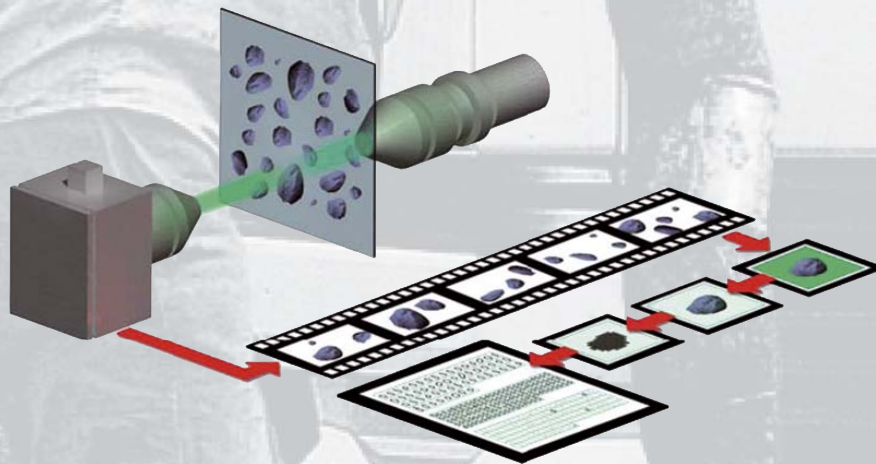


KOLLOQUIUM 2006



Forschung &
Entwicklung
für Zement
und Beton



Kurzfassungen
der Beiträge

Ausgabe 24. 11. 2006

BETON
ZEMENT



Die FFG als Partner für Innovationsprojekte in der Bauwirtschaft

DI Theresia VOGEL-LAHNER, DI Peter SCHÖRGHOFER, FFG, Wien

BETONTECHNOLOGIE / VERFAHREN

Neueste Ergebnisse von Forschung, Entwicklung und Prüfung von Leichtbeton

DI Thomas SCHÖNBICHLER, Cooperative Leichtbeton, Wien

Prüfung der Zugfestigkeit und Zugdehnung von UHPC (ultrahochfestem faserverstärktem Beton)

– ein Beitrag zur Qualitätsüberwachung innovativer Betonbauteile

DI Joachim JUHART, FH Technikum Kärnten, Baulabor, Spittal/Drau

Dr.techn. Bernhard FREYTAG, DI Josef LINDER, TU Graz, Labor für Konstruktiven Ingenieurbau, Graz

Ursachen der Gefügeschädigung silikatstaubhaltiger hochfester Betone bei einem Frostangriff

Dr. Volkert FELDRAPPE, Lafarge CTEC GmbH, Mannersdorf

Porosität und Gefüge des Feinmörtels in jungem Beton

Univ.-Doz. DI Dr. Peter NISCHER, DI Dr. Jürgen MACHT, Forschungsinstitut der VÖZ, Wien

LITRONIC FMS 11 - zuverlässige Feuchtemessung von Liebherr

Thomas MAIER, Liebherr-Mischtechnik GmbH, D-Bad Schussenried

FASERBETON

Das Kriechen von Faserbetonen im Nachrissbereich

Prof. DI Dr. Wolfgang KUSTERLE, Tobias BAST, Andreas EDER, FH Regensburg, D-Regensburg

Biaxiales Bruchverhalten von stahlfaserverstärktem Beton

Prof. DI Dr. Elmar Karl TSCHEGG, TU Wien, E138, Labor für Materialwissenschaften, Wien

Baulicher Brandschutz in Straßenverkehrsbauten mit Faserspritzbeton

Bmstr. Ing. Günter VOGL, Junger BaugesmbH, Irdning

INSTANDSETZUNG

Instandsetzungsprodukte für Beton und Stahlbeton nach der neuen europäischen Normung

HR DI Wolfgang TALMANN, NÖ Landesregierung / Brückenbau, St. Pölten

Visualisierung des Anionen- und Kationen-Transportes, Quantifizierung des Cl- und S-Gehaltes mittels Laser-induzierter Plasma Spektroskopie (LIBS)

Dipl.-Phys. Gerd WILSCH, DI André MOLKENTHIN, Bundesanst. f. Materialforschung u. -prüfung, D-Berlin

Charakterisierung und Schadensanalyse von Baustoffen mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie

Dr. Angelika REICHMANN, Zentrum f. Elektronenmikroskopie, Graz

NEUE ZEMENTE / BINDEMittel / ZUSATZMITTEL

Methoden zur Beurteilung der Sulfatbeständigkeit

DI Florian PETSCHARNIG, Techn.Büro f. Verfahrenstechnik Brückl

Dr. Christof GRAIMANN, HTBLVA Villach

CEM III/A 52,5 N-HS/NA – Der Zement mit besonderen Eigenschaften

Ing. Peter BILGERI, Cemex Hüttenzement GmbH, D-Dortmund

Stärke als Rückprallminderer in Spritzbeton

Dr. Karl-Jürgen MANN, Zuckerforschung Tulln, Tulln

Sommerzement im Transportbeton – CEM III/A 32,5 R

Dr. Markus PFEUFFER, Rohrdorfer Transportbeton, D-Rohrdorf

ENTWICKLUNGEN / BAUPRAXIS

Verkehrskreisel mit Betonfahrbahnen – Erfahrungen in der Schweiz

DI Rolf WERNER, BEVBE, CH-Bonstetten

Decken ohne Betonstahlbewehrung

Univ.-Ass. DI Sebastian Zoran AMBRO, Univ.-Ass. DI Dr. Stefan L. BURTSCHER, DI Veronika LÖFFLER,

Prof. Dr.-Ing. Johann KOLLEGER, TU Wien, Insitut f. Tragkonstruktionen-Betonbau

Vom Bogenklappverfahren zum Brückenklappverfahren

Prof. Dr.-Ing. Johann KOLLEGER

TU Wien, Institut f. Tragkonstruktionen-Betonbau

SCC für Bahnhofsbereich mit besonderer Schalungsqualität

DI Dr. Hannes KARI, ÖBB Infrastruktur Bau AG, Wien

Herstellung und Einsatz von Fertigteilen aus UHPC

Dr. Günter GRASS, Sika Österreich GmbH, Bludenz-Bings

Die FFG als Partner für Innovationsprojekte in der Bauwirtschaft

Theresia Vogel-Lahner und Peter Schörghofer
Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Der wirtschaftlich hohen Bedeutung der Bauwirtschaft steht bei näherer Betrachtung eine besonders niedrige Forschungsquote gegenüber. Investiert die österreichische Wirtschaft insgesamt circa 2,3 % ihres Produktionswerts in Forschung und Entwicklung, sind dies bei der Bauausführenden Wirtschaft nur 0,03 %. Zusammen mit den vor- und nachgelagerten Branchen wird eine F&E-Quote von ca. 0,2 %¹ erreicht.

Die FFG hat im Mehrjahresprogramm als Ziel festgelegt, die F&E-Ausgaben forschungsschwacher Branchen anzuheben. Deshalb wurde die Brancheninitiative BRA.IN Bauwirtschaft ins Leben gerufen, wobei die Initiative selbst nicht nur auf die bauausführende Wirtschaft fokussiert, sondern im weiteren Sinn Gewerke und Material übergreifenden Wertschöpfungsketten am Bau berücksichtigt.

Ausgangssituation zum Start der Initiative:

Im Jahr 2005 entfiel auf die Bauwirtschaft im weiteren Sinn unter der Berücksichtigung der Herstellung von Baustoffen und Bauprodukten, baurelevanter Dienstleistungen (EDV, Planung, Statik etc.) und Baumaschinen ein Fördervolumen aus Bundesmitteln von 6,2 Mio. Euro das sich auf 6 Programme der FFG verteilt. Die Förderungen für die Bauwirtschaft entsprechen einem Anteil von 2,5 % des der FFG 2005 zur Verfügung stehenden Budgets.

Von den 2005 von der FFG abgewickelten Förderungen im Baubereich entfallen 57 % auf das Basisprogramm gefolgt von 24 % Haus der Zukunft. Im Jahr 2005 wurden bei der FFG 82 Förderanträge aus dem Baubereich gestellt. Es konnten davon 42 Projekte bei 38 Antragstellern genehmigt werden. Ein wesentlicher Teil der geförderten Projekte (78 %) entfiel auf Betriebe mit weniger als 250 MitarbeiterInnen. Etwa 47 % der geförderten Projekte wurden von kleinen Firmen (bis zu 50 MitarbeiterInnen) durchgeführt. Unter den geförderten Betrieben 2005 waren 2 neu gegründete Unternehmen (siehe Seite 6 > Grafik).

Die FFG bietet Unternehmen ein breites Portfolio an Unterstützungsmaßnahmen

Aufbauend auf den Erfahrungen vergangener und sehr erfolgreicher FFG Branchenforschungsaktionen im Bereich Holz und Lebensmittel wurde unter Einbeziehung von VertreterInnen aus Wirtschaft und Wissenschaft die FFG Brancheninitiative (BRA.IN) Bauwirtschaft entwickelt.

Gegenüber vergangenen Branchenforschungsaktionen, wo einzelne Aktionslinien des heutigen Bereiches Basisprogramme angeboten wurden, kann die FFG der Bauwirtschaft heute ein wesentlich breiteres Angebot von 17 Unterstützungsmaßnahmen zur Verfügung stellen welche im Ratgeber Bauforschung Österreich zusammen gestellt sind. In Kooperation mit den BRA.IN Partnern soll es auf breiter Basis gelingen, neue Unternehmen zu Forschung und Entwicklung zu bewegen und bereits forschende Unternehmen zu unterstützen und ihre F&E-Aktivitäten signifikant zu steigern. Eine besondere Herausforderung dabei ist die kleinteilige Struktur mit zahlreichen Klein- und Kleinstbetrieben, die mangels eigener Ressourcen und Finanzierungsmöglichkeiten Forschung und Entwicklung bisher kaum betreiben.

Die Ziele der BRA.IN Bauwirtschaft sind

- nachhaltiges Anheben der F&E-Quote der Bauwirtschaft
- somit Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Bauwirtschaft
- mehr Forschungs- und Entwicklungsprojekte in der Branche
- Heranführen neuer Unternehmen, vor allem Klein- und Mittelbetriebe und Startups, zu F & E
- Verbesserung der Kooperation von Wissenschaft und Wirtschaft
- Transfer von Know-how aus F&E-Projekten zu Klein- und Mittelbetrieben
- bessere Nutzung der FFG Förderinstrumente durch die Branche

Hinsichtlich der Forschungsthemen besteht keine thematische Einschränkung. Die Initiative umfasst den gesamten Hochbau und Tiefbau sowie die Herstellung und das Recycling von Baustoffen und Bauprodukten. Auch für den baurelevante Dienstleistungen (EDV, Planung, Statik etc.) und Baumaschinen sind inkludiert.

Weiters sind auch Branchenforschungsprojekte zu baurelevanten Themen angesprochen, wo die Projektergebnisse der Bauwirtschaft zur Verfügung stehen.

Die Hauptaufgaben der FFG in der Brancheninitiative liegen in

- der Forschungspartnervermittlung
- einer verstärkten Förderberatung
- der Förderung von qualitativ hochwertigen Forschungs-, Entwicklungs- und Transferprojekten.

Die über das Initiativkomitee integrierten Interessenvertretungen, welche selbst in einer starken Interaktion mit der Branche stehen, sollen Unternehmen motivieren in Forschung und Entwicklung einzusteigen oder ihre F&E Aufwendungen signifikant zu steigern. Wie Erfahrungen aus früheren Branchenforschungsaktionen zeigen, ist diese Aufgabe des Heranführens neuer Unternehmen an die FFG ein zentraler Erfolgsfaktor.

Die Forschungsstätten sollen die Unternehmen, welche selbst nicht über entsprechende Kapazitäten und Ressourcen verfügen, bei Planung und Durchführung von Projekten unterstützen. Eine spezifische BRA.IN Beratung wird den Unternehmen zukünftig auch verstärkt bei Sprechtagen sowie Fach- und Vernetzungsveranstaltungen angeboten werden.

Gemeinsam mit der österreichischen bau.zeitung soll vermehrt über erfolgreiche Forschungsprojekte berichtet werden, um so potenziellen AntragstellerInnen Best Practice- Beispiele zu geben. Weiters ist nach 2 Jahren Laufzeit gemeinsam mit der WKÖ eine Prämierung der besten BRA.IN Bauwirtschaftsprojekte vorgesehen. Die Laufzeit der Initiative in der vorliegenden Form ist vorerst bis September 2009 geplant. In Abhängigkeit des Erfolgs und der Annahme durch die Branche besteht eine Verlängerungsmöglichkeit.

Gesamt gesehen wurde mit der BRA.IN Bauwirtschaft ein Paket an Unterstützungsmaßnahmen geschnürt, mit dessen Hilfe die am Bau beteiligte Wirtschaft ihre Forschungs- und Innovationsbemühungen intensivieren kann. Wir sind zuversichtlich, dass die gesteckten Zielsetzungen durch eine gemeinsame Anstrengung von Wirtschaft, Wissenschaft und der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft erreicht werden können.

Kontakt:

Dipl.-Ing. Theresia Vogel-Lahner; Dipl.-Ing. Peter Schörghofer

BRAIN Bauwirtschaft

FFG, 1090 Wien Sensengasse 1

Hotline: 057755 7700

E-Mail: brain.bau@ffg.at

www.ffg.at

Neueste Ergebnisse von Forschung, Entwicklung und Prüfung von Leichtbeton

DI Thomas SCHÖNBICHLER, Cooperative Leichtbeton, Wien

Antworten auf aktuelle Fragen

- **Leichtbeton und Expositionsclassen**
- **Transport von Leichtbeton**
- **Leichtbeton hilft primär Gewicht sparen**
- **Der U-Wert- was ist möglich**
- **Trend: Monolithisch**

Leichtbeton und Expositionsclassen

Zu Beginn ein kurzer Vergleich der maßgebenden Qualitätsmerkmale von Beton und Leichtbeton.

Beton:

- Zementstein „schwächster“ Bestandteil.
- Bindemittelgehalt meistens zwischen 260 und 340 kg/m³, übliches Größtkorn 22 mm
- Wasser-Bindemittel- Wert (W/B-Wert) regelt vorrangig Qualität und Expositionsklasse
- Festigkeit und Expositionsklasse korrelieren, da sie mit W/B- Wert gesteuert werden.

Leichtbeton

- Zuschlag „schwächster“ Bestandteil.
- Zementgehalte zwischen 350 und 400 kg/m³, übliches Größtkorn 8 mm
- Unterschiedlichste Körnungen stehen zur Verfügung, die sich in Raumgewicht, Wasseraufnahme, und Festigkeit wesentlich unterscheiden können. Derzeit wird vorrangig Blähton eingesetzt. Blähglas und Glasschaum sind in einer fortgeschrittenen Entwicklungsphase.
- Wir unterscheiden zwischen „Konstruktiven, gefügedichten Leichtbeton- LC“ und „Konstruktiven, haufwerksporigem Leichtbeton- LAC“, die sich in erzielbaren Festigkeiten und Raumgewichten wesentlich unterscheiden.
- Der „Wirksame Wassergehalt“ sagt aus, dass es im Beton ein zusätzliches Wasser gibt, das aber nicht qualitätsmindernd wirkt.
- Festigkeit und Expositionsklasse korrelieren anders als bei Normalbeton weil die Festigkeit nicht überwiegend mit W/B Wert gesteuert wird, sehr wohl aber die Expositionsklasse.
- Die Dimension Raumgewicht ergibt den größten Unterschied, da sie auf wesentliche Merkmale wie E-Modul, Wärmeleitfähigkeit und erzielbare Festigkeit einen Einfluss hat. Der Einsatz von Leichtbeton hängt sehr stark davon ab.

	Zuschlag	Festigkeit	Festbeton- prüfung	Expo- sitions- klasse	E-Modul	Wirksamer W/B- Wert
LC D1,0	Blähton 0/2 u 4/8	10,0 N/mm ²	15 mm	XC 4		

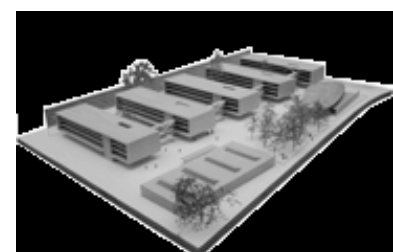
LC 25/28 D1,6, plus Luft	Blähton 1/8 und NS 0/4	39,2 N/mm ²	12 mm Wasser- eindringtiefe Abwitterung	XC 4 XF 2		0,45
LC 25/28 D1,8, F 64 Pumpbeton		42,0 N/mm ²		XC 2		0,59
LC 16/18 D1,6, F54 Pumpbeton + Luft		26,0 N/mm ²		XC 2		0,61
LC 25/28 D1,8	Blähton 1/8 und NS 0/4	40,0 N/mm ²	Abreissfestigkeit 2,6 N/mm ²	A 2,0	19000	0,58
LC (25/28-B7), D1,6, F45 + Luft (Werte in () sind nicht normgemäß)	Blähton 0/2 u 4/8	36,0 N/mm ²	0,05 kg/m ² Ag= 8,0%, d= 0,29, L= (0,19) A300= 3,59%	XF 4	15 700 N/mm ² -0,26 ‰	(0,53)
LC (20/22-B7), D1,4, F38 + Luft (Werte in () sind nicht normgemäß)	Blähton 0/2 u 4/8	34,0 N/mm ²	0,04 kg/m ² Ag= 8,5%, d= 0,23, L= 0,12 A300= 4,77%	XF 4	12 200 N/mm ² -0,36 ‰	(0,53)

Transport von Leichtbeton

Die **Pumpbarkeit** ist eine wesentliche Eigenschaft die der Leichtbeton für den Einsatz im Dachbodenausbau aufweisen muss. Dazu haben sich mehrere namhafte Firmen zu gemeinsamen Versuchen bereit erklärt. Das Ergebnis: Mit einem ausreichenden Anteil an qualitativ hochwertigem Feinstkorn ist Leichtbeton **zielsicher** pumpbar. Das wird durch mehrere Versuche mit unterschiedlichen Natursanden bestätigt. Des weiteren wurde die Logistik von Lieferanten und Herstellern verbessert, sodass derzeit ein LC 25/28, D1,8, XC2 marktreif ist und in nächster Zukunft ein LC 25/28, D1,4, XC2 folgen soll.



In der Landeshauptstadt München wird gerade das Berufsschulzentrum Riesstraße neu errichtet. Für das Münchner Architekturbüro Bauer, Kurz und Stockburger war Leichtbeton für die über 12 m auskragenden Decken der fünf parallel aufgereihten Gebäudefinger, die den Hauptkomplex bilden der Problemlöser. 1500 m³ eines LC 50/55, Rohdichteklasse 1,6 wurden dabei zur Gewichtseinsparung eingebaut. 2007 sollen sich die Tore für rd 2000 SchülerInnen öffnen.



Ein **Transport der anderen Art** fand im schönen Salzburgerland statt. 80 m³ eines LC 25/28, D1,4, XC2, XF1 mussten auf eine Höhe von 2100 m gebracht werden – und das ohne Zufahrtsstrasse. Der einzige Ausweg: Transport mit dem Hubschrauber. Die Kosten je m³ belaufen sich dabei bei rd € 560.-, wobei durch die Verwendung von Leichtbeton rd €50.- je m³ eingespart wurden.

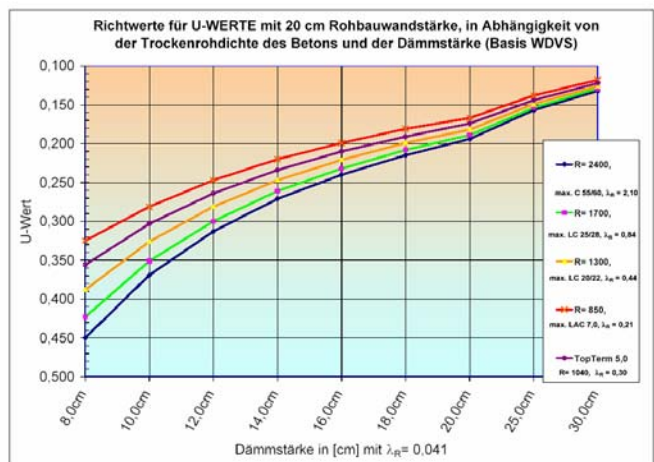


U-Wert die maßgebende Zahl im Hochbau

Die Wärmeleitfähigkeit λ ist von Leichtbeton

- bis zu 13 mal besser als von Normalbeton
- Bestenfalls 4 mal so schlecht wie bei einer Dämmung

Erzielbare Werte sind den nachfolgenden Graphiken zu entnehmen, wobei für Leichtbeton das einfache physikalische Gesetz gilt: je leichter, umso geringer die erzielbare Festigkeit.



Trotz steigender Anforderungen an die thermische Qualität der Gebäudehülle, wird der Wunsch nach einem **MONOLITHISCHEN** Mauerwerk immer lauter. Um diesen Forderungen gerecht zu werden, gibt es derzeit zwei Lösungsansätze:

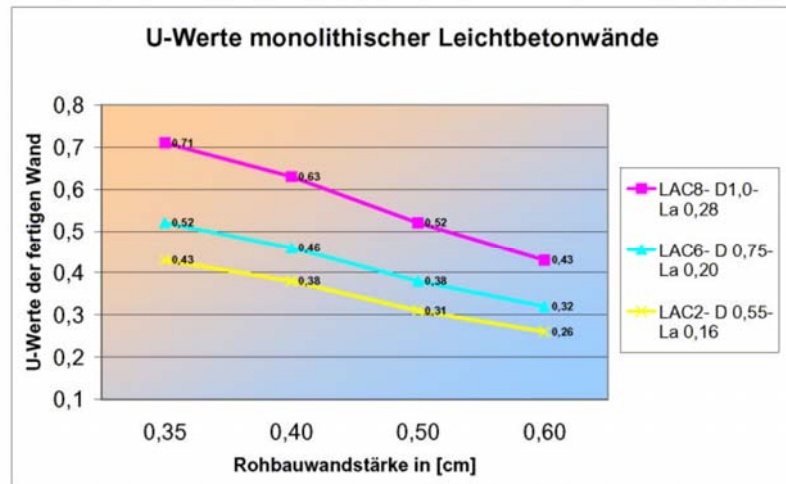
- Ein „zweischaliger Stein“, der mit einer losen Dämmung befüllt wird und
- Eine monolithische Wand mit beidseitigen Sichtflächen.

Ersterer bietet die Möglichkeit mit einer Wandstärke von 45 cm- U-Werte von 0,20 bis 0,25 und mit 55 cm- U-Werte 0,13 bis 0,19 zu erzielen. Dafür wird ein leichter Beton mit Zuschlägen aus Blähton und Blähglas verwendet, der eine Trockenrohdichte von 550 kg/m³ und eine Druckfestigkeit von 2,7 N/mm² aufweist.





Für die monolithische Wand wird gerade ein Leichtbeton mit einem Raumgewicht von 750 kg/m^3 und einer Festigkeit von 4 N/mm^2 getestet.



Prüfung der Zugfestigkeit und Zugdehnung von UHPC (ultrahochfestem faserverstärktem Beton)

Ein Beitrag zur Qualitätsüberwachung innovativer Betonbauteile

Der Beitrag behandelt die Bestimmung der Zugspannungs-Dehnungsbeziehung von UHP(FR)C – ultra high performance fibre reinforced concrete. Auch auf die Charakterisierung des Nachrissverhaltens, also der Zugtragfähigkeit nach dem Auftreten von Rissen in der Zementsteinmatrix und auf den Einfluss der Betonierrichtung auf die Zugtragfähigkeit wird eingegangen.

Ultrahochfester faserverstärkter Beton ist ein Baumaterial mit einer besonders dichten Struktur und einer Druckfestigkeit von 150 N/mm^2 und mehr. Durch die Beimischung von Stahlfasern (z.B. 2 Vol. %) wird ein duktileres Materialverhalten unter Druck und Zug sowie eine planmäßige Zugtragfähigkeit auch nach dem Auftreten von Rissen erreicht. Die Rissabstände bleiben im Gebrauchszustand sehr klein und Risse sind fein verteilt. Durch die hervorragenden Eigenschaften eröffnet dieser Hochleistungswerkstoff neue Möglichkeiten in Architektur und Ingenieurbau.

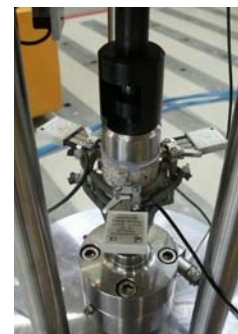
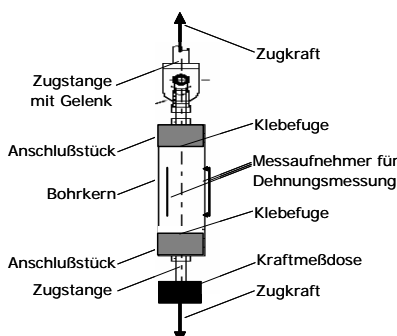
Das Zugtragverhalten ist eine wesentliche Kenngröße von UHPFRC, das bei der Bemessung von Bauteilen Berücksichtigung findet, insbesondere wenn auf schlaffe Bewehrung teilweise oder ganz verzichtet werden soll.

Die Faserorientierung und Faserverteilung beeinflusst das Zugtragverhalten eines Bauteils wesentlich. Sie hängt unter anderem von der Lage des Bauteils und dem Herstellungsverfahren bzw. der Betonierrichtung bei Einbringung des frischen Faserbetons ab. Eine Qualitätskontrolle am Bauteil selbst ist in manchen Fällen sinnvoll.

Die Bestimmung der Zugspannungs- Dehnungslinie kann direkt oder indirekt erfolgen. Die direkte Bestimmung wird mittels eines axialen Zugversuchs durchgeführt [vgl. [1], dessen Ergebnisse oft durch ungewollte Abweichungen (Exzentrizitäten) der Probekörperachse von der Versuchsachse verfälscht werden. Diese Exzentrizitäten sind aber praktisch unvermeidlich.

Bei der indirekten Bestimmung werden Biegezugprüfungen durchgeführt, aus denen unter Annahme einer Zugspannungsverteilung auf die reale Zugfestigkeit rechnerisch rückgeschlossen wird, zum Beispiel mit Hilfe der so genannten back analysis laut [2]. Für den plastischen Bereich und das Nachrissverhalten beim Faserauszug erfordert das umfangreiche Berechnungen und Modellannahmen.

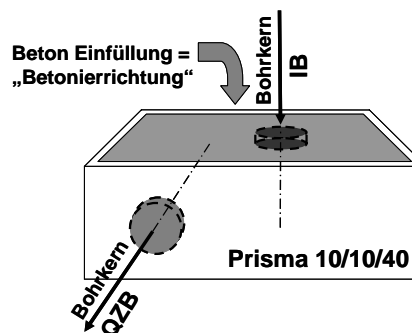
Im gegenständlichen Beitrag wird eine direkte Bestimmung der Spannungs-Dehnungslinie im Zugbereich an zylindrischen Proben aus UHPC vorgestellt. Axiale Zugversuche werden mit Hilfe eines modifizierten Haftzugprüfgerätes durchgeführt. Die Längsdehnungen werden an drei Stellen der Zylinderoberfläche gemessen.



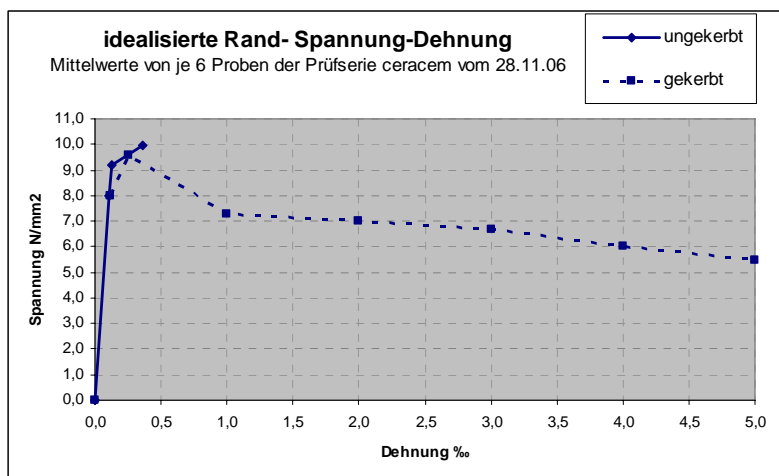
Durch die Messung der Dehnungen ist die Exzentrizität des Versuchsaufbaues erfassbar, was die Berechnung der Zugspannungen am Zylinderumfang im elastischen und näherungsweise im plastischen Bereich ermöglicht. Mit diesem Verfahren wird der Einfluss der Exzentrizitäten des Versuchsaufbaues rechnerisch kompensiert.

Autor: DI Joachim Juhart; FH Technikum Kärnten, Baulabor
 Co-Autoren: Dr. techn. Bernhard Freytag, DI Josef Linder; TU Graz, Labor für Konstruktiven Ingenieurbau

Werden die Proben durch Ziehen von Bohrkernen gewonnen, wird es möglich, das Zugtragverhalten für unterschiedliche Richtungen im Bauwerk zu untersuchen. In der durchgeführten Studie wurden Bohrkern aus einem Betonprisma, gegossen in eine übliche Prismenform von 10/10/40 cm, in zwei Richtungen entnommen. Der UHPC wurde aus einem premix „ceracem“ der Firma Sika mit 2-Vol% Stahlfasern hergestellt. Laut Literaturberichten orientieren sich Fasern bevorzugt „liegend“ im Frischbeton [3], besonders in Plattenbauteilen. Es konnte hier an 2 mal 3 Proben aus den Prismen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.



Bis zum maximalen Spannungswert kann eine Spannungs- Dehnungslinie mit den Prüfergebnissen von ungekerbten Proben angegeben werden. Das Nachrissverhalten bzw. die Spannungs - Rissöffnungs- beziehung wird aus Prüfungen an zylindrischen Proben mit einer rundum laufenden Kerbe in Probenmitte ermittelt.



Die hohen versuchstechnischen Anforderungen an die Bestimmung der Zugspannungs – Dehnungsbeziehung, die Ermittlung der Zugtragfähigkeit und die Bestimmung des Einflusses der Fasserorientierung kann mit der vorgestellten Methode erfüllt werden und ist kostengünstig zu bewerkstelligen.

Eine Qualitätsüberwachung des Zugspannungs- Dehnungsverhaltens innovativer Betonbauteile auf UHPC ist auf einfache Weise möglich.

[1] Rilem TC 162-TDF: Test and design methods for steel fibre reinforced concrete: Uni-axial tension test for steel fibre reinforced concrete. In: Materials and Structure, Vol. 34, Jan-Feb. 2001, Rilem Publications
 [2] Documents scientifiques et techniques: Ultra High Performance Fibre-Reinforced Concrete, Interim Recommendations, Setra, AFGC, 01/2002
 [3] Fehling, E; Schmidt M. et al.: Entwicklung, Dauerhaftigkeit und Berechnung Ultrahochfester Betone (UHPC), Forschungsbericht DFG FE 497/1. In: Schriftenreihe Baustoffe und Masivbau, Heft 1, kassel university press. 2005

Ursachen der Gefügeschädigung silikastaubhaltiger hochfester Betone bei einem Frostangriff

Dr. Volkert Feldrappe, Lafarge CTEC GmbH, Mannersdorf

Betonbauwerke müssen während ihrer Nutzungsdauer einen ausreichenden Widerstand gegenüber Umwelteinwirkungen aufweisen. Je nach Exposition, der das Bauwerk oder Bauteil ausgesetzt ist, gehört hierzu ein adäquater Frostwiderstand. Die in den gültigen Regelwerken getroffenen Anforderungen beruhen auf langjährige Erfahrungen mit normalfestem Beton. Mit hochfestem Beton, der wiederholten Frost-Tau-Wechseln ausgesetzt ist, liegen deutlich weniger praktische Erfahrungen vor. Jedoch wird auf Grund der Zusammensetzung ein den normalfestem Beton vergleichbares, auf keinen Fall schlechteres Verhalten vorausgesetzt.

Teilweise widersprüchliche Ergebnisse neuerer Laboruntersuchungen zum Frostwiderstand von hochfestem Beton ohne künstlich eingeführte Luftporen bildeten den Anlass für die durchgeführten Untersuchungen. Insbesondere traten Gefügeschäden bei der Laborprüfung aber auch im baupraktischen Verhalten hochfester Betone mit Silikastaub und einem äquivalenten Wasserzementwert $\geq 0,35$ auf.

Ziel der Arbeit war es daher, die Auswirkungen und Zusammenhänge einer Frostschädigung differenziert und zielsicher beschreiben zu können. Dabei wurden insbesondere Korrelationen zwischen der in den Frostversuchen bestimmten Änderung des relativen dynamischen E-Moduls (RDM) und anderer Betoneigenschaften wie Festigkeits- und Verformungskennwerte, Porosität oder Porensättigung durchgeführt. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit lag darauf, den Einfluss des Silikastaubs auf den Frostwiderstand dichter hochfester Betone zu klären. Insbesondere wurde die chemische Reaktion und der Stoffumsatzes des Silikastaubs bei der Erhärtung des Betons untersucht.

Silikastaubhaltige Betone mit $(w/z)_{eq} < 0,35$ und alle Betone ohne Silikastaub wiesen selbst nach 100 Frost-Tau-Wechseln bei der CIF-Prüfung nur geringe Änderungen des RDM's auf. Dagegen fiel der RDM der silikastaubhaltigen Betone mit $(w/z)_{eq} \geq 0,35$ zum Teil schon nach wenigen Frost-Tau-Wechseln deutlich ab. Teilweise war das Gefüge vollständig zerstört (Bild). Eine Abnahme des RDM's auf ca. 80 % des Ausgangswertes stellte den Beginn einer inneren Gefügeschädigung dar.

Bei Eintritt der Gefügeschädigung betrug der relative Porenfüllungsgrad (RPF) in jedem Fall rd. 90 %. Somit führte eine (zumindest lokale) Überschreitung der von Fagerlund definierten „kritischen Sättigung“ zu den beobachteten Gefügeschäden. Der RPF zu Beginn der Frost-Tau-Wechsel der geschädigten silikastaubhaltigen Betone, der mit Hilfe der Wasseraufnahme bei 15 MPa berechnet wurde, war im Vergleich zu dem der übrigen Betone deutlich höher (Grafik). Als Ursache für den höheren RPF der geschädigten Betone wurde ihr höherer Gehalt an physikalisch gebundenem Wasser identifiziert, da sowohl die kapillare Wasseraufnahme als auch die Wasseraufnahme während der Frost-Tau-Wechsel bis zum Beginn des E-Modulabfalls für alle Betone annähernd gleich war.

Es konnte gezeigt werden, dass trotz der hohen puzzolanischen Reaktivität des Silikastaubs beträchtliche Anteile auch nach 28tägiger Lagerung nicht reagiert hatten. Über den Verbrauch an Calciumhydroxid wurde das C/S-Verhältnis der Reaktionsprodukte des Silikastaubs auf 0,5 bis 0,6 abgeschätzt. Da CSH-Phasen jedoch erst ab einem C/S-Verhältnis von ca. 0,9 thermodynamisch stabil sind, ist davon auszugehen, dass sich neben stabilen CSH-Phasen auch hygroskopisch wirkende Alkalisilikate bildeten. Diese Reaktion zwischen den Alkalien der Porenlösung und dem Silikastaub ist aus der Forschung zur Vermeidung einer schädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion bekannt. Der physikalisch an den Alkalisilikaten gebundene Wasseranteil stieg mit zunehmendem äquivalenten Wasserzementwert auf Grund des höheren zur Verfügung stehenden Wassergehalts. Der Wasseranteil in den Alkalisilikaten ist potentiell gefrierbar und beeinflusste den Frostwiderstand dieser silikastaubhaltigen Betone maßgeblich.



Bild: Silikatstaubhaltiger Probekörper mit $(w/z)_{eq} = 0,35$ nach 28 Frost-Tau-Wechseln

Porosität und Gefüge des Feinmörtels im jungen Beton

Dipl.-Ing. Dr. J. Macht, Univ.Doz. Dipl.-Ing. Dr. P. Nischer

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Zuge des vom FFG geförderten Forschungsprogramms „prokis Querschnittstechnologien“ durchgeführt. Dadurch war eine Vernetzung des VÖZFI und des Zentrums für Elektronenmikroskopie Graz und damit unterschiedlicher Untersuchungsmethode möglich.

Die Hohlräume im Festbeton sind für die Dauerhaftigkeit und Festigkeit von entscheidender Bedeutung. In der Literatur wird hierbei unterschieden in Verdichtungs- und Luftporen, Kapillarporen und Gelporen [1]. Verdichtungs- und Luftporen sind in einer Größenordnung, die entweder noch mit freiem Auge oder zumindest mit dem Lichtmikroskop wahrgenommen werden können. Dies wird auch bei der Bestimmung der Luftporenkennwerte im Festbeton in der Norm [2] ausgenutzt. Für die sogenannten Gel- und Kapillarporen, die eine Größe $< 1\mu\text{m}$ aufweisen, muss auf andere, aufwendigere Untersuchungsmethoden zurückgegriffen werden. In der vorliegenden Studie wurde Quecksilberdruckporosimetrie, die eine quantitative Aussage über die Mengen an vorhandenen Poren $< 1\mu\text{m}$ erlaubt, mit der Elektronenmikroskopie (ESEM) verknüpft. Dadurch ist es möglich, Aussagen über die Form und das Aussehen der entstehenden Poren dieser Größe zu machen.

Untersucht wurden 2 unterschiedliche Mischungsverhältnisse von Feinmörteln mit einem Größtkorn von 1mm. Der W/B-Wert war für beide 0,55. Der Unterschied lag in der Verwendung von unterschiedlicher Zementsorte, ein grober CEM II/A-S 42,5N mit grober Gesamtsieblinie des Feinmörtels und feiner CEM II/A-S 42,5R mit feiner Gesamtsieblinie des Feinmörtels. Dadurch gab es eine unterschiedlich gute Annäherung an die Soll-Sieblinie (siehe [3]), nämlich eine sehr gute für die feine Sieblinie und eine etwas schlechtere für die grobe Sieblinie.

Die Versuche wurden in unterschiedlichem Alter durchgeführt. Durch den Ersatz des Gesamtwassers durch Kunstharz war es auch möglich, im ESEM qualitative Aussagen über die Auswirkung der Sieblinie auf die Hohlräume im Frischbeton zu machen. Bei der feinen Sieblinie sind die Einzelkörner wesentlich besser verteilt mit einem regelmäßigen „Wasser“- eigentlich Kunstharzfilm um die Teilchen. Bei der groben Sieblinie sind wesentlich mehr „wassergefüllte“ Hohlräume vorhanden.

Die Entwicklung der Porosität mit dem Alter zeigt, dass die Gesamtporosität mit dem Alter abnimmt, ebenso die Größe der Poren. Dies ist dadurch zu erklären, dass zum einen die ursprünglich mit Wasser gefüllten Spalten – es handelt sich dabei tatsächlich um Spalten nicht um Zylinderporen – durch die Hydratation zusammenwachsen und durch die Hydratation neue, sehr feine Spalten entstehen, siehe Abbildung 1.

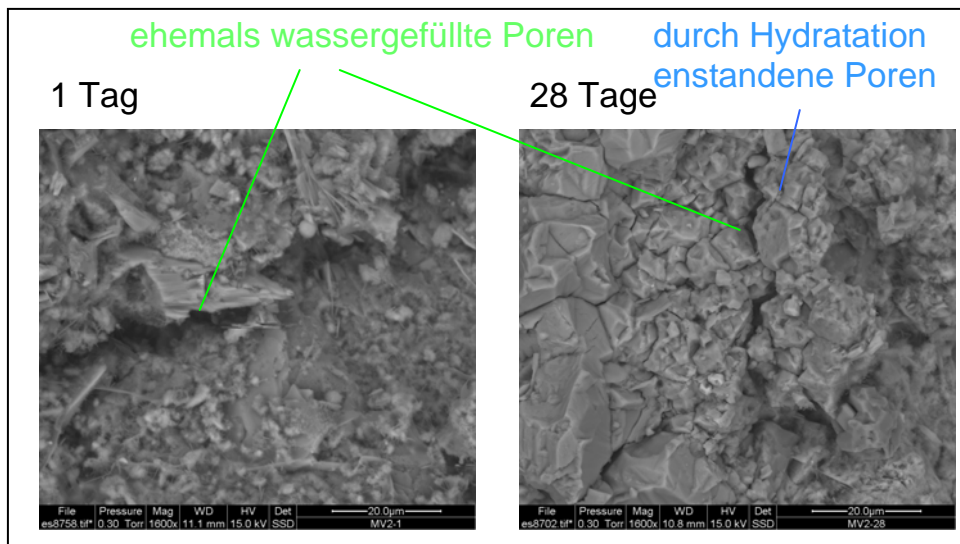


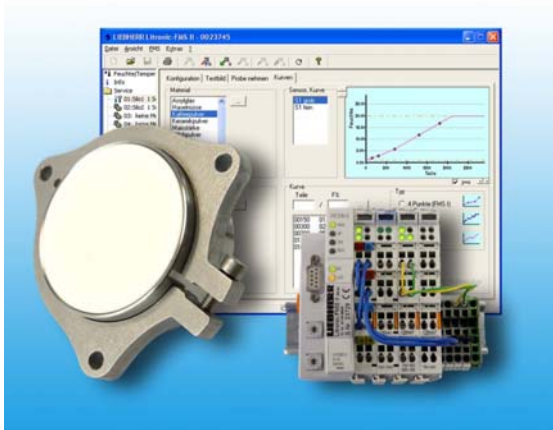
Abbildung 1: ESEM-Aufnahme von Feinmörtel im Alter von 1 und 28 Tagen

- [1] Stark, J, Wicht, B.: Zement und Kalk: der Baustoff als Werkstoff. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2000.
- [2] ÖNORM B 3303: Betonprüfung. Österreichisches Normungsinstitut.
- [3] Macht J., Nischer P.: Mehlkornoptimierung – Notwendigkeit und Möglichkeiten zur Ermittlung der Korneigenschaften. BFT Heft 4 2006

Litronic-FMS II – zuverlässige Feuchtemessung von LIEBHERR

In vielen Industriebereichen ist die Ermittlung und Regelung der Materialfeuchte während verschiedener Produktions-, Weiterverarbeitungs-, Veredelungs- und Überwachungsprozesse Voraussetzung für ein optimales Ergebnis. Dies ist vor

allem hinsichtlich der Qualitätssicherung und Qualitätssteigerung besonders im Rahmen der DIN ISO 9000 ff. von Bedeutung.



Das Einsatzgebiet erstreckt sich auf unterschiedlichste Schüttgüter aller Art (z.B.: Pulver, Granulate, Sande, Gesteinskörnungen u.v.m.). Ebenso kann der Wassergehalt in Emulsionen ermittelt werden (z.B.: Wasser in Ölen, Schmiermitteln, Farben, Lacken, Lösungsmitteln, Schlämmen...).

Die Sensoren können auf Bändern und Rutschen, an Übergabestellen, in Siloausläufen, Trocknern, Leitungen und Behältern usw. installiert werden. Ebenso ist der Einsatz im Laborbereich möglich.

Mit einer einmaligen Kalibrierung an die örtlichen Gegebenheiten garantieren wir exakte, langzeitstabile und reproduzierbare Ergebnisse im Prozesseinsatz.

Die neue Generation des Liebherr Feuchtemeßsystems Litronic FMS II erlaubt die Anbindung an viele Prozessleitsysteme. Die Anbindung ist neuerdings auch über Bluetooth und Ethernet-Infrastruktur möglich. Die Parametrierung kann nun auch über einen zusätzlich lieferbaren Pocket-PC erfolgen.

Besonderheit: Für spezielle Anwendungen in explosionsgeschützten Bereichen sind Sensoren in Staub- und Gas-Ex-Schutz Ausführung nach ATEX-Richtlinien lieferbar.

Thomas Maier
Produktmanager Feuchtemesstechnik
LIEBHERR-MISCHTECHNIK GMBH
Postfach 145
D-88423 Bad Schussenried
Tel.: +49 7583 949-414
Fax: +49 7583 949-399
E-Mail: <<mailto:thomas.maier@liebherr.com>>
www.water-content-measurement.com

Das Kriechen von Faserbetonen im Nachrissbereich

Bast, T.; Eder, A.; Kusterle, W.

Unter Kriechen versteht man eine zeitabhängige Verformungszunahme unter dauernd wirkender Spannung. Die dabei auftretenden Verformungen setzen sich aus verzögert elastischen Anteilen und Anteilen aus viskosem Fließen zusammen. Beton und Kunststoffe gehören zu den Materialien, bei denen Kriechverformungen zu berücksichtigen sind, bei Stahl kann man diese Verformungen in der Regel vernachlässigen. Die Größe der Kriechverformungen wird u. a. vom Belastungsniveau, den Materialeigenschaften, den Umweltbedingungen und der Dauer der Belastung beeinflusst.

Neben Stahlfasern (für Faserbetonklassen T und TG nach Richtlinie Faserbeton der ÖVBB) und Kunststoff Mikrofasern (für Faserbetonklassen FS und BBG) werden heute zur Herstellung von Faserbeton auch vermehrt Kunststoff Makrofasern eingesetzt. Kunststoff Makrofasern können das Nachbruchverhalten von Faserbeton günstig beeinflussen und kommen daher dort zum Einsatz, wo neben statischer Wirksamkeit (Faserbetonklasse T oder TG) Korrosionserscheinungen an der Betonoberfläche langfristig verhindert werden müssen.

Wenn ein Biegebalken aus Faserbeton beim Überschreiten der Betonzugfestigkeit in der Zugzone reißt, wird die Betondruckzone unter dauernd wirkender Last kriechen, die auf Zug beanspruchten Fasern, die den Riss überbrücken, können - je nach Auