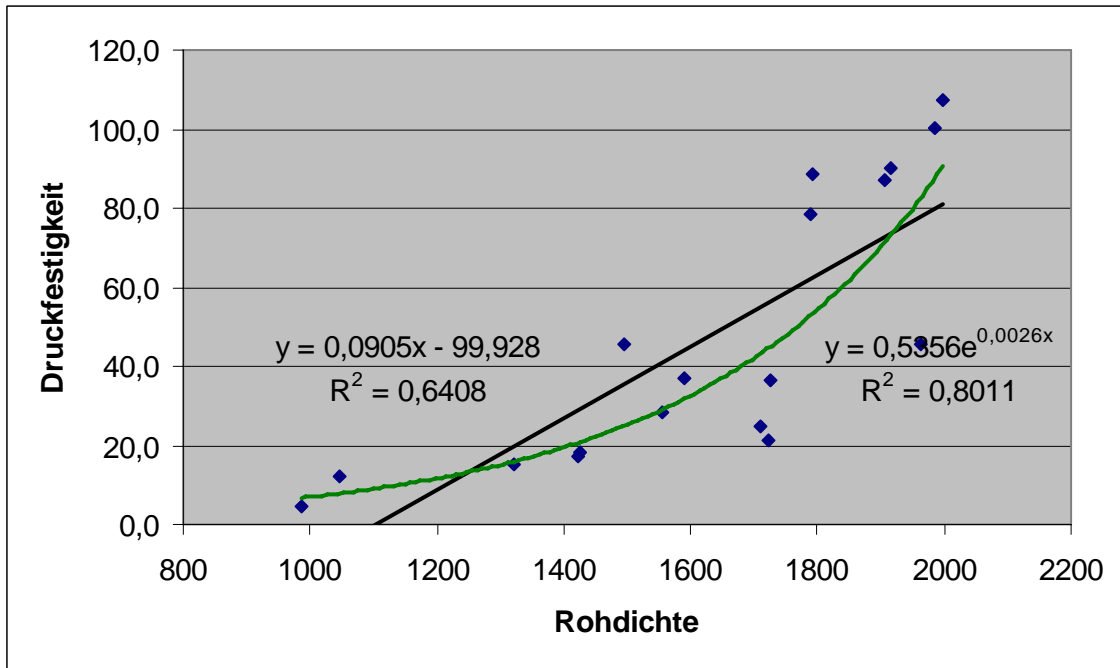
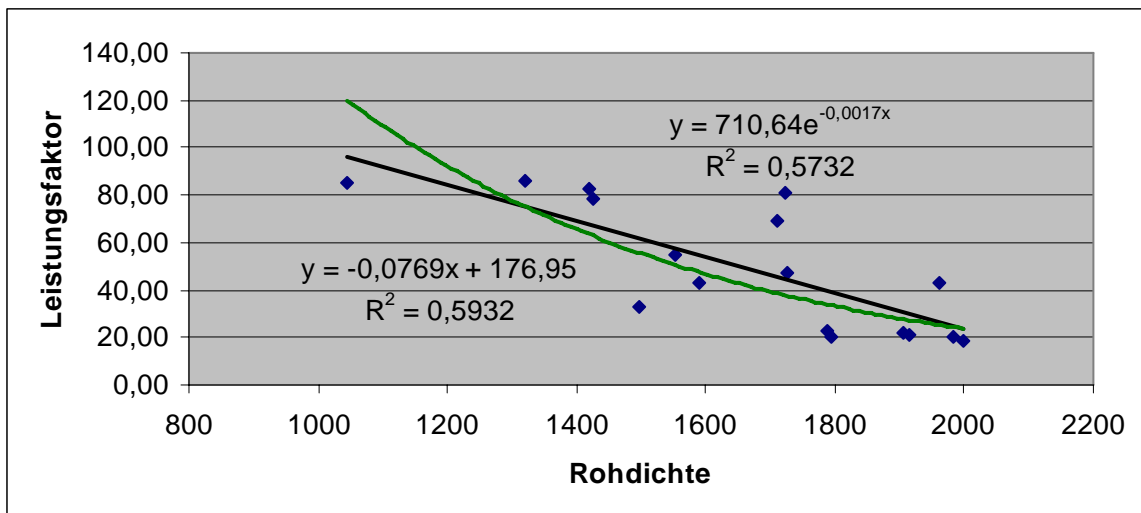


Bild 2: Korrelation Rohdichte zum Leistungsfaktor



Weiche Betone für schwierige Einaubedingungen

Die ÖVBB-Richtlinie „Bohrpfähle“ ist im März 2005 erschienen. Durch ihre Anwendung sind weitestgehend auch bei schwierigen Eingangsparametern stabile Betone zu erwarten.

Tab. 4/1 der Richtlinie Bohrpfähle: Anforderung an Betone für Betonstandard BS-PF1 und BS-PF2

Kurzbezeichnung	BS-PF1	BS-PF2
Expositionsklasse abgedeckt	XC3, XF1, XD2, XAIL, UB2	XC3
Betonsortenkurzbezeichnung abgedeckt	B11	B8, B9
Sieblinie	lt. Abb. 4/1	lt. Abb. 4/1
Sieblinienklasse der Gesteinskörnungen	SK1	SK2
Gesamtwassergehalt (Zielwert bei der Erstprüfung)	max. 185 l/m ³	max. 200 l/m ³
Maximaler W/B-Wert bei der Ausführung	0,55	0,60
Bluten des Zements	WA 15	
Bluten des Bindemittels	WA 15	
Mahlfeinheit des Zementes (Blainewert)	mind. 3800 cm ² /g	
Mindestbindemitteldosierung gemäß ÖNORM B 4710-1 für GK22 und GK32	375 kg/m ³	375 kg/m ³ UB2 (B9), 350 kg/m ³ UB1 (B8)
Mehlkorngehalt (≤ 0,125 mm) bei GK22 bei GK32	≥ 460 kg/m ³ ≥ 450 kg/m ³	≥ 440 kg/m ³ ≥ 430 kg/m ³
Konsistenz (Ausbreitmaß) mindestens	F59	
Bluten ¹⁾ (BL) gemäß ÖNORM B 3303	≤ 7 l/m ³	≤ 10 l/m ³
Frischbetontemperatur vor dem Einbau	gemäß ÖNORM B 4710-1	
Druckfestigkeitsklasse	Beurteilung in der Regel nach 28 Tagen, 56 oder 90 Tagen möglich	
Zusatzmittel Betonverflüssiger bzw. Fließmittel	empfohlen sind Fließmittel auf Polycarboxylatbasis, bei langer Verarbeitungszeit sind Ligninsulfonat und Naphtalinsulfonat nicht empfehlenswert	gemäß ÖNORM B 4710-1

¹⁾ Aussagekräftiger sind geeignete Wasserauspressversuche (z.B. modifizierter Filterpressenversuch)

Bei besonders ungünstigen Umständen wird die Zugabe eines Stabilisators empfohlen.

Dass sich der Pfahlbeton nicht entmischt ist allerdings nicht hundertprozentig sichergestellt! So haben Betone, die auf Basis der Richtlinie produziert und eingebaut wurden, in wenigen Fällen kein stabiles Verhalten gezeigt. Sogar nach Aufbietung des vorhandenen Know-Hows konnten nicht überall zufrieden stellende Verbesserungen erzielt werden. Auch wenn diese Fälle in der jüngsten Vergangenheit nur sehr selten waren ist dies kein befriedigender Zustand. Somit ist man gut beraten auch bei Anwendung der Richtlinie den frisch eingebrachten Beton im Bohrloch einige Zeit auf Entmischungsneigung (= Wasseranreicherung an der Betonoberfläche) zu beobachten.

Bereits mit Verabschiedung der Richtlinie war den Ausschussmitgliedern klar, dass weiterführende Forschungen notwendig sind. Somit entstand der ÖVBB-Arbeitskreis „Weiche Betone für schwierige Einaubedingungen“.

Die Mitarbeiter setzen sich zusammen aus:

- Spezialtiefbaufirmen,
- Betonhersteller,
- Prüfanstalten,
- Externe Berater,
- ÖVBB, Auftraggebervertreter.

Das Ziel ist Anforderungen an den Beton zu erstellen, mit denen auch bei schwierigen Verhältnissen Stabilität garantiert werden kann. Dafür ist eine Weiterführung der bereits gewonnenen Kenntnisse angedacht. Auf die Artikel von Dr. NISCHER und Dr. MACHT wird verwiesen.

Nach Auftreiben der erforderlichen Finanzmittel wird ein Versuchsprogramm auf Baustellen und im Betonlabor durchgeführt: Bei Betonierungen von Pfählen und Schlitzwänden, bei denen die Oberflächen später freigelegt werden, sollen Frischbetonproben auf den jeweiligen Baustellen durchgeführt werden und neben der Betonentnahme zur Druckfestigkeitsermittlung auch Material für Laborprüfungen entnommen werden. Bei Zweckmäßigkeit wird vorweg die Betonzusammensetzung angepasst, eine neue Erstprüfung ist dadurch aber nicht erforderlich.

Neben Erstellung einer Baustellendokumentation sind die angetroffenen Bodenparameter aufzulisten. Nach Freilegen werden die Betonoberflächen visuell untersucht und dokumentiert. Sind dabei Unregelmäßigkeiten zu erkennen werden nach Möglichkeit Betonkerne entnommen.

Der Ausschuss ist zuversichtlich, dass der eingeschlagene Weg erfolgreich sein wird und die derzeit wenigen, aber leider immer wieder auftretenden Probleme mit Betonmischungen gelöst werden können.

DI Alfred Hüngsberg
ÖBB-Infrastruktur Bau AG
Brückenbau und konstruktiver Ingenieurbau

Mehlkornoptimierung zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit weicher Betone

Univ.-Doz. DI Dr. Peter NISCHER

Neue Messmethode für die Kornanalyse – Flow Particle Image Analyzer (FPIA)

DI Dr. Jürgen Macht

Mehlkornverteilung und -form sind für die Verarbeitung von Beton, insbesondere von weichen Betonen, von entscheidender Bedeutung.

Für eine gute Verarbeitung soll auch das Mehlkorn eine Kornverteilung z.B. entsprechend der Fuller-Kurve $(d/d_{\max})^{0,5}$ aufweisen. Diese Formel gilt nur für kugelförmige Körner. Bei schlechter Kornform sind größere Feinteilmengen erforderlich.

Das Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie ist seit kurzem in Besitz eines Gerätes, das am Kornanteil $< 0,125\text{mm}$ die Parameter Kornverteilung Kornform, Kornoberfläche und die Dispergierung der Körner im Beton bestimmen kann.

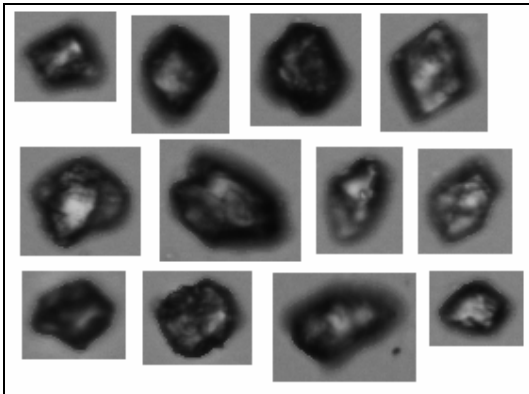
Einige der Anwendungsmöglichkeiten für diese Untersuchungen sind beispielhaft angeführt:

- Mehlkornoptimierung (weiche Betone, SCC, PP-Faserbeton,...)
 - Zement
 - Gesteinskörnung (Füller)
 - Zusatzstoffe
 - Packungsdichte
- Zusatzmittelloptimierung
 - Dispergierungswirkung (Fließmittel)
- Mischwirkungsoptimierung
 - „Beton-DNA“

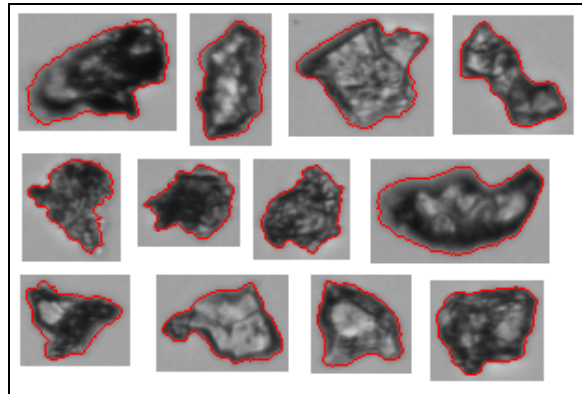
Diese Untersuchungen können jederzeit im Kundenauftrag durchgeführt werden.

Die Kornform und Dispergierung der einzelnen Körner zeigen beispielhaft nachstehende Bilder

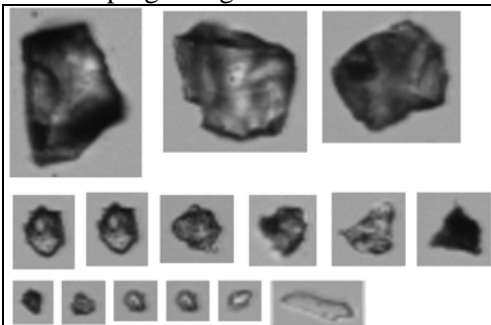
Gute Kornform:



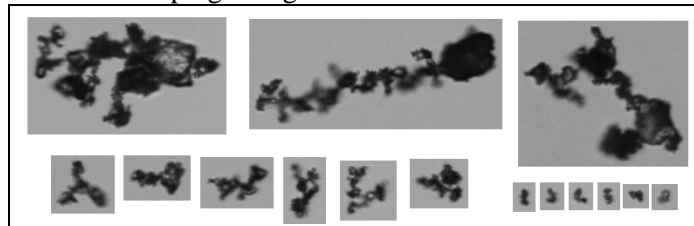
Schlechte Kornform:



Gute Dispergierung:



Schlechte Dispergierung:



In BFT Betonwerk + Fertigteiltechnik, Ausgabe 04/2006 wird ein Artikel über dieses Thema erscheinen.

Experimentelle Untersuchungen zum Verhalten verschiedener Spritzbetonzusammensetzungen unter Temperaturbeanspruchung

Im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes UPTUN (UPgrading of existing TUNnels) wurden bei einem Großbrandversuch mit verschiedenen Brandlasten von 10 MW, 20 MW und 30 MW spezielle Spritzbetone hinsichtlich ihres Verhaltens bei Temperaturbeanspruchung untersucht. Um die Ergebnisse auch qualitativ miteinander vergleichen zu können, wurden weitere Laborversuche durchgeführt.

In dem Vortrag wird die Durchführung des Großbrandversuchs und die verschiedenen Laboruntersuchungen vorgestellt. Außerdem werden Interpretationen der Ergebnisse mit Ergebnissen aus numerischen Simulationen verglichen.

1 Einleitung

Spritzbetone bilden häufig die Innenauskleidung von Tunneln. Sie sollen während eines Brandereignisses möglichst lange ihre Tragfähigkeit behalten. Durch verschiedene Strategien in Bezug auf die Betonzusammensetzung kann das Risiko des Abplatzens vermindert werden. Sechs verschiedene Spritzbetonhersteller nahmen an den Versuchen teil. Die Produkte unterscheiden sich durch den Zusatz von:

- Feuerbeständigen Zuschläge (z. B. Magnesium-Eisen-Hydrosilikat-Mineralien)
- PP – Fasern
- Speziellen Zusätzen
- Feinstäuben
- Zusatzmitteln.

Im Beton ist die Temperaturgrenze 100°C von besonderer Bedeutung. Ab dieser Temperatur entwickeln sich Dampfdrücke, die zu Abplatzungen führen können. Diese Dampfdrücke können aber nicht direkt gemessen werden. Ausgehend vom Wassergehalt in der jeweiligen Tiefe können diese bei bekannter Temperatur, jedoch errechnet werden.

Der Wassergehalt kann mittels elektrischer Widerstandsmessung bestimmt werden. Die Bestimmung des elektrischen Widerstandes bei stationären Verhältnissen wie einem Brandereignis, ist jedoch sehr aufwendig und erfordert eine Messzeit von mindestens 24 Stunden jeweils vor und nach dem Brandversuch, um bei der Interpretation der Ergebnisse die Temperaturabhängigkeit des Elektrolyten ausgleichen zu können. Deshalb wurden bei dem Großbrandversuch nur Temperaturen gemessen. Unter Laborbedingungen wurde anschließend die Korrelation zwischen Temperatur und Wassergehalt für den jeweiligen Spritzbeton, hergestellt.

Für die Berechnung der insitu-Spannungen müssen außerdem die Volumsvergrößerungen von silikatischen Zuschlägen durch die Temperaturbeanspruchung berücksichtigt werden. Dazu werden aus den Probekörpern vor und nach den

Laborbrandversuchen Bohrkernentnommen und an diesen Mikrostrukturanalysen durchgeführt.

Außerdem werden an weiteren Probekörpern die Permeabilität und die Porosität des jeweiligen Spritzbetons bestimmt, da diese Parameter den Dampfdruckabbau bestimmen.

Um nun einen Zusammenhang zwischen der insitu-Spannung und der Wahrscheinlichkeit des Abplatzens herstellen zu können, müssen die Parameter Druckfestigkeit und Bruchenergie für den jeweiligen Beton bestimmt werden.

Für eine Brandbemessung muss auch die Temperatur auf Bewehrungshöhe bekannt sein, um die entsprechenden Abminderungsfaktoren in Bezug auf die Festigkeit des Stahls nach EC2 [1], ansetzen zu können. Dazu ist die Kenntnis des Temperaturleitwertes notwendig.

In diesem Beitrag sollen der Großversuch sowie einige Brand-Laborversuche beschrieben werden.

2 Versuchsaufbau

2.1 Versuchsaufbau - Großbrandversuch

Für den Großversuch wurde der Virglertunnel der Brennerautobahn bei Bozen/Südtirol ausgewählt.

Drei mal wurde Feuer entzündet und anschließend wieder gelöscht. Dabei wurden verschiedene Brandbekämpfungs- und -erkennungssysteme, Befestigungssysteme und mehrere Lichtleitsysteme getestet sowie zwei Fluchtszenarien in Verbindung mit Luftanalysen durchgeführt. Außerdem wurden nach dem Großbrandversuch Reinigungstests an den sechs Oberflächen der Spritzbetone durchgeführt.

2.2 Versuchsaufbau - Laborbrandversuche

Um aus allen Spritzbetonprodukten die gleichen Probekörper herstellen zu können, wurde von der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK) Leerschaltungen mit einer entsprechend robusten Instrumentierung angefertigt, sodass das Einbringen des Spritzbetons keine Schädigung der Sensoren verursachte. Die Abmessungen des Betonwürfels betragen jeweils 20 cm Seitenlänge. Die Instrumentierung wurde so vorbereitet, dass in den Tiefen 10 mm, 20 mm und 30 mm jeweils Temperatur und elektrischer Widerstand (Impedanzmessung, $f = 1$ kHz) gemessen werden konnte. Ein Temperatursensor an der Oberfläche wurde kurz vor Versuchsbeginn montiert. Befeuert wurden die Betonproben mit einer Brennerleistung von ca. 12 kW. In einem kleinen Brennofen konnten so Oberflächentemperaturen von über 1200°C erreicht werden.

3 Versuchsdurchführung

3.1 Versuchsdurchführung des Großversuchs

Um möglichst realistische Versuchsbedingungen für unterschiedliche Unfallszenarien voraussetzen zu können, wurden drei verschiedene Brandlasten (10 MW, 20 MW, 30 MW) gewählt.

3.2 Durchführung der Laborbrandversuche

Die Probekörper wurden mindestens 28 Tage im Wasserbad aufbewahrt, um in jedem Probekörper von voller Wassersättigung ausgehen können. Eine halbe Stunde vor Versuchsbeginn wurde der entsprechende Probekörper aus dem Wasserbad entnommen und etwa 10 Minuten getrocknet. Dann wurde der Oberflächentempersensor eingeschlitzt und mit einem schnell trocknenden Mörtel fixiert.

Der Brandversuch wird in drei temperaturgesteuerten Etappen gefahren.

4 Versuchsergebnisse

4.1 Ergebnisse des Großbrandversuchs

Es wurden erwartungsgemäß unterschiedlich verlaufende Temperaturprofile in den einzelnen Spritzbetonen aufgezeichnet. In dem folgenden Bild 10 sind die jeweiligen Maxima der Temperaturen in dem jeweiligen Spritzbeton für die Tiefen 5 mm und 25 mm dargestellt.

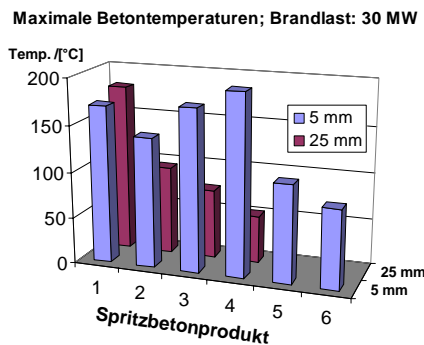


Bild 1. Betontemperaturen

Durch den ungleichmäßigen Abbrand kam es am Rand des Versuchsbereichs (bei Spritzbetonfeld 6) zu einem deutlich geringeren Energieeintrag.

4.2 Ergebnisse der Laborbrandversuche

Hohe, gleichmäßige Temperaturen ergaben eindeutige Temperaturprofile für die einzelnen Spritzbetonprodukte. Exemplarisch soll in dem folgenden Bild ein solches Temperaturprofil für die Tiefen 0 mm, 10 mm, 20 mm und 30 mm dargestellt werden.

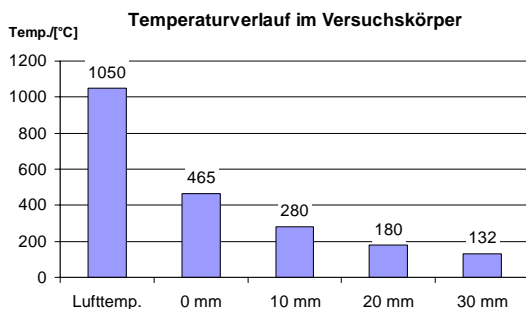


Bild 2. Temperaturprofil im Laborversuch

4.3 Druckfestigkeits- und Biegezugversuche

Diese Versuche wurden mit Prüfkörpern durchgeführt welche aus demselben Material hergestellt wurden, wie die Betonwürfel für die Laborbrandversuche.

Für die Druckfestigkeit kamen jeweils drei Würfel mit 15 cm Seitenlänge zum Einsatz. Die Biegezugversuche wurden als weggesteuerte, dreipunkt Biegeversuche durchgeführt. Aus den gemessenen Kraft-Durchbiegungskurven wurde die Bruchenergie errechnet. Es zeigte sich ein deutlicher Unterschied in der Bruchenergie zwischen Beton mit Fasern und Beton ohne Fasern.

5 Erkenntnisse

Es wurden sehr unterschiedliche Temperaturleitwerte in den einzelnen Betonen festgestellt. Für den Versuchsablauf hatte dies eine ständig zu kontrollierende Brandleistung zur Folge. Der Grund für eine hohe Bandbreite von Temperaturleitwerten liegt in der Vielfältigkeit der Zusammensetzungen der einzelnen Betonprodukte. Als Beispiel dafür soll das nächste Bild 3 dienen. Es zeigt die Temperaturen an der Oberfläche, in 10 mm und 30 mm Tiefe. Zu beachten sind vor allem die stark unterschiedlichen Oberflächentemperaturen und die gleichen Temperaturen in 30 mm Tiefe. Beide Temperaturprofile wurden nach 15 min Befuerung festgehalten.

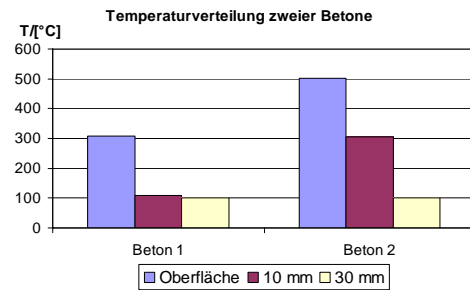


Bild 3. Unterschiedliche Temperaturweiterleitungen

Wesentlich für den Wärmeleitungskoeffizient sind die jeweiligen Zuschläge. Der Zuschlag von temperaturbeständigem Beton muss daher entweder einen sehr geringen Temperaturkoeffizienten besitzen oder Wärme absorbieren können. Bei der Wärmeabsorption muss aber darauf geachtet werden, dass die Volumsvergrößerung durch kristalline Umbildung nicht derart große Spannungen verursacht, dass Abplatzungen entstehen können. Die resultierenden Spannungen müssen in jedem Fall von der Zementmatrix aufgenommen werden. Es ist daher notwendig die Bruchenergie der Zementmatrix so zu erhöhen, dass Spannungen die aufgrund der Umbildungen des Zuschlages entstehen, schadlos aufgenommen werden. Eine deutliche Erhöhung der Bruchenergie wird durch die Zugabe von Polypropylenfasern erreicht. Dies konnte in den durchgeführten Versuchen auch deutlich bestätigt werden. Allerdings schmelzen diese Fasern bei relativ geringen Temperaturen von etwa 350°C. Der Vorteil dabei ist aber, dass dadurch neue Kapillarporen geschaffen werden. Durch diese neu geschaffenen Kanäle kann entstehender Wasserdampf im Brandfall leichter entweichen. Schädliche Dampfdrücke können so vermindert werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Verbesserung von brandbeständigem Beton die Verbesserung in den folgenden zwei Punkten bedeuten muss, nämlich:

- Verbesserung der Wärmeabsorption des Zuschlags unter Berücksichtigung seiner kristallinen Umbildung und die damit verbundene Volumsvergrößerung
- und
- Verbesserung bzw. Erhöhung der Bruchenergie der Zementmatrix im Brandfall.



Betr.: Kolloquium Forschung und Entwicklung für Zement und Beton, 9.11.2005

Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Beton anhand der Permeabilität

Dr. P. Paulini, Dipl.-Ing. F. Nasution

Dauerhaftigkeit von Beton ist besonders unter alpinen Bedingungen eine grundlegende Anforderung an den Baustoff. Sie wird weitgehend durch die Mikrostruktur im Porengefüge des Betons bestimmt. Trotz hoher Qualitätsanforderungen der ÖN B 4710-1 lassen die Produktionsbedingungen von Beton einen breiten Spielraum für die sich ausbildende Mikrostruktur zu. Diese wird u. a. beeinflusst vom Bindemittel, der Mischungsrezeptur (W/B, Zementmenge), den Hydratationsbedingungen (Erhärtungstemperatur), der Nachbehandlung, Art und Menge von Zusatzmitteln ect.

Um die Mikrostruktur von Beton zu beurteilen wurde im Zuge einer laufenden Dissertation ein Prüfverfahren auf der Basis von Luft-Permeabilitätsmessungen angewandt. Es wurde ein neu entwickeltes Baustellenverfahren verglichen mit klassischen eindimensionalen Durchströmverfahren. Variiert wurden technologische Parameter der Mischungsrezeptur (W/Z, Zementmenge), die Zementart und die Art der Nachbehandlung.

Das klassische Darcy'sche Transportgesetz gilt für hohe W/Z-Werte um 0,7. Bei dichterem Gefüge mit W/Z-Werten unter 0,6 stellen sich parabolische Druckverhältnisse über die Probenhöhe ein und führen zu progressiv ansteigenden Durchströmgeschwindigkeiten.

Die Art der Nachbehandlung beeinflusst die Oberflächenqualität des Betons sehr stark. Änderungen der Durchströmgeschwindigkeiten bis zum 3-fachen im Randbereich und bis zum 5-fachen zum Kernbeton wurden festgestellt.

Als Kenngrößen der Dichtigkeit von Beton werden die Permeabilitätskonstante und das kapillare Porenvolumen herangezogen. In einem log-log Maßstab lassen sich die Strömungsverhältnisse im Beton linearisieren. Die Charakterisierung der Dichtigkeit von Beton wird durch Normierung der Messwerte auf eine Standardmischung erreicht.

Variocem, ein innovatives Zementkonzept

Die in den letzten Jahren aufgetretene Siloknappheit in manchen Betonwerken, ausgelöst durch die vermehrte Anzahl von Bindemitteln (Zementen) u/o Zusatzstoffen, war der eigentliche Ausgangspunkt für ein Konzept, projektorientierte, maßgeschneiderte Bindemittelmixprodukte direkt ab dem Zementwerk zu liefern.

Da man bei einer solchen Entwicklung auch zugleich das Bindemittel selbst optimieren muss, wurde seitens der Universität Innsbruck, Institut für Betonbau, Baustoffe und Bauphysik, ein Untersuchungsprogramm, das sich mit Rheologie, Wasseranspruch, Wärme- und Festigkeitsentwicklung, etc. beschäftigt, für Spezialanwendungen initiiert, um die Optimierung in gemeinsamer Arbeit durchzuführen.

Die Bezeichnung Variocem rührt ursprünglich daher, dass Zugabemengen, wie etwa Gesteinsmehle für SCC, variiert werden können, d.h. auf die Gegebenheiten eines Herstellers abgestimmt und optimiert werden. Damit ist gesichert, dass für die Dauer eines Bauvorhabens die Lieferungen nach entsprechenden Laboruntersuchungen und der Erstprüfung in gleich bleibender Zusammensetzung und Qualität abgewickelt werden können.

Ein Beispiel soll das erläutern:

Gesteinskörnungen von drei Betonwerken aus dem Tiroler Unterinntal wurden für die Rezeptur eines selbstverdichtenden Betons verglichen. Für die Konsistenz eines solchen Betons ist die Fraktion 0/4 besonders wichtig.

In Bild 1 sieht man, dass selbst in einem regional so kleinen Gebiet die Sande im Feinbereich signifikante Unterschiede aufweisen, die durch Zugabe eines Füllers (i.u.F. Kalksteinmehl) die erforderliche Konsistenz des Betons sicherstellen.

Bild 1:

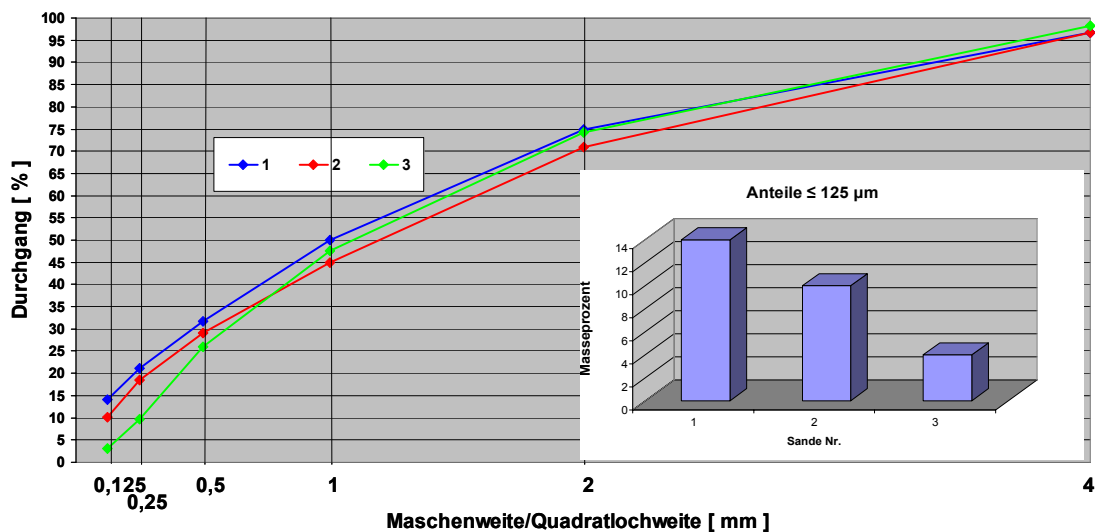


Bild 2 zeigt die im Labor erarbeiteten Betonrezepturen.

Bild 2:

SCC 1		Formel für die Masse	Dichte [kg/l]	Masse [kg/m³]
Zement	VARIOCEM		2,88	300,0
Feinstoff	Kstm.Fischbach		2,7	121,1
Sand 0/4	0/4 Fa. 1		2,7	983,3
4/8	Fa. 1		2,7	287,5
8/16	Fa. 1		2,7	533,3
Wasser			1	160,0
Fließmittel	Glenium Sky 555		1,07	3,000
Zusatzmittel				
Summe				2388,2

SCC 2		Formel für die Masse	Dichte [kg/l]	Masse [kg/m³]
Zement	VARIOCEM		2,88	300,0
Feinstoff	Kstm.Fischbach		2,7	162,6
Sand 0/4	0/4 Fa. 2		2,7	942,4
4/8	Fa. 2		2,7	272,6
8/16	Fa. 2		2,7	546,8
Wasser			1	160,0
Fließmittel	Glenium Sky 555		1,07	3,300
Zusatzmittel				
Summe				2387,7

SCC 3		Formel für die Masse	Dichte [kg/l]	Masse [kg/m³]
Zement	VARIOCEM		2,88	300,0
Feinstoff	Kstm.Fischbach		2,7	232,6
Sand 0/4	0/4 Fa.3		2,7	872,4
4/8	Fa. 3		2,7	297,2
8/16	Fa. 3		2,7	522,2
Wasser			1	160,0
Fließmittel	Glenium Sky 555		1,07	3,300
Zusatzmittel				
Summe				2387,7

Die Zugabemenge an Füller (Typ I - KM) ist für SCC3 fast doppelt so hoch, wie bei SCC1. Der so erhaltene Bindemittelmix kann als fertige Mischung an das Betonwerk ausgeliefert werden. Es bedarf dazu einer Hochleistungsmischanlage, wie sie im Hause Eiberg/Rohrdorf verfügbar ist. Mit der Gesteinskörnung aus Werk2 wurde auch ein Baustellenversuch durchgeführt.

In Bild 3 und 4 ist die Gesamtsieblinie und die Rezeptur mit den Ergebnissen dargestellt.

Bild 3:

Betonzuschlag														
Niederlassung/Werk/Baustelle		SCC Fa. 2	Gesteinskörnung											
Siebergergebnisse der Korngruppen														
Prob.-Knz.	Ko.-Gr. mm	Zuschl.-art	Durchgang in Masse-% / Volumen-% durch die Siebe									Bem. k=		
			0,125	0,25	0,50	1	2	4	8	16	31,5	63,0		
06.10.05	0/4	N-Sand	10,2	18,4	29,1	45,0	70,9	96,8	99,9	100,0	100,0	100,0	2,40	
06.10.05	4/8	Kies	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	90,4	100,0	100,0	100,0	5,09	
06.10.05	8/16	Kies	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,1	96,6	100,0	100,0	6,02	
Sieblinien														
Prob.-Knz.	Ko.-Gr. mm	Anteil %	Durchgang in Masse-% / Volumen-% durch die Siebe									St. Nr.:		
			0,125	0,25	0,50	1	2	4	8	16	31,5	63,0		
	0/4	53,5	5,4	9,8	15,6	24,1	37,9	51,8	53,4	53,5	53,5	53,5		
	4/8	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	14,0	15,5	15,5	15,5		
	8/16	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	29,9	31,0	31,0		
Summe=ist-St.			100	5,5	9,9	15,6	24,1	38,0	51,9	67,8	99	100	100	3,94
A = 0,149				5	10	16	24	38	52	68	99	100	100	
Sollsieblinie A/B 0/32				0	5	12	18	26	35	50	71	100	100	4,83

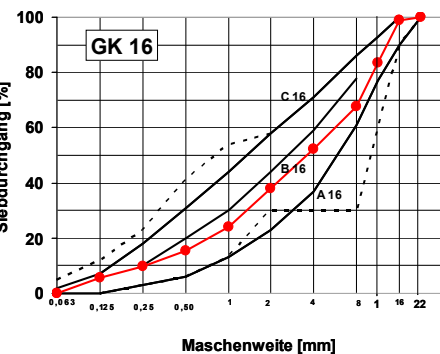


Bild 4:

Firma, Werk		Fa. 2			Eignungsprüfung <input checked="" type="checkbox"/>						
Abnehmer		SCC 2			Güteprüfung <input type="checkbox"/>						
Baustelle					Erhärtungsprüfung <input type="checkbox"/>						
Baunrkt./ Bauteil											
PROBENENTNAHME				FORDERUNGEN							
Probentafel-Nr.	SCC2/1	SCC2/2	SCC2/3	C	F	maxWIP	0,80				
TB-Lieferschein-Nr.											
Entnahmedatum	29.09.2005	29.09.2005	29.09.2005								
Entnahmest.	Labor	Labor	Labor	Betonseiten-Nr.							
Lufttemperatur °C	20°	20°	20°	Eigenschaften							
ZUSAMMENSETZUNG DER MISCHUNG											
Gesamtschüttung											
Trocken # gewicht kg	1761,8	1761,8	1761,8	Zement Art	VARIOCEM						
Zusatzstoff 1 [kg]	162,6	162,6	162,6	Redudol EK 050							
Zusatzstoff 2 [kg]				Siebfrühe und Grobfrühe							
Zement Zs	300	300	300	A/B 0/16							
Zugbewehrung [cm²]	160	160	160	Zusatzstoff 1, Art							
Gesamtwasser				Kstm. Fischbach							
Gewicht d. Mischung [kg]	2384,4	2384,4	2384,4	Zusatzmittel 1, Art							
Volumen d. Mischung [dm³]				Gefasium 555							
V = G _z				Dosierung							
Zementgehalt [kg/m³]				Zusatzmittel 2, Art							
f = 1000 · V _z /V				Dosierung							
FRISCHBETONPRÜFUNG											
Betontemperatur °C											
Konsistenz s/v	cm										
Probekörperbezeichnung	SCC2/1	SCC2/2	SCC2/3	Fließmaß a 5min: 740 mm Durchlaufmaß a 5min: 16 sec Temperatur: 20,5°							
Verdichtungsarbeiten [s]											
Gewicht Form + Beton [kg]	12631	12721	12734								
Gewicht Form [kg]	4462	4473	4494								
Gewicht Beton [kg]	8169	8248	8240								
Volumen der Form [dm³]	3375	3375	3375								
Punderte s [kg/cm²]	2,420	2,444	2,441								
Luftprozent [%]											
FESTBETONPRÜFUNG											
Prüfung nach DIN 1045 auf Druckfestigkeit, Bsp. C _{30/37} festigkeit, Wasserw ₁₈ schlässigkeit											
Probem-bezeichnung	Proßtag	Alter Tage	Abmessungen in mm			Beichte G	Beichte m³	Beichte cm³	Beichte kg	Beichte g/cm³	Porosität %
SCC2/1	30.09.2005	1	Höhe	Länge	Breite	8163	22500	3375	260	2,419	11,6
SCC2/2	06.10.2005	7	150	150	150	8272	22500	3375	705	2,451	31,3
SCC2/3	27.10.2005	28	150	150	150	8238	22500	3375	1010	2,441	44,9
Bemerkungen (Lagerung, Zustand d. Proben)								Mitar:			
Probenform: Würfel								Datum, Unterschrift:			

Der Ablauf der Betonierung, die Lieferungen, etc. ging reibungslos vor sich. Gefordert war ein Beton der Klasse C30/37.

Ohne Zweifel wird man mit diesen Mixbindemitteln nicht die großen Massen beim Beton berühren, für Spezialanwendungen meinen wir aber, mit unserem Konzept einen Schritt in die Zukunft und vor allem in die richtige Richtung gesetzt zu haben.

Welche Vorteile bietet ein solches Zement bzw. Betonkonzept?

Wie bereits aufgezeigt, erfolgt bei diesem Zementkonzept eine Optimierung der Bindemittelzusammensetzung.

Die Vorteile einer solchen Optimierung liegen:

- in einem geringen Wasseranspruch,
- in der geringen Temperaturentwicklung
- und in der Verbesserung der Verarbeitbarkeit.

Durch diese positiven Eigenschaften werden neue Möglichkeiten im Bereich der Dauerhaftigkeit erreicht, welche sich infolge einer Erhöhung der Dichtigkeit und der damit zusammenhängenden Verringerung der Porosität einstellt. Die Schädigung des Betons durch Schadstoffe wie dies beispielsweise Chloride und Salzlösungen darstellen, wird dadurch minimiert. Ein positiver Nebeneffekt dieses Effektes liegt weiters in der Erhöhung der Festigkeit.

Durch den geringeren Wasseranspruch bzw. durch die geringe Temperaturentwicklung stellt sich nicht nur eine erhöhte Dichtigkeit ein, sondern es sinkt auch die Rissanfälligkeit.

Weiters ergeben sich Einsparungen im Bereich der Fließmitteldosierungen, wodurch sich vor allem bei der Herstellung von Betonen mit tiefen W/B-Werten sich ein positiver Effekt auf die Verarbeitung einstellt.

Aber nicht nur im Bereich der betontechnologischen Kennwerte werden positive Effekte erzielt, sondern auch im Bereich der Kostenersparnis. So können infolge der erzielbaren höheren Druckfestigkeiten durch die Wassereinsparungen die Zementmengen reduziert werden.

Weiters sind Einsparungen, wie bereits erwähnt, im Bereich der Fließmittel möglich.

Betrachtet man die Einsparungen auf dem Gebiet des erleichterten Arbeitsaufwandes, infolge der günstigeren Verarbeitbarkeit, so sind auch dort nicht unrelevante Einsparungen zu verzeichnen.

Derzeit werden folgende Vorhaben anhand eines solchen Zementkonzeptes im Rahmen von Forschungsarbeiten an der Technischen Universität Innsbruck durchgeführt:

- Herstellung von Hochleistungsbetonen
- Herstellung von Betone für den Tunnelbau
- Herstellung von Brandbeständige Betone
- Herstellung von Sichtbetone
- Herstellung von Monofinishplatten und deren Sanierung

Im Bereich der Hochleistungsbetone wurde anhand eines ähnlichen Zementkonzeptes der Firma Schretter bereits vor eineinhalb Jahren ein Praxisobjekt, wie dies die neu erstellte Brücke zwischen Salzburg und Freilassing darstellt, realisiert.

Damals konnten hervorragende Verarbeitungseigenschaften wie auch eine Senkung der Rissanfälligkeit festgestellt werden.

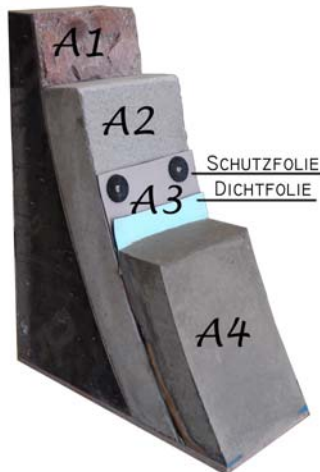
Mittlerweile ist man bereits dazu übergegangen die aus diesem Bauwerk erhaltenen Erkenntnisse für den Bereich von Faserhochleistungsbetone zur Verstärkung von Brückentragwerken zu adaptieren. Erste Versuche zeigen sehr positive Ergebnisse. Speziell im Bereich der Dauerhaftigkeit und des Verbundes zwischen Altbeton und Aufbeton konnten ausgesprochen gute Ergebnisse erzielt werden. Zu wünschen lässt derzeit infolge des Einsatzes von konstruktiven Faser die Verarbeitbarkeit. Diese ist jedoch nicht nur durch eine Bindemitteloptimierung zu lösen, sondern lediglich durch eine Betrachtung des Gesamtpaketes: Bindemittel, Zuschläge, Zusatzmittel und Faserart.

Auch im Bereich des Tunnelbaues werden erste Gehversuche anhand solcher Zemente unternommen. Wie bereits erwähnt lassen sich durch solche Zemente die Qualität der Betone erhöhen, wodurch sich auch die statische Bauteilabmessung reduzieren lässt.

Werden die beiden Modelle (Bild 5) eines Tunnelaufbaues betrachtet, auf der linken Seite ein herkömmlicher Aufbau, rechts das neu konzipierte System welches sich anhand eines qualitativ hochwertigen Betons (vorliegendes Zementkonzept) herstellen lässt hergestellt, so sind klar die Einsparungen im Bereich de Aufbaues erkennbar.

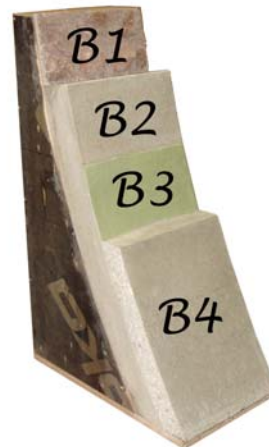
Bild 5:

AUSFÜHRUNG ALT



- A1 umgebendes Gebirge 25-35cm
- A2 Spritzbeton 0,3-0,5cm
- A3 Dichtfolie aus PVC 25-30 cm
- A4 Innenschale aus Ortbeton

KONZEPT NEU



- B1 umgebendes Gebirge 20-25cm
- B2 Spritzbeton - Neu 0,5-0,8cm
- B3 Spritzbare Dichtschicht 15-22 cm
- B4 Innenschale aus Ortbeton - Neu

Verringerung der Schichtstärken

Im Zusammenhang mit dem Tunnelbau wurden auch Versuche hinsichtlich der Brandbeständigkeit unternommen. Durch den geringeren Wasseranspruch werden die benötigten Festigkeiten auch infolge der Einfuhr von Luftporen von 5-7% erreicht. Dies wirkt sich in Verbindung mit den herkömmlichen Brandfasern sehr positiv auf die Brandbeständigkeit aus und gibt unter Betrachtung einer möglichen nicht gleichmäßigen Faserverteilung zusätzliche Sicherheit. Weiters stellt die eingeführte Luft einen positiven Aspekt im Bereich der Verarbeitbarkeit dar.

Noch kurz zu zwei Themen die derzeit anstehen. Das sind zum einem die Sichtbetone und zum anderen die Herstellung von Monofinishplatten.

Für Sichtbetone können infolge des geringeren Wasseranspruches die Fließmitteldosierungen gesenkt werden, was eine Senkung der Klebrigkeit zur Folge hat und somit eine Verbesserung der Oberflächenqualität mit sich bringt.

Auch auf dem Gebiet der Herstellung von Monofinishplatten und von Sanierungen, infolge des geringen Schwindens, lässt sich ein solches Zementkonzept ebenfalls durchaus sinnvoll einsetzen.

Dr. Franz Koubowetz SPZ Zementwerk Eiberg, Kufstein

Dr. Dietmar Thomaseth, Institut für Betonbau, Baustoffe und Bauphysik, Universität Innsbruck

Flexremo – ein Spezialzement für Self Compacting Concrete

M. Keller, Leiter Produktmanagement, Holcim (Schweiz) AG

Zusammenfassung

Selbstverdichtender Beton wird in der Schweiz seit 1999 in der Praxis hauptsächlich für die Herstellung von Bauteilen verwendet, welche nicht mit traditionellem Rüttelbeton realisiert werden konnten oder um die Wirtschaftlichkeit und Produktivität zu verbessern. Es hat sich während der letzten Jahre gezeigt, dass selbstverdichtender Beton ein betontechnologisch anspruchsvolles Produkt ist. Bei einer ungenügenden chemischen und granulometrischen Abstimmung der einzelnen Komponenten aufeinander reagiert SVB verglichen mit traditionellem Rüttelbeton wesentlich empfindlicher. Deshalb ist die Abstimmung der einzelnen Komponenten und die Qualitätsüberwachung von grosser Bedeutung.

Holcim (Schweiz) AG und Sika Schweiz AG haben sich dieser Problematik angenommen und haben einen Spezialzement für selbstverdichtenden Beton in einem gemeinsamen Forschungsprojekt entwickelt. Der nach SN EN 197-1:2000 zertifizierte Zement besteht aus Zementklinker, speziell aufbereitetem Kalksteinmehl und Steinkohlenflugasche sowie einem pulverförmigen Fließmittel auf Polycarboxylatbasis und einem Stabilisierer.



Mikromechanische Ansätze für die gebrauchungsverhaltensorientierte Optimierung zementhaltiger Werkstoffe – Beton ‘a la carte’

Roman Lackner, Christian Pichler, Klaus Meinhard und Matthias Zeiml
 Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen, Technische Universität Wien
 Karlsplatz 13/202, 1040 Wien, Österreich
 (Kontakt: Roman.Lackner@tuwien.ac.at)

Der breite Anwendungsbereich von Beton und die Möglichkeit seiner gezielten Optimierung durch einerseits Adaption der Zusammensetzung und andererseits die Auswahl geeigneter Bestandteile bzw. Zusatzmittel führten in den letzten Jahrzehnten zu Spezialbetonen für die unterschiedlichsten Anwendungen und die Entwicklung von Hochleistungs- und Ultrahochleistungsbetonen. Die mechanische Beschreibung einer derartigen Vielfalt von Betonen sowie die Bestimmung der Auswirkung von Degradationsprozessen im Beton z.B. zufolge Temperatureinwirkung und/oder chemischer Angriffe auf die mechanischen Eigenschaften kann weder im vollen Umfang experimentell erfasst noch makroskopisch beschrieben werden. Letzteres bezieht sich auf die Betrachtung von Beton als homogenen Werkstoff, der durch makroskopische Materialparameter wie E-Modul, Druckfestigkeit, etc. beschrieben wird. Um die Vielfalt an Betonen erfassen und in weiterer Folge Betonrezepturen zielgerichtet optimieren zu können, wurde im Rahmen eines Forschungsschwerpunkts am Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen (IMWS) ein Mehrskalenmodell für Beton entwickelt (siehe Abbildung 1). Zusätzlich zu der bereits erwähnten Makroebene zeichnet sich diese Modell durch die Einführung von drei weiteren Ebenen der Betrachtung (Ebene I bis III) aus.

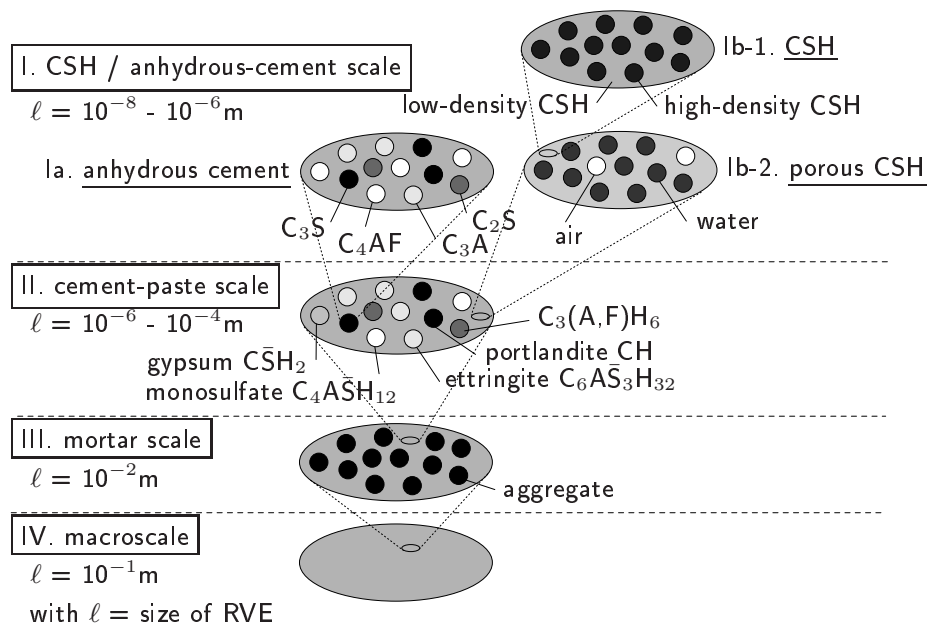


Abbildung 1: Mehrskalenmodell für zementhaltige Werkstoffe

Mittels des in Abbildung 1 dargestellten Mehrskalenmodells können makroskopische Materialparameter auf die Morphologie und die Eigenschaften von Materialphasen auf unteren Betrachtungsebenen bezogen werden. Ist dieser Bezug hergestellt, können etwaige Veränderungen des Materials zufolge thermischer, chemischer und/oder mechanischer Beanspruchung auf der entsprechenden Ebene der Betrachtung berücksichtigt und somit die Auswirkung derartiger Veränderungen auf die makroskopischen Eigenschaften bzw. das Strukturverhalten bestimmt werden. Im folgenden werden drei am IMWS durchgeführte Forschungsprojekte beschrieben, in denen das entwickelte Mehrskalenmodell zum Einsatz kommt.

Forschungsprojekt 1: Schwinden und Kriechen von Spritzbeton im jungen Alter

Kriechen und autogenes Schwinden (letzteres ist die Volumsabnahme in Abwesenheit äußerer Lasten und Massenaustausch) von jungem Spritzbeton sind Beispiele für makroskopisches Materialverhalten, das durch Volumsänderung der Materialphasen auf unteren Betrachtungsebenen und den daraus resultierenden Belastungszuständen in der Mikrostruktur verursacht wird. So ist das autogene Schwinden die makroskopische Antwort auf kapillare Phänomene auf der Betrachtungsebene Ib.2 (siehe Abbildung 1) und auf den Kristallisationsdruck, der bei der Bildung von Ettringit (Betrachtungsebene II) auftritt. Kriechen auf der Makroebene, auf der anderen Seite, wird durch das viskose Verhalten der Hydratationsprodukte verursacht. Während der Volumsanteil an kriechaktivem Material im Verlauf der Hydratation zunimmt, steigt die makroskopische Steifigkeit durch den sukzessiven Einbau von Wasser in die Hydratationsprodukte, wodurch die daraus resultierende Kriechaktivität mit fortschreitender Hydratation abnimmt. Das entwickelte Mehrskalenmodell zur Bestimmung der makroskopischen Kriecheigenschaften und der makroskopischen Schwindverzerrungen wurde in ein bereits bestehendes thermo-chemo-mechanisches Materialmodell für Spritzbeton implementiert. Die Anwendung dieses Materialmodells im Rahmen einer hybriden Berechnung einer Tunnelschale aus Spritzbeton ermöglicht die Bestimmung des Auslastungsgrades L für einen Messquerschnitt beim Lainzertunnel. Abbildung 2 zeigt die zeitliche Abwicklung (Vogelperspektive) des Auslastungsgrades in den ersten drei Tagen.

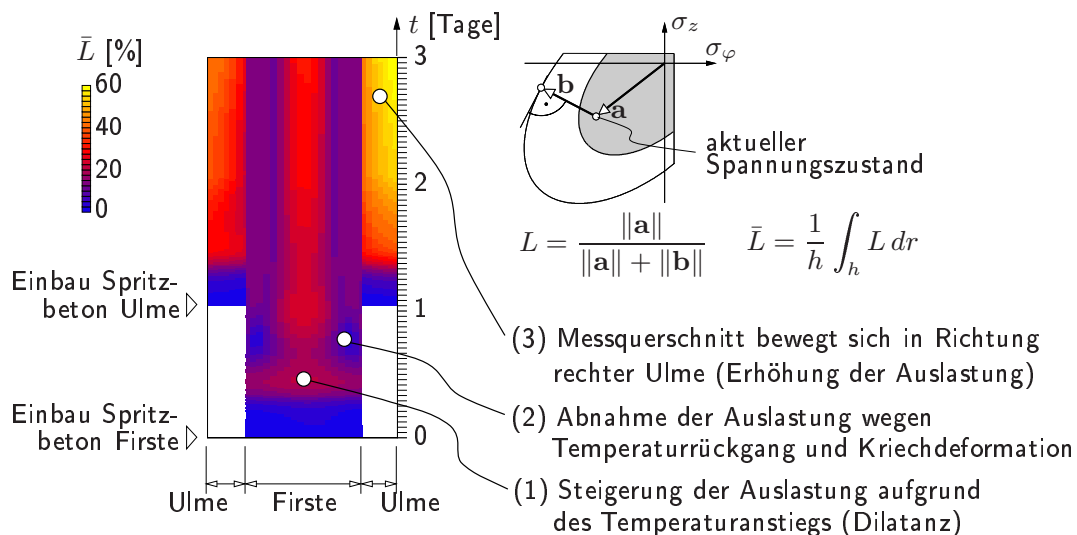


Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung des Auslastungsgrades für einen Messquerschnitt im Zuge des Vortriebs des Lainzertunnels

Forschungsprojekt 2: Mehrphasen-Hydratationsmodell zur Beschreibung der Temperaturentwicklung in DSV-Säulen

Die Hydratation ist ein exothermer Prozess, der zu einer Erhöhung der Temperatur in Betonbauteilen führt. Im Rahmen einer Anwendung des in Abbildung 1 dargestellten Mehrskalenmodells wird diese Wärmeentwicklung für die Rückrechnung von Struktur- und Materialeigenschaften von Säulen, die mit dem Düsenstrahlverfahren (DSV) hergestellt wurden, ausgenutzt. Hierbei wird der Fehler zwischen der numerisch ermittelten Temperaturentwicklung im Zentrum der DSV-Säule und dem auf der Baustelle gemessenen Temperaturverlauf durch Variation von Zementgehalt und Säulendurchmesser minimiert. Die freigesetzte Hydratationswärme wird durch den Hydratationsfortschritt der einzelnen Klinkerphasen berechnet. Im Rahmen des vorgestellten Mehrskalenmodells wurde für jede der vier wesentlichen Klinkerphasen ein Kinetikgesetz (bestehend aus Auflösungsphase, Wachstumsphase und Diffusionsphase, siehe Abbildung 3) formuliert. Weiters werden im Rahmen dieses Forschungsprojektes diese Kinetikgesetze hinsichtlich der Berücksichtigung von Zumahlstoffen

wie z. B. Steinmehl und Hochofenschlacke erweitert. Die dafür erforderlichen Parameter wurden aus Kalorimeterversuche, die für verschiedene Zement/Zumahlstoff-Verhältnisse durchgeführt wurden, abgeleitet. Die Anwendung der vorgestellten Methode zur Bestimmung von Eigenschaften der DSV-Säule durch Nachrechnen der gemessenen Temperaturentwicklung ergab Abweichungen zwischen dem ermittelten Säulendurchmesser und den auf der Baustelle gemessenen Durchmesser von maximal 10-15 %.

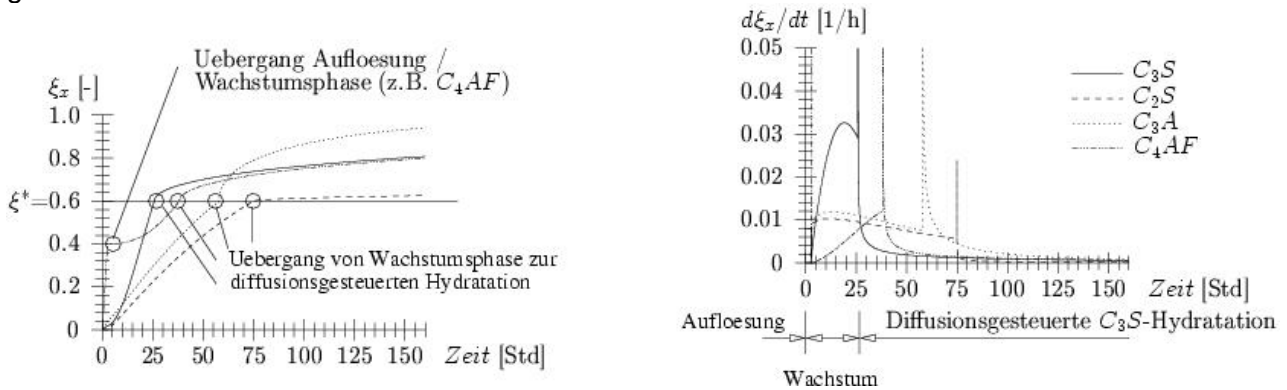


Abbildung 3: Mehrphasen-Hydratationsmodell für die vier Klinkerphasen (ξ beschreibt den Fortschritt der Hydratation mit $\xi=0$ am Beginn der Hydratation und $\xi=1$ bei vollständiger Hydratation)

Forschungsprojekt 3: Beton unter Feuerlast

Die Tragfähigkeit von Tunnel unter Feuerlast wird durch thermo-hydro-chemo-mechanische Prozesse im Beton beeinflusst, die zu einer Abnahme der mechanischen Eigenschaften des erhitzten Betons führen. Reicht die Permeabilität des erhitzten Betons nicht aus um den gebildeten Wasserdampf abzuführen, kann zusätzlich zur Abnahme der mechanischen Eigenschaften das Abplatzen von randnahen Betonschichten eine wesentliche Reduktion der Tragsicherheit verursachen. Für die Ermittlung der Temperaturabhängigkeit der Permeabilität von erhitztem Beton wurden Permeabilitätsversuche durchgeführt. Hierbei konnte einerseits ein steter Anstieg der Permeabilität mit steigender Temperaturbeanspruchung und andererseits ein abrupter Anstieg der Permeabilität im Bereich der Schmelztemperatur der Polypropylen-Fasern festgestellt werden. Um die gemessenen makroskopischen Werte für die Permeabilität modellmäßig zu erfassen, soll das in Abbildung 1 dargestellte Mehrskalenmodell in Richtung der Abschätzung von Transporteigenschaften erweitert werden. Der bis dato experimentell gefundene Zusammenhang zwischen Permeabilität und Temperatur wurde im Rahmen von gekoppelten Temperatur-Transport Simulationen berücksichtigt. Die so erhaltene Temperatureindringkurve wurde in ein Strukturmodell einer Tunnelinnenschale eingespielt (Abbildung 4(b)) und die Sicherheit feuerbelasteter Innenschalen gegen Kollaps ermittelt.

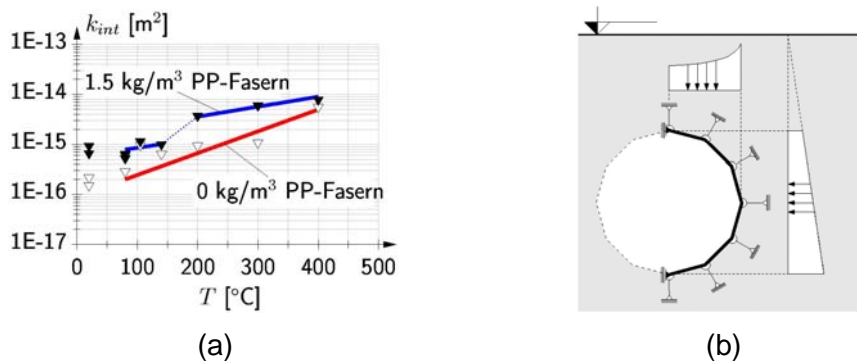


Abbildung 4: (a) Permeabilität von Beton mit und ohne Polypropylen (PP) Fasern und (b) Strukturmodell zur Analyse von Tunnelinnenschalen unter Feuerlast

DIE SYSTEMLÖSUNG in der mobilen Betonaufbereitung



In den letzten Jahrzehnten hat sich der ökologische und ökonomische Gedanke auch in der mobilen Betonaufbereitung durchgesetzt.

Durch immer währende Verbesserung der Technologien bzw. Steigerung der Anforderung an Qualität sowie Quantität, entwickelte sich ein Industriezweig mit modernsten Gerätschaften. Man bekommt auf der einen Seite einen Überblick über die Geschichte der mobilen Betonaufbereitung sowie die derzeitigen am Markt erhältlichen modernen Systemlösungen auf der anderen Seite.

Das Wort „mobil“ wird groß geschrieben, und im Detail als subjektive Auffassung erklärt und beschrieben was darunter verstanden werden kann.

Dieser Vortrag soll Überblick verschaffen wo und wie man diese Anlagen einsetzen kann bzw. auch das nicht nur die Maschinerie alleine eine wesentliche Rolle für den Betrieb darstellt.

Ing. Gerhard Gschwandner, SBM Wageneder Ges.m.b.H., Krieglach

Prok. Horst Wiener, Austromobil Baustoffproduktions GmbH&Co KG, Ohlsdorf

TAB-Slab® - Ein System für frei tragende Decken aus Stahlfaserbeton

Dipl.-Ing. Jürgen Mandl
TREFILARBED Bissen S.A.
Luxemburg



- Studium des Bauingenieurwesens an der TU Darmstadt
- 4-jährige Tätigkeit als Tragwerksplaner
- 4-jährige Tätigkeit als key-account-manager und in Forschung und Entwicklung für Betonfertigteile bei Lösch-Systembauteile GmbH, einer Tochter der Readymix AG
- 5-jährige Tätigkeit als Produktmanager Technologie Stahlfaserbeton der Readymix AG in Forschung und Entwicklung
- Seit 2005 tätig bei TREFILARBED Bissen S.A. in Forschung und Entwicklung Faserbeton.
- 2004 Bayerischer Innovationspreis für eine stahlfaserbewehrte Betondecke mit Vorspannung
- Seit 2000 Mitglied im Richtlinienausschuss des DAfStb zur Erarbeitung einer Richtlinie „Stahlfaserbeton“ für Deutschland
- Seit 2005 Mitglied im Richtlinienausschuss des ÖVBB zur Bearbeitung der Österreichischen Richtlinie „Faserbeton“

Kurzfassung

Stahlfaserbeton wird seit vielen Jahren erfolgreich für Bauteile mit niedrigem Gefährdungspotenzial eingesetzt. Existierende Regelwerke beschränken sich auf Leistungswerte, die mit bisher üblichen Fasergehalten von bis zu 50 kg/m³ zu erreichen sind. In einem Großversuch auf dem Werksgelände der Fa. TREFILARBED Bissen S.A. in Luxemburg konnte nunmehr gezeigt werden, dass mit höheren Faserdosierungen auch frei tragende Flachdecken aus Stahlfaserbeton unter Beachtung der erforderlichen Sicherheit herstellbar sind. Im Folgenden werden die Hintergründe, der Versuch, dessen Ergebnisse und Konsequenzen daraus dargestellt.

Abstract

Steeffibre reinforced concrete is successfully being used since many years for concrete parts with a low endangering potential. Existing rules and guidelines are limiting the maximum post-crack-performance to values which are achievable with standard dosages of fibres of up to 50 kg/m³. In a large-scale-test TREFILARBED Bissen S.A. has now proofed, that it is possible to produce free suspended elevated slabs made of a high dosage steel fibre reinforced concrete including the obliged safety factors. In the following, the theoretical background, test-informations, its results and consequences are shown.

Festigkeiten von Stahlfaserbeton

Stahlfaserbeton findet seit vielen Jahren immer weitere Verbreitung auch im konstruktiven Bereich. Regelwerke wie das Merkblatt „Stahlfaserbeton“ des Deutschen Beton- und Bautechnikvereins, die Österreichische Richtlinie „Faserbeton“ des ÖVBB und die SIA 162/6 der Schweiz geben vor, wie Materialeigenschaften ermittelt, klassifiziert und in Bemessungen eingesetzt werden können. Die in Bearbeitung befindliche Richtlinie „Stahlfaserbeton“ des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton soll nach Ihrem Erscheinen in Deutschland die Betonnormen DIN 1045 Teile 1-3 um alle Stahlfaserbeton-

relevanten Themen ergänzen und so die Lücke existierender Normen im gesamten Themenspektrum Stahlfaserbeton schließen.

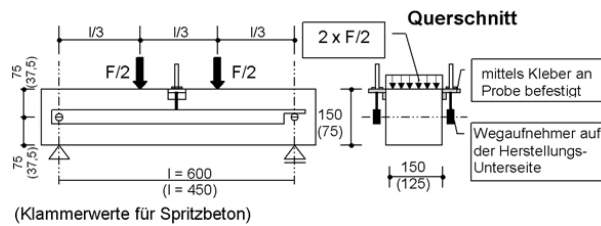


Abb. 1 Versuchsanordnung zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Stahlfaserbeton

Alle genannten Regelwerke sehen eine Ermittlung der Nachrisszugfestigkeiten anhand von Biegeversuchen an Betonbalken mit einem Querschnitt von 150mm x 150 mm vor (siehe Abb. 1). Die Ergebnisse unterliegen dabei verhältnismäßig großen Streuungen, die ihre Ursache in den kleinen Rissquerschnitten der Probekörper hat. Bei baupraktisch üblichen Faserdosierungen von 20 bis 40 kg/m³ kreuzen nur wenige Fasern den Riss, die dann Kräfte von Rissufer zu Rissufer übertragen können. Die zufällige Lage einer einzelnen Faser sorgt für Streuungen innerhalb der Ergebnisse verschiedener Probekörper. Je geringer die Anzahl der Fasern im Riss ist, umso größer ist der Einfluss einer einzelnen Faser. Folglich streuen die Ergebnisse bei geringen Faserdosierungen stärker als bei höheren Dosierungen. Die Streuung der Ergebnisse wird kleiner, je größer die Bruchfläche ist. Damit liegen die gemessenen Ergebnisse näher an der Realität. Für weitere Berechnungen werden die charakteristischen Nachrisszugfestigkeiten $f_{ctk,fl}^f$ herangezogen. Dies ist das 5%-Quantil der einzelnen Versuchsergebnisse bei der Durchbiegung δ . Bei geringeren Streubreiten innerhalb der Versuchsserie ergeben sich hierfür günstigere Werte. Um realistischere Werte bei der Ermittlung der anrechenbaren Nachrisszugfestigkeit zu erhalten, bieten sich somit Plattenversuche anstelle der nach [2]-[5] vorgegebenen Balkenversuchen an. Als Vorversuche hat die Fa. TREFILARBED Bissen S.A. daher an der „Université Polytechnique de Montréal“ Plattenversuche unterschiedlicher Dicke und Durchmesser in Auftrag gegeben (siehe Abb. 2) und die Ergebnisse dieser mit Ergebnissen aus Balkenversuchen verglichen (siehe Tab 1).

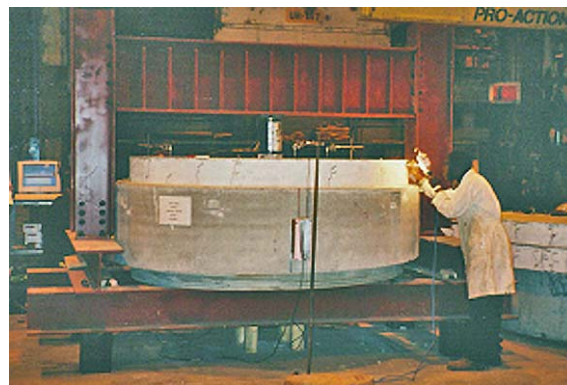


Abb. 2 Plattenversuche zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Stahlfaserbeton an der „Université Polytechnique de Montréal“

Insgesamt wurden erwartungsgemäß bei den Versuchen mit Kreisplatten höhere Werte bei geringerer Streubreite als bei den Balkenversuchen ermittelt. Bei der im späteren Großversuch einer Flachdecke aus Stahlfaserbeton verwendeten Stahlfaserbetonlösung mit einer Faser des Typs Tabix 1,3/50 in einer Dosierung von 100 kg/m³ konnten bei einem Plattendurchmesser von 2,0 m und einer Plattendicke von 20 cm eine mehr als doppelte äquivalente Biegezugfestigkeit und 1,5-fache zentrische Nachrisszugfestigkeit ermittelt werden. Bei der kleineren Platte mit 1,5m Durchmesser und einer Dicke von 15 cm konnten immerhin die 1,9- bzw. 1,3-fachen Werte ermittelt werden, also einer zentrische Nachrisszugfestigkeit von f_{ctu}^f 2,83 N/mm². Mit diesen Werten lassen sich Deckenbauteile aus Stahlfaserbeton wirtschaftlich nach den Vorgaben gem. [1]-[5] nachweisen.

{ N / mm ² }	Rilem TC162 prisms		Slabs f _{req}		Slabs f _{tu}		
	f _{req}	f _{tu}	1500 mm 150mm	2000m m 200mm	1500m m 150mm	2000mm 200mm	
60kg/m ³ 1.15/45	4.64	1.66					1.94
45kg/m ³ 1/60	4.16	1.87	8.54		2.52		2.50
80kg/m ³ 1.3/50	4.96	2.07					2.80
100kg/m ³ 1.3/50	5.12	2.13	9.76	10.98	2.83	3.2	3.00
70kg/m ³ 1/60			9.15		2.83		3.00
80kg/m ³ 1/60	5.76	2.37					3.30
80kg/m ³ 1.15/45	5.00	2.01					2.60
120kg/m ³ 1.15/45	5.65	2.57	10.68	10.64	3.00	3.10	3.00

Tab. 1 Zusammenstellung und Vergleich der Ergebnisse der Versuche an der „Université Polytechnique de Montréal“

Praxistauglicher Stahlfaserbeton mit hohen Faserdosierungen

Durch die Verwendung moderner Hochleistungsfließmittel und Zugabe von Flugasche, ist es möglich, Stahlfaserbeton auch mit höheren Faserdosierungen als den bisher üblichen 20 bis 40 kg/m³ praxistauglich herzustellen. Der Beton wird auf ein Konsistenzmaß von F6 bei einem Wasser/Bindemittel-Verhältnis von maximal 0,5 eingestellt. Die Verwendung speziell entwickelter und relativ kostengünstig zu produzierende Stahlfasern mit gutem Einmischverhalten ermöglichen Faserdosierungen von 100 kg/m³ und mehr. Eine homogene Durchmischung der Fasern im Beton und damit eine gleichmäßige Nachrisszugfestigkeit in allen Betonquerschnitten auf hohem Niveau kann somit sicher gestellt werden. Die oben erwähnten Streuungen von Versuchsergebnissen an Biegebalken halten sich damit in verhältnismäßig engen Grenzen. Eine gute Verarbeitbarkeit und insbesondere Pumpbarkeit ist ebenfalls gewährleistet. Praxisbeispiele belegen dies.

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit an einer Flachdecke

Mit dem in oben beschriebenen Plattenversuch ermittelten Wert des Grundwertes der zentrischen Zugfestigkeit $f_{ct0,u}^f$ von 2,8 N/mm² wird nach [5] zunächst ein Traglastmoment ermittelt. Dabei werden die Dehnungszustände variiert, bis aus der resultierenden Betondruckkraft in der Druckzone des Betonquerschnitts und der resultierenden Faserbetonzugkraft in der Zugzone des Betonquerschnitts ein Gleichgewicht entsteht. In diesem Zustand können die inneren Hebelarme ermittelt und daraus über eine Multiplikation mit den inneren Kräften das Traglastmoment m_{Rd} ermittelt werden. In diesem Rechenschritt werden bereits die Materialsicherheitsbeiwerte und Dauerstandsfaktor gem. [1] und [5] berücksichtigt. Bei einer Bauteildicke von 20 cm und der Verwendung eines Betons der Festigkeit C30/37 ergibt sich ein Traglastmoment von $m_{Rd} = 41,6$ kNm/m.

Das Angenommene und im späteren Großversuch bestätigte Versagensmodell ist auf Johansen bzw. Timoshenko zurückzuführen (siehe hierzu auch [9]). An der Plattenoberseite laufen tangentielle, kreisförmige Risse durch die Auflager und bilden an dieser Stelle Fließgelenke. An der Plattenunterseite bilden sich radiale Risse und Fließgelenke von Feldmitte bis zum Rand des versagenden Bauteils. Diese teilen die Platte in n Kreissegmente. (siehe Abb. 3)

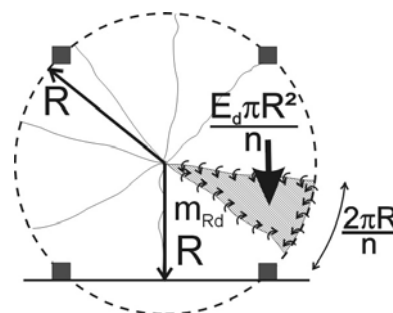


Abb. 3 Versagensmodell einer punktgestützten Flachdecke unter Flächenlast

Im weiteren wird lediglich ein Segment mit der Kreissegmentlänge $2\pi R/n$ betrachtet. Für die Rissbildung von oben gilt das gleiche Traglastmoment wie für Rissbildung von unten. Teilt man die plastischen Momente m_{Rd} in den radialen Rissen in seine tangentialen und radialen Komponenten auf und projiziert die radiale Komponente auf den Rand des Kreissegments, dann lässt sich eine einfache Momentengleichung zur Ermittlung der Traglast E_u aufstellen.

E_u lässt sich demnach mit folgender Formel berechnen:

$$E_u = 6 \cdot \frac{m_{Rd}}{R^2} \cdot (1 + \kappa_{Rand})$$

Mit κ_{Rand} wird ein eventuell vorhandener freier Rand ohne rückdrehende Momente berücksichtigt. Ohne freiem Rand gilt $\kappa_{Rand}=1,0$. Bei einem vollständig freien Rand entlang des gesamten Versagenskreises beträgt $\kappa_{Rand}=0,0$. E_u ist also von der Anzahl der im Versagenszustand gebildeten Segmente n unabhängig. Es ist abschließend zu zeigen, dass die Traglast E_u größer ist, als der Bemessungswert der Einwirkung E_d .

Ein Schubspannungsnachweis bzw. ein Nachweis gegen Durchstanzen kann ebenfalls nach [5] erbracht werden.

Zulagebewehrung zur Verhinderung fortschreitenden Versagens

In der internationalen Normenwelt und so auch in DIN 1045-1 [1] Kap. 13.12 werden Maßnahmen vorgeschrieben, die ein fortschreitendes Versagen des Tragwerks infolge Versagen eines Teiles des Tragwerks verhindert. Gemäß Mitchell / Cook [10] bzw. [11] Kap. 13.4.9 wird daher zusätzlich ausschließlich in der unteren Lage eine Zugbewehrung eingelegt, die ein fortschreitendes Versagen (Anti Progressive Collapse) verhindern sollen. Diese APC-Bewehrung kann wie folgt bestimmt werden:

$$a_{sb,min} = \frac{0,5 \cdot w_s \cdot l_1 \cdot l_2}{0,85 \cdot f_{yd}} \quad \text{mit} \quad w_s = \max \left| \begin{array}{l} p_{k,ges} + g_{k,ges} \\ 2 \cdot g_{k,ges} \end{array} \right|$$

es sind hierbei die charakteristischen Werte der äußeren Verkehrs bzw. Eigenlasten einzusetzen. Mit l_1 und l_2 wird die Größe des betrachteten Feldes angegeben.

Großversuch an einer Flachdecke

Im Oktober 2004 hat die Fa. TREFILARBED Bissen S.A. auf ihrem Werksgelände in Luxemburg in Zusammenarbeit mit der FH Aachen einen Großversuch im Maßstab 1:1 gestartet, um unter Baustellenbedingungen obige theoretischen Ansätze versuchstechnisch zu belegen. Es wurde eine 3x3-feldrige Decke der Dimension 18,3m x 18,3m mit einer Deckendicke von 20 cm auf Stahlstützen mit Kopfplatten der Größe 20cm x 20cm hergestellt. Verwendet wurde ein Stahlfaserbeton mit Fasern des Typs Tabix 1,3/50 in einer Dosierung von 100 kg/m³. Der werksgemischte Stahlfaserbeton wurde mit Fahrmischern auf die Baustelle transportiert und problemlos mit einer Betonpumpe in die Schalung gebracht (siehe Abb. 4).



Abb. 4 *Betoniervorgang der TAB-Slab®-Testdecke in Bissen – problemlose Pumpbarkeit des hochdosierten Stahlfaserbetons*

Versuche im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Vor den Versuchen im Grenzzustand der Tragfähigkeit zur Ermittlung der Traglast wurden Gebrauchstauglichkeitsversuche derart durchgeführt, dass Fässer auf die Decke gestellt wurden und diese sukzessive mit Wasser gefüllt wurden. Die über Schläuche als kommunizierende Röhren miteinander verbundenen Fässer konnten so gleichmäßig gefüllt werden und damit eine gleichförmig verteilte Last aufgebracht werden. Die Fässer wurden dabei entsprechend verschiedener Lastfälle unterschiedlich auf der Decke verteilt (Lastfälle 1 bis 4 siehe Abb. 5-8).

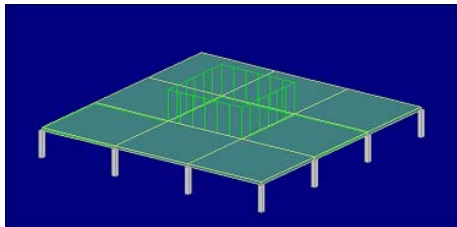


Abb. 5 Lastverteilung Lastfall 1

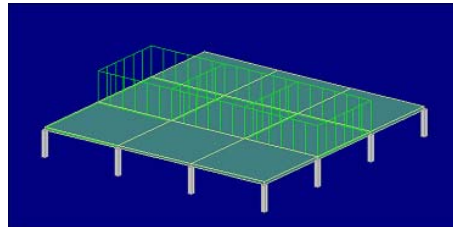


Abb. 6 Lastverteilung Lastfall 2

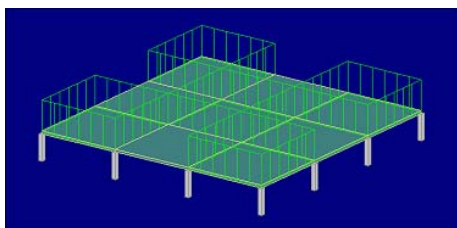


Abb. 7 Lastverteilung Lastfall 3

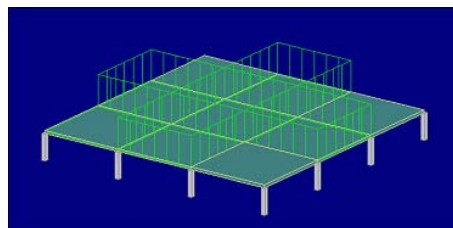


Abb. 8 Lastverteilung Lastfall 4

An der Deckenunterseite wurden die Differenzdurchbiegungen gemessen, dabei wurde die Betonoberfläche auf Rissbildung beobachtet. Lastfall 4 wurde schließlich auf die Dauer von einer Woche konstant gehalten. Eine weitere Zunahme der Verformungen konnte nicht beobachtet werden. Während dieser Versuche haben sich keine Risse gebildet, die auf äußere Lasten zurückzuführen wären. Die Decke verhielt sich rein elastisch.

Versuche im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nacheinander wurden letztlich das Mittelfeld, ein Randfeld und ein Eckfeld mit einer Einzellast in Feldmitte bis zum Versagen belastet. Hierzu wurde ein versetzbarer Rahmen über Ankerhülsen mit den Stützen der Decke verbunden. Eine an diesen Rahmen angebrachte hydraulische Presse erzeugte die erforderlichen Kräfte (siehe Abb. 9). Mit Hilfe elektronische Wegaufnehmer wurden die Differenzverformungen der Platte aufgenommen und dokumentiert (siehe Abb. 10). Die Rissbildung wurde von Plattenoberseite und Plattenunterseite beobachtet und die jeweiligen Rissweiten dokumentiert.



Abb. 9 Versuchsdecke mit Rahmen für Hydraulik



Abb. 10 Unterseite der Versuchsdecke mit elektronischen Wegaufnehmern

Die Lasten wurden in Schritten zu 10 kN bis zur Erstrissbildung gesteigert und schließlich bis zur Traglast hochgefahren. Während der Versuche konnte durchgehend ein duktiler Versagensprozess beobachtet werden, wobei die Decke sich entlang der entstehenden Fließgelenke verformt. In diesen Fließgelenken kommen alle Verformungen zusammen. Nach Erstrissbildung konnten die Lasten um den Faktor zwei bis drei bis zur Traglast gesteigert werden. Exemplarisch sind in Abb. 11-12 das Last-Verformungsdiagramm und das Rissbild von der Plattenoberseite des Mittelfeldes dargestellt.

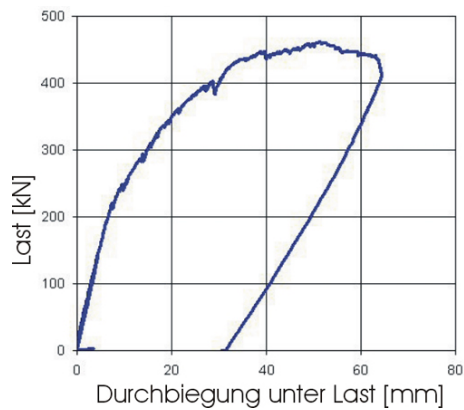


Abb. 11 Last-Verformungsdiagramm unter Einzellast im Mittelfeld

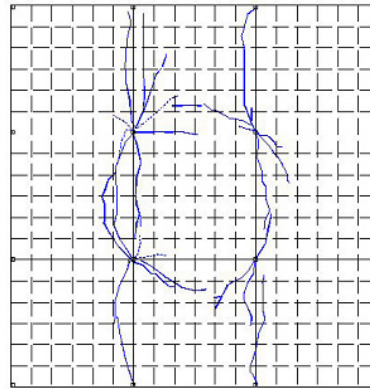


Abb. 12 Rissbild an Plattenoberseite

Im Mittelfeld wurde eine Traglast von 470 kN, im Randfeld von 260 kN und im Eckfeld von 220 kN gemessen. Zu berücksichtigen gilt, dass Rand und Eckfeld durch die Versuche in anderen Feldern bereits eine Vorschädigung hatten. Die zuvor gemachten theoretischen Berechnungen nach den Fließgelenktheorien von Timoshenko bzw. Johansen konnten voll bestätigt werden.

Fazit und Ausblick

Durch die konsequente Anwendung moderner Betontechnologie kann ein Stahlfaserbeton mit hohem Fasergehalten um ca. 100 kg/m³ hergestellt werden, der ein ähnliches Tragverhalten aufweist wie konventionelle Stahlbetonbauteile. Da der Versagensmechanismus eines Stahlfaserbetons jedoch nicht wie bei Stahlbeton das Erreichen der Fließgrenze und letztlich der Riss des eingelegten Stahls, sondern im sukzessiven Ausziehen der Faser aus der Betonmatrix liegt, hat Stahlfaserbeton i.d.R ein höheres Rotationsvermögen, da es bei großen Rissbreiten nicht zu Abrissen der Bewehrung kommt. Somit können auch Decken des üblichen Hochbaus oder andere Bauteile mit hohem Gefährdungspotenzial aus reinem Stahlfaserbeton hergestellt werden. Erste Referenzen in England, Belgien, Lettland und Estland (siehe Abb.13+14) zeigen die Praxistauglichkeit dieser neuen Technologie. Weitere Projekte in Kanada, Österreich, Estland und weiteren europäischen Ländern sind in Vorbereitung.



Abb. 13 + 14 Betoniervorgang eines TAB-Slab-Projektes in Tallinn/Estonia, Kolde Tee

Literatur

- [1] DIN 1045 Teile 1-4, Ausgabe 07/2001
- [2] DBV-Merkblatt „Stahlfaserbeton“, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V., Ausgabe Oktober 2001
- [3] Richtlinie Faserbeton, Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Ausgabe März 2002
- [4] SIA Recommandation 162/6, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Édition 1999
- [5] DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, noch nicht veröffentlicht
- [6] Zitzelsberger, T. und Mandl, J.: Neues DBV-Merkblatt „Stahlfaserbeton“, beton 2002/1 S. 16-20
- [7] DBV-Heft Nr. 7, Beispielsammlung zur Bemessung nach DBV-Merkblatt, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V., Eigenverlag
- [8] Gossla, U., Billes, M. und Stelzer, R.: Bemessung von Fundamentplatten aus Stahlfaserbeton gemäß ÖVBB Richtlinie Faserbeton und DBV-Merkblatt Stahlfaserbeton. Beton- und Stahlbetonbau 07/2005
- [9] Destrée, X.: Structural Application of Steel fibres as only reinforcing in free suspended elevated slabs: conditions – design – examples, sixth RILEM Symposium on fibre reinforced concretes, Varenna, Italy September 04
- [10] Mitchell, D. und Cook, W.D.: Preventing Progressive Collapse of slab structures. Journal of Structural Engineering, Vol 110, N° 7, Juli 1984
- [11] CSA (Canadian standard association): Design of Concrete Structures for buildings. Edition 12/1984
- [12] Gossla, U. und Pepin, R.: Decken aus selbstverdichtendem Stahlfaserbeton. Tagungsband zum Braunschweiger Bauseminar 2004

Untersuchung von Innen- und Außenputzen auf magnesiagebundenen Holzwolleplatten für ein modulares Wandsystem in Mantelbetonausführung

Es wurde die Eignung ausgewählter handelsüblicher Innen- und Außenputze in Kombination mit einer magnesiagebundenen Holzwollebauplatte, die für ein neuartiges, modulares Wandsystem eingesetzt werden soll, untersucht.

Sowohl die Platte als auch die Konstruktion des Wandsystems wurde von Fa. Heraklith AG zusammen mit Herrn Dipl.-Ing. Augustin Heuberger entwickelt. Das Wandsystem wurde zur Zulassung durch die EOTA eingereicht und zertifiziert. Bei diesem üben die Holzwolleplatten sowohl die Funktion einer verlorenen Schalung für Mantelbeton als auch die eines Putzträgers aus. Sie weisen eine Rohdichte von $\geq 630 \text{ kg/m}^3$ und eine Dicke von 25 mm auf. Die Wandelemente bestehen aus parallel angeordneten Holzwolleplatten, die in vertikaler Richtung im Abstand von 30 cm mit Stegplatten, versehen mit Bohrungen, verklebt werden. Derartige Elemente werden auf Anschlag montiert, raumhoch mit einer maximalen Höhe von 3.25 m eingebaut und mit Mantelbeton befüllt. Es sollen in der Praxis übliche Putzsysteme für den Innen- und Außenbereich appliziert werden.

Die Untersuchungen wurden an einer Auswahl von 14 handelsüblichen Putzmörteln, die von fünf österreichischen Herstellern stammen und für den Innen- und Außenbereich eingesetzt werden, durchgeführt und deren Verbund mit der magnesiagebundenen Bauplatte charakterisiert. Die Mörtel enthalten Bindemittel auf Basis Kalk-Gips bzw. Kalk-Zement und wurden im Rahmen von Laborversuchen hinsichtlich ihrer charakteristischen Eigenschaften untersucht. Die Kennwerte der Trocken- und Frischmörtel und Mörtel im erhärteten Zustand wurden dabei nach ÖNORM B 3343 bzw. mit Hilfe nicht-normgemäßer Methoden bestimmt. Außerdem erfolgte eine chemisch-mineralogische Untersuchung der Trockenmörtel. Zur Charakterisierung des Verbundes Putz/Putzgrund wurde die Haftzugfestigkeit und die Oberflächenhärte des Putzes nach Erhärten auf der magnesiagebundenen Bauplatte ermittelt. Auch wurde das Dehn-/Schwindverhalten des Putzes gegenüber der Holzwolleplatte geprüft.

Die Ergebnisse ermöglichen die Auswahl von Putzmörteln hinsichtlich ihrer Verbundeigenschaften mit der magnesiagebundenen Holzwollebauplatte und lassen eine Beurteilung ihrer Eignung bei Anwendung für das neuartige modulare Wandsystem vor Applikation auf der Baustelle zu.

Andrea V. Kirschner, Harald Harmuth
Christian Doppler Labor für Eigenschaftsoptimierte Baustoffe und
Institut für Gesteinshüttenkunde
Montanuniversität Leoben
Peter-Tunner-Straße 5, 8700 Leoben
Tel. 03842 402 3205
Fax 03842 402 3202
Email: Andrea.Kirschner@unileoben.ac.at



Kurzfassung zum Vortrag

Werksgefertigte Fassadenelemente aus selbstnivellierendem Hochleistungsbeton

Dr. R. Röck, Dipl.-Ing. (FH) T. Ostheimer

Die Bank für Tirol und Vorarlberg (BTV) errichtet in Innsbruck unter dem Titel “Stadtforum Innsbruck“ ein neues Bankgebäude. Den Architekturwettbewerb konnte Herr Mag. Heinz Tesar für sich entscheiden.



Dabei werden als Fassadengestaltung verglaste Betonrahmen mit einer Abmessung von 300x300 cm eingesetzt (Bild 1). Die Elemente sollten auf Wunsch des Architekten eine möglichst schlanke Struktur aufweisen. Daher ergab sich im Querschnitt eine konisch von Innen 12 cm auf Außen 8 cm verlaufende Form, mit einer Tiefe von 34 cm. Aufgrund dieser schlanken Form ergibt sich ein sehr hoher Armierungsgehalt.

Bild 1

Auf Basis dieser Voraussetzungen ergeben sich folgende Anforderungen an den Beton:

- völlig lunkerfreier, scharfkantiger Sichtbeton
- selbstnivellierend, selbstverdichtend
- Druckfestigkeit >80 MPa
- Geringes Schwinden <1‰
- Ausschalen nach 18 Stunden

Um eine hohe Druckfestigkeit bei extremer Fließfähigkeit des Frischbetons zu erreichen muss der Wasseranspruch der Gesamtmischung minimiert werden. Der Wasseranspruch kann gesenkt werden indem die Sieblinie sowohl im Bindemittel als auch im Zuschlag optimiert wird.

Ein Instrument zur Beurteilung der Sieblinie ist die Fullerkurve. Diese ist eine Funktion zur Optimierung der Partikelgrößen die einen minimalen Hohlraum zwischen den Partikeln ergibt. Werden in einem Diagramm einige Korngemische gegen die Fullerabweichung aufgetragen wird ein Trend sichtbar der bei niedriger Fullerabweichung (Fehlerquadrate) einen niedrigen Wasserbedarf ergibt. Die Abweichungen ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Kornform und unterschiedlichen stofflichen Zusammensetzung.

Ziel ist es eine möglichst große Deckungsgleichheit zwischen Fullerkurve und der Kornverteilung vom Bindemittel und Zuschlag bis zum Größtkorn zu erzielen.

Um eine ausreichende Siebliniengenauigkeit über den gesamten Bauzeitraum zu erreichen kann nur ein Fertigprodukt zur Anwendung kommen. Das Fertigprodukt wurde aus drei Bindemittel- und drei Sandkomponenten in Verbindung mit Zusatzmitteln zusammengesetzt. Um ein Entmischen des Trockenmaterials während des Transportes zu unterbinden, wurde das Material mit der Bezeichnung ViscoFill 4 in zwei Komponenten angeliefert (1/1,2mm und 1,2/4mm).



Die Verarbeitung erfolgt bei einem W/B = 0,26 mit 0,2% Hochleistungsverflüssiger, bezogen auf den Bindemittelanteil. Das ergibt ein Fließmaß von 72 cm mit dem Ausbreitmaßtrichter und 82 cm mit dem Slumptrichter (Bild 2).

Bild 2

Der Klinkergehalt im Frischbeton liegt bei 200 kg/m³, damit ist eine niedrige Hydratationswärme gegeben (Bild 3).



Bild 3

Als Schalung wurde eine verleimte Mehrschichtplatte verwendet.

Nach mehreren Versuchen erwies sich ein Betonabstandshalter mit Kegelform, der einige Stunden vor Betonierbeginn wassergelagert wurde als beste Variante.

Das Schwindmaß war mit <1‰ begrenzt. Diese Vorgabe konnte mit einem gemessenen Wert von 0,55‰ leicht eingehalten werden.

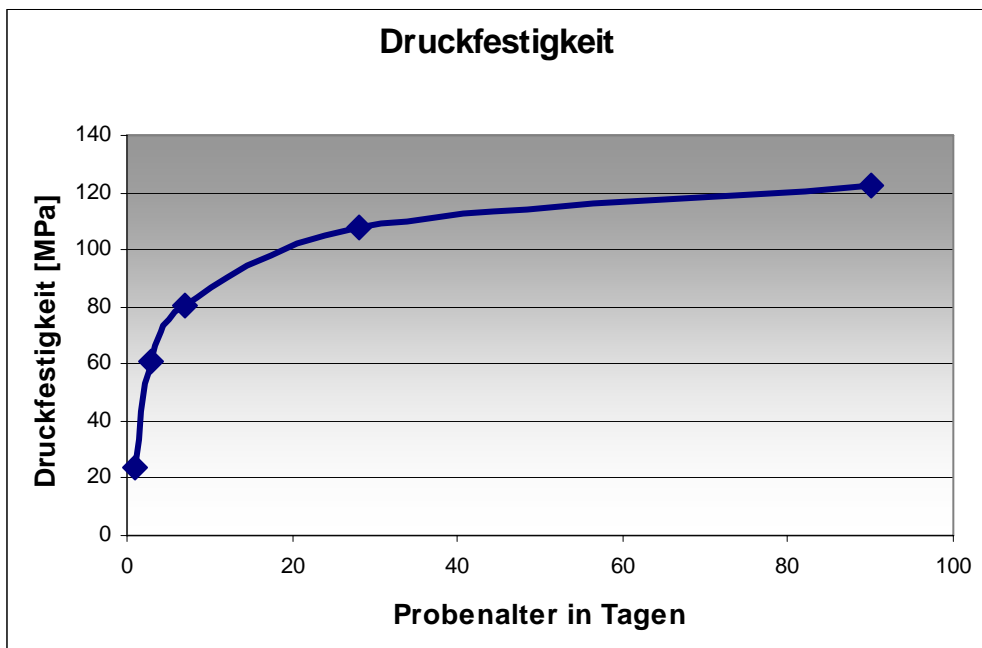
Die Druckfestigkeit musste aus statischen Gründen über 80 MPa liegen: (Bild 4)

Druckfestigkeit:	1 Tag:	24 MPa
	7 Tage:	81 MPa
	28 Tage:	108 MPa
	90 Tage:	123 MPa

Zusammenfassung:

Durch die optimierte Sieblinie des Bindemittels und der Zuschläge kann mit einem sehr niedrigen W/B-Wert und geringem Fließmittelverbrauch, ein sehr hohes Fließmaß und eine sehr hohe Druckfestigkeit erreicht werden.

Bild 4:



Stabilisierung tagesnaher Grubenbaue im Standwasser mit Schwarzl Stollen-SSM

Zusammenfassung

Beim tagesnahen Braunkohlenaltbergbau in Österreich steht ein Großteil der noch offenen Grubenbaue im oder nahe am Standwasser. Zur Stabilisierung eines Teils der tagbruch- und senkungsgefährdeten Verdachtsflächen wurde von der GKB-Bergbau GmbH in Zusammenarbeit mit der Firma Karl Schwarzl Betriebs-GmbH, einem steirischen Baustoffhersteller und -verarbeiter ein neues Verfüllmaterial (Stollen-SSM) und ein geeignetes Verfahren zur Einbringung in wassergefüllte Hohlräume des Altbergbaus entwickelt.

1 Allgemeines

Allein im Weststeirischen Braunkohlenrevier in Österreich wurden in den letzten 200 Jahren in einer Vielzahl von Gruben- und Tagbaubetrieben über 160 Mio t tertiärer Braunkohle gewonnen. Um der im MinroG 1999 normierten Sicherungspflicht des Bergbauberechtigten nachzukommen, wurden in den letzten Jahren eine Fülle von Aktivitäten, im Zusammenhang mit der Evaluierung dieser Altbergbaue, vorgenommen. Ein besonderes Gefährdungspotential kommt dabei Bereichen zu, in denen offene tagesnahe Grubenbaue nahe dem, bzw. über dem Standwasserspiegel anstehen. Zur Sicherung der Oberflächennutzung auf erkannten Verdachtsflächen sind, abhängig vom Einzelfall, alternativ bzw. ergänzend zu bautechnischen Sicherungsmaßnahmen an der Oberfläche, Stabilisierungsmaßnahmen für die Grubenbaue notwendig. Deren Durchführung wird durch die Wasserfüllung der Hohlräume und deren offene Verbindung in die Teufe erschwert. Mit üblichem „Dämmermaterial“ konnte der gewünschte Stabilisierungserfolg bei den vorliegenden Verhältnissen nicht erreicht werden. Daher wurde in Zusammenarbeit zwischen Baustoff- und Bergbauunternehmen ein geeignetes Material für die Verfüllung derartiger wassergefüllter Hohlräume entwickelt und dessen Einbringung mit Hilfe einer Standardtechnologie erprobt.

2 Vorgehensweise bei der Stabilisierung von Verdachtsflächen

2.1 Erkundung

Basis für die Erkundungsarbeit an Verdachtsflächen aber auch bei Akutfällen (Erdfall, Nachsenkung) sind das Grubenkartennetz und die Oberflächensituation. Die typische Schichtenfolge des Hangenden der alpinen tertiären Kohlenlagerstätten besteht aus verfestigtem schluffig-tonigem Tertiär, überlagert von mehreren Metern sandig-kiesigem Quartärmaterial, bei mäßig geneigtem Schichteneinfallen. Für zielführende Erkundungen sind Bohrungen unerlässlich. Sowohl Ansatzpunkte, als auch Zahl der Erkundungsbohrungen sollten unter Berücksichtigung der späteren Verfüllmaßnahmen festgelegt werden. Es werden Bohrdurchmesser von 90 bis 150 mm verwendet. Die Bohrungen werden entsprechend der Komplexität des Grubengebäudes mit einem Bohrlochabstand von 5 bis 10 m abgeteuft. Bei den Erkundungsbohrungen werden die Schichtenfolge und die Grund/Standwasserverhältnisse erfasst und dokumentiert. Mögliche Vorfluter und Wasserwegigkeiten für verdrängtes Standwasser werden ebenfalls erhoben und haben Einfluss auf die Art der nachfolgenden Verfüllung. Sollte ein hinreichendes Verdrängen des Wassers nicht möglich erscheinen,

wird der Einsatz von Rohrpumpen vorgesehen. Die Erkundungsmaßnahmen setzen an der Grenze des künftigen Verfüllbereichs nach der Teufe hin, von den Tiefpunkten ausgehend an.

2.2 Verfüllplan

Ziel des Verfüllplans ist es, die uneingeschränkte Nutzung der Tagesoberfläche im Stabilisierungsbereich durch Verfüllung der erkundeten Primär- und Sekundärhöhlräume zu ermöglichen.

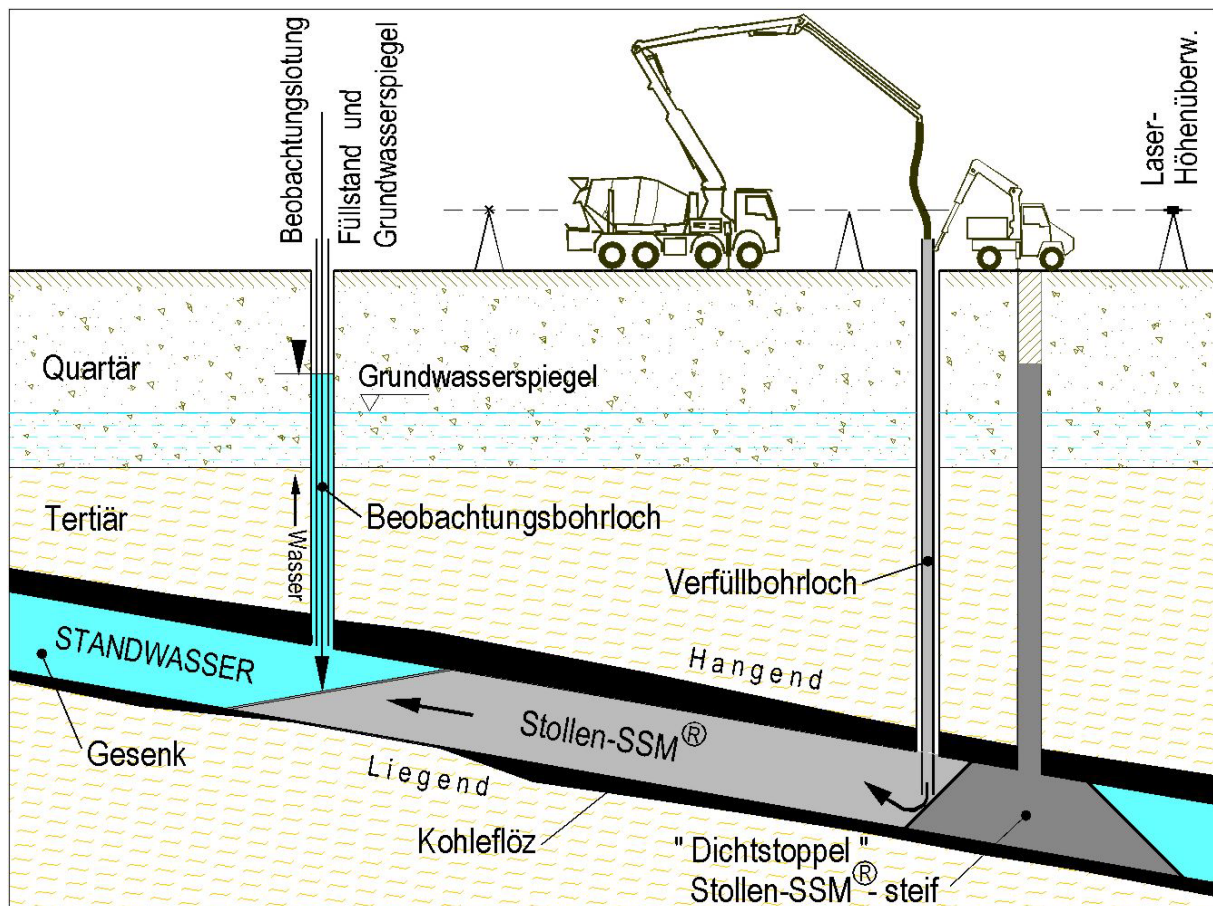
In einem ersten Schritt wird versucht den Verfüllbereich mit sog. „Dichtstoppeln“ nach der Teufe hin abzugrenzen. Sowohl offene Grubenbaue als auch anstehender Alter Mann sind in diesen ersten Schritt einzubeziehen. Ebenso ist das Verhalten des Standwasserspiegels von Beginn an zu beobachten, um die Annahmen bezüglich des Verhaltens des verdrängten Wassers zu verifizieren. Nach der Begrenzung des Verfüllbereichs nach unten hin beginnt, nach dem Aushärten der Abdichtung zur Teufe hin, die druckhafte Auffüllung unter ständiger Beobachtung der Nachbarbohrlöcher (SSM-Füllstand und Wasserspiegellage) und der Tagesoberfläche (Hebungen) (Abb.1). Die Einbringung des Verfüllmaterials in die Bohrlöcher erfolgt mittels konventioneller Transportbetonpumpen über die verrohrten Verfüllbohrungen. Sobald in den umgebenden Beobachtungsbohrlöchern der Füllstand bis nahe zur Firste angestiegen ist, wird auf eine andere Füllstelle umgesetzt. Das teilgefüllte Kontrollbohrloch wird bis zur Firste hochgezogen und möglichst erst nach einer Abbindephase als Verfüllbohrloch weiterverwendet und die nächsten nach oben hin liegenden Bohrlöcher werden zu Kontrollzwecken herangezogen. Wesentlich ist, dass eine ausreichende Zahl von Verfüllbohrlöchern zur Verfügung steht, um im Bedarfsfall planmäßig umsetzen zu können.

2.3 Verfüllmaterial

Das Verfüllmaterial Schwarzl Stollen-SSM ist eine fließfähige, hydraulisch erhärtende Mischung mit einer Frischrohddichte $\rho > 2000 \text{ kg/m}^3$, welche durch einen besonders kompakten Kornaufbau und die Zugabe von stabilisierenden Zusätzen beim Einpumpvorgang unter Wasser nicht sedimentiert und trotz vorhandenem Sickerfließens im Standwasser den Vorgaben entsprechend aushärtet.

Die Auswahl des Bindemittels und der Füllstoffe richtet sich nach den erkundeten und zu erwartenden Umgebungsbedingungen. Im Besonderen darf das Abbinden der Verfüllung bei stärkerem Sickerfließen nicht zu langsam erfolgen um ein Auswaschen zu vermeiden. Gegebenenfalls sind die durchaus möglichen chemischen Angriffe aus dem umgebenden Milieu zu berücksichtigen. Die Konsistenz kann so eingestellt werden, dass für die Füllraumbegrenzung unter Wasser („Dichtstoppel“), Einbringböschungswinkel von bis zu 40° (Stollen-SSM-steif) erreicht werden können. Für die Verfüllung selbst kann dieser Winkel bis auf wenige Grade abgesenkt werden, sodass der (Füll-) Bohrlochabstand mehrere Meter betragen kann und auch kleine und teilverbundene Abschnitte stabilisiert werden. Sämtliche Komponenten des Stollen-SSM halten die Wassergefährdungsklasse 1 gemäß dem Katalog der wassergefährdenden Stoffe 1996 des Deutschen Bundesumweltamtes ein.

Die hohe Rohddichte des Stollen-SSM gewährleistet auch bei teilweiser Füllung der Hohlräume mit Feststoffen in breiiger Konsistenz, die Unterwanderung dieses Schlammes bzw.



des vorhandenen Kohlekleins und eine kontrollierte Verfüllung im vorzugebenden Festigkeitsrahmen. Angestrebt wird üblicherweise eine Druckfestigkeit nach 90 Tagen von $\sigma_{90} > 2 \text{ N/mm}^2$, gemäß der Betonprüfnorm ÖNORM B 3303, an repräsentativen Kontrollbohrkernabschnitten.

Zur Erzeugung, Transport und Förderung des Stollen-SSM werden herkömmliche Geräte aus der Transportbetonindustrie, wie Betonmischanlage, Fahrmischer und Betonpumpe verwendet.

Abb. 1: Schematische Darstellung des Verfüllungsablaufes

Damit sind keine Sondergeräte oder Spezialfirmen notwendig, sodass die für die Bearbeitung einer Vielzahl von kleinräumigen Projekten im alpinen Bergbau notwendige Flexibilität gegeben ist.

2.4 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung für das angelieferte Verfüllmaterial erfolgt in einem ersten Schritt im Herstellerbetrieb selbst. In Abstimmung auf die erkundeten Bedingungen unter Tage wird eine Erstprüfung zur Festlegung der Rezeptur durchgeführt. Füllstoffe, Bindemittel und Additive werden im Rahmen der Eingangskontrolle geprüft. Die Herstellung des Stollen-SSM unterliegt der für Transportbetonerzeugung üblichen Gütekontrolle. Die Stabilität des Füllmaterials gegen Auswaschen und Entmischung beim Einbau unter Wasser wird mittels eines Sonderverfahrens von einem akkreditierten Baustoffprüfinstitut vor und turnusmäßig während jeder Verfüllkampagne geprüft. Darüber hinaus wird die Einhaltung der in der Tabelle 1 beispielhaft angeführten Parameter unmittelbar vor dem Einbau auf der Baustelle laufend kontrolliert. Zu-

sätzlich werden je Verfülltag Probekörper zur Bestimmung der Druckfestigkeit gemäß ÖNORM B 3303 hergestellt. Hier gelangen zwecks besserer Vergleichbarkeit mit den Prüfergebnissen der Bohrkerne, ebenfalls zylindrische Proben zur Prüfung.

Bezüglich der zu erreichenden Endfestigkeiten sind sowohl die Qualitätsstreuung des angelieferten Stollen-SSM, als auch die Festigkeitsabnahme im Zuge des Einbaues unter Wasser (mit all seinen Unwägbarkeiten, z.B. mögliche Einschlüsse) zu berücksichtigen.

	Ausbreitmaß [cm]	Fließbreitmaß [cm]	Frischrohddichte [kg/m³]
Stollen-SSM	60 - 70	40-45	2000 - 2200
Stollen-SSM steif	38 - 45	--	2000 - 2200

Tabelle 1: Beispielhafte Stollen-SSM- Eigenschaften beim Einbau

sichtigen. Bei anzustrebenden Festigkeiten der Kontrollbohrkerne von $\sigma_{90} > 2 \text{ N/mm}^2$ ist sowohl bei Stollen-SSM als auch bei Stollen-SSM-steif eine Prüfkörperfestigkeit von $\sigma_{90} > 5 \text{ N/mm}^2$ zu verlangen.

2.5 Einbringen des Verfüllmaterials

Beim Einbringen von Stollen-SSM[®] in wassergefüllte Grubenhohlräume sind die für Unterwasserbeton üblichen Richtlinien und Begleitmaßnahmen sinngemäß zu beachten. Hierbei ist das Einbringen des Materials „ohne Reißen“ des Füllfadens von besonderer Bedeutung. Die Verfüllleistung wird dabei nicht nur durch die mögliche Betonfördermenge, sondern auch durch die laufend zu beobachtende Reaktion des wassergefüllten Hohlräumensystems bestimmt. Deshalb kommt auch der Auswahl der einzusetzenden Betonpumpe hinsichtlich Regelbarkeit der Pumpleistung, aber auch hinsichtlich deren Achslasten großer Bedeutung zu. Jedenfalls muss ein geordnetes Verdrängen des Standwassers und etwaiger Feststoffkomponenten im Hohlraum gewährleistet sein, ohne dass es durch zu hohen Druck zu Hebungen an der Tagesoberfläche kommt.

2.6 Nachweis des Verfüllerfolgs

In Abstimmung mit der zuständigen Aufsichtsbehörde ist ein bloß rechnerischer Verfüllungsnachweis aufgrund erbohrter, kartenmäßig erfasster und/oder geschätzter Hohlraumgeometrie nicht ausreichend, um den stabilisierten Zustand zu belegen. Einziges für den Nachweis der setzungsfreien, erosions- und lagebeständigen Verfüllung akzeptiertes Verfahren sind Ergebnisse aus Kontrollkernbohrungen, wobei an repräsentative Kernabschnitten wie erwähnt eine einaxiale Mindestdruckfestigkeit von $\sigma_{90} > 2 \text{ N/mm}^2$ gemäß ÖNORM B 3303 nachzuweisen ist. Die Ansatzpunkte und die Zahl der Kontrollbohrungen werden projektspezifisch im Einvernehmen mit der Aufsichtsbehörde festgelegt.

Grundsätzlich sei ausdrücklich betont, dass die geforderten Ergebnisse hinsichtlich Verfüllungsgrad und Festigkeit und damit Erosionsbeständigkeit der Verfüllung nicht durch das Material alleine, sondern nur im Zusammenwirken mit einem kontrollierten und sachgerechten Einbau zu erreichen sind.

Eine erfolgreicher Möglichkeit dafür wurde durch die GKB-Bergbau GmbH in Zusammenarbeit mit der Firma Karl Schwarzl Betriebs-GmbH im Rahmen mehrerer Versuchs- und Verfüllprojekte aufgezeigt.

Autoren:

Dipl. Ing. Helmuth LANDSMANN
Prokurist, Leitung Bergbau
GKB-Bergbau GmbH

Franz PODHRASKI
Produktionsleiter
Schotter- u. Betonwerk
Karl Schwarzl Betriebs-GmbH

Helle Betonfahrbahndecken auch bei dunklem Gestein Erhöhung der Sicherheit

Die Helligkeit von Betonfahrbahndecken ist, neben einer Vielzahl weiterer, ein wesentlicher Vorteil dieser Bauweise gegenüber Asphaltdecken, da eine hellere Fahrbahn sich positiv auf die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer auswirkt.

Der Haupteinflussfaktor für die Erzielung einer ansprechenden Helligkeit ist, neben der verwendeten Gesteinskörnung, die unterschiedliche Matrix (bituminös bzw. Zementstein). Helle Gesteinskörnungen garantieren seit über 40 Jahren ein hohes Niveau bezüglich Helligkeit, da aber in letzter Zeit vermehrt dunkle Gesteinskörnungen für Waschbetondecken zum Einsatz gekommen sind, wurden durch das VÖZFI Versuche durchgeführt um auch mit dunklen Gesteinskörnungen ein vergleichbares Ergebnis zu erhalten.

Durch den Einsatz von Titandioxid wurden, wie nachstehend dargestellt, sehr gute Ergebnisse erzielt werden:



Bild 1: Helle Gesteinskörnung

Bild 2: Dunkle Gesteinskörnung

Bild 3: Dunkle Gesteinskörnung mit
Titandioxid

Vergleichbar mit anderen Bereichen im Bau, z.B. Verputzsysteme, kann auch hier mit Hellbezugswerten für Ausschreibungsanforderungen gearbeitet werden.

Vorteile dieser Anwendungsart:

- Verbesserung der Sicherheitsaspekte, da neben einer Erweiterung des Sichtfeldes auf Straßen oder in Tunnels auch die subjektive Sicherheit, z.B. auf Schutzwegen oder Gehwegen allgemeiner Art in der Nacht verstärkt wird.
- Die Griffigkeitseigenschaften bleiben, im Gegensatz zu nachträglich aufgetragenen Beschichtungen erhalten.
- Einfache Anwendung
- Einsparungspotential aufgrund erheblich geringerer Beleuchtungskosten

Anwendungsmöglichkeiten:

- Betondecken
- Tunnel (sowohl für Betondecke als auch für Tunnelauskleidung selbst), siehe Bild 4
- Innerstädtischer Bereich
 - Kreuzungsplateaus
 - Fußgängerübergänge



Bild 4: Tunnel

Mit dieser, in ihrer Anwendung denkbar einfachen, Modifikation der Betonzusammensetzung kann das Ziel einer Erhöhung der Sicherheit auf Verkehrsflächen, sowohl innerhalb als auch außerhalb von Tunnelbereichen, unter gleichzeitiger Reduktion der Life-Cycle-Costs für eine Vielzahl von Anwendungen erreicht werden.

7.11.2005
DI Stefan Krispel, Forschungsinstitut der VÖZ, Wien

Dr. Horst Seiser, Wien
Dipl.-Ing. Franz Brandauer, Salzburg

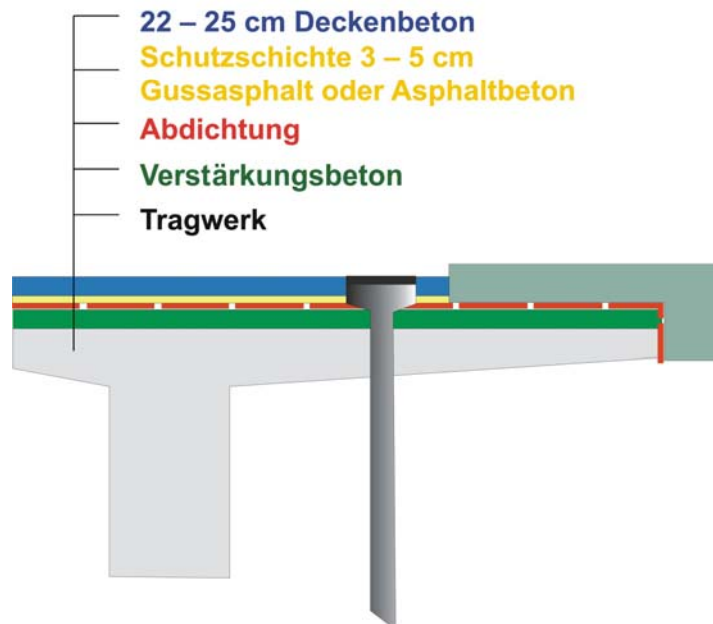
Betonfahrbahnen auf Brücken und Kunstbauten – neue Lösungsansätze

Stetig zunehmendes Verkehrsaufkommen, ein hoher Anteil an Schwerfahrzeugen mit steigenden Achslasten stellen an die Fahrbahndecken immer höhere Anforderungen. Die Intervalle der Deckenerneuerung sollen möglichst verlängert und Zwischeninstandsetzungen vermieden werden.

Besonders im hochrangigen und stark befahrenen Straßennetz bewirken Baustellen umfangreiche Behinderungen im Verkehrsfluss mit großem volkswirtschaftlichem Schaden. Der Druck auf immer stabilere Fahrbahnaufbauten und kurze Bau- und Instandsetzungszeiten steigt. Für Betondecken auf Brücken und anderen Kunstbauten möchte ich einige, teils versuchstechnisch und praktisch untermauerte Lösungsansätze vorstellen:

Derzeitiger Regelaufbau auf Brücken

Derzeitiger Aufbau



Nachteile dieser Bauweise:

- hohes Eigengewicht
- Eindringen von Tausalz wässern durch die Fugen in die Asphaltbetonschutzschicht

- Probleme mit der Abdichtungsentwässerung
- Zerstörung des Deckenbetons von unten – Einbrüche der Decken
- Wasseraustritte aus den Fugen und Aufbau von glatten Sinterflächen
- Schieben der Betondecke auf relativ glatten Untergrund
- Klappern der Betondecken in Zeiten trockener Witterung

Lösungsansätze

- Tragwerke sind für Deckenaufbauten ein hochwertiger Untergrund mit hoher Druckfestigkeit und geringen Verformungen
- Ausgleich der Temperaturverformungen von Brückenbauwerken mit größeren Stützweiten mit Lager, Fahrbahnübergangskonstruktionen udgl.
- gut wartbare Entwässerungsanlagen
- hohe Verbundwirkung der einzelnen Schichten bei entsprechender Oberflächenvorbereitung

Für neue Deckenaufbauten sollten deshalb die Möglichkeiten neuer Bau- und Berechnungsmethoden eingesetzt werden.

Berechnungsmethoden

Tragwerk: Deckenaufbau ist Eigengewichtszustand und als Auflast zu rechnen.

Decke: Bei hoher Verbundwirkung trägt die Fahrbahndecke am Gesamtsystem mit. Rissbildungen in der Decke und Schubbeanspruchungen in der Verbundfuge sollen am Verbundsystem mit nichtlinearen Rechenmodellen ermittelt werden.

Oberflächenvorbehandlung

Die Verbundfuge Tragwerk-Decke oder Tragwerk-Abdichtung und Abdichtungsdecke ist für das Verhalten der Fahrbahndecke von hoher Bedeutung. Die Rauheit der Oberfläche ist zu definieren und mit geeigneten Messmethoden (Laserscannen) zu ermitteln. Die Sandfleckmethode ist nicht unbedingt geeignet. Bei Kontaktfugen muss auch die Oberflächenfeuchtigkeit (mattfeucht bei Betonfugen) entsprechen. Hier werden die Grenzparameter noch genauer festgelegt.

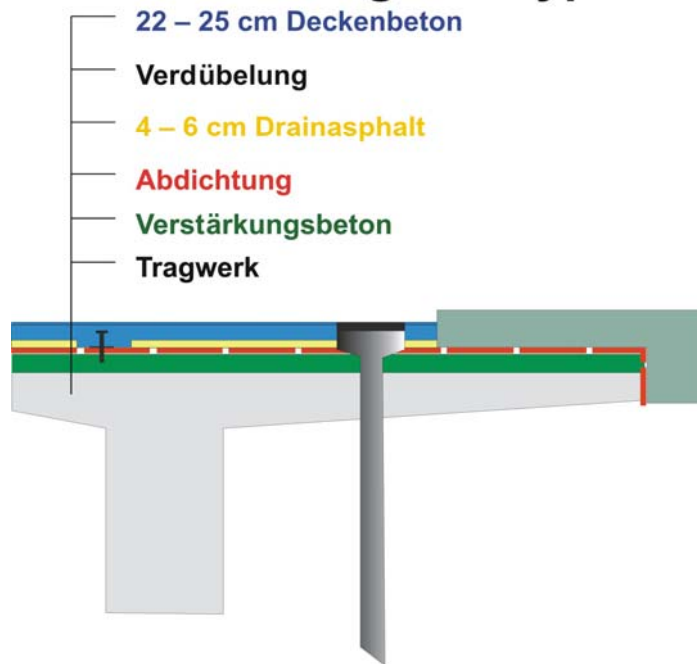
Betonqualität

Zur Erzielung einer hohen Verbundwirkung und Dichtheit des Betones sind besonders schwindarme Betone einzusetzen. Schwindmaß $< 0,2$ und $W/B < 0,4$. Durch hohe Zementqualitäten und geeignete Zusatzmittel muss die Pumpfähigkeit und die

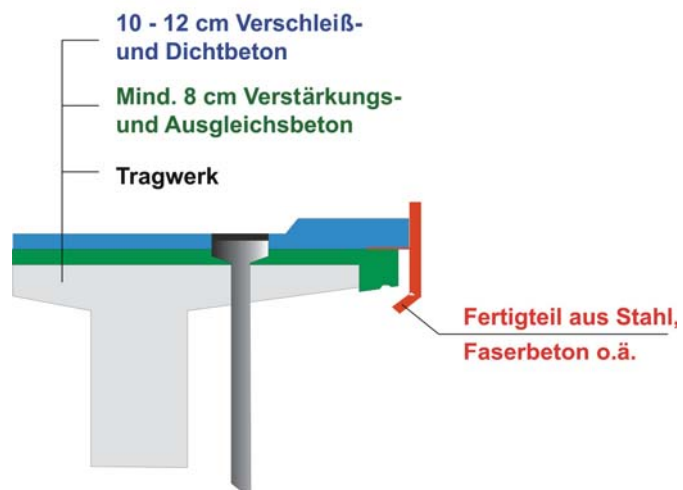
Verarbeitbarkeit gewährleistet werden (Klebrigkeit, kein einnivellieren der Oberfläche).
Besondere Sorgfalt ist bei der Nachbehandlung erforderlich.

Entwicklungen für die Zukunft

Neuentwicklungen – Typ 1



Neuentwicklungen – Typ 2 (für kurze Kragarme)



Das Verbundverhalten zweier Betonschichten auf entsprechend vorbehandelten Betonoberflächen ohne oder mit schwacher Verdübelung ist an Großversuchen der TU-Graz bereits umfangreich dynamisch erfolgreich getestet. Mit Sonderzementen konnten in Zusammenarbeit mit Univ. Prof. Walter Lukas, der Zementindustrie und dem Betonbauwerk Deisl aus Salzburg hochwertige, besonders schwindarme Verbundbetone entwickelt werden und wurden diese bereits baupraktisch eingesetzt. In Zusammenarbeit mit dem Joanneum Graz wurden Erstversuche zur Bestimmung der Oberflächenrauigkeit mit einem Breitbahnlasers durchgeführt. Ein Prototyp eines baustellengerechten Messgerätes ist in Vorbereitung (Messung 60 cm breit und Aufnahme in Schrittgeschwindigkeit ist derzeit geplant).
Bezüglich Brückenabdichtung hat sich besonders Herr Dr. Horst Seiser, Fa. Toro Wien und die Fa. Conica Technik eingesetzt. Hoch schubfeste Brückenabdichtungen als Untergrund für die Fahrbahndecke sind bereits getestet.
Die bisherigen Forschungsvorhaben wurden besonders durch das BMVIT, den technischen Universitäten Graz und Innsbruck, das Land Salzburg und im Zuge von Bauvorhaben durch die ASFINAG unterstützt.

Die Neuentwicklungen sollen in Zukunft die Probleme der Betondecken auf Brücken und anderen Kunstbauten minimieren und wirtschaftliche und erhaltungsfreundliche Baumethoden ermöglichen.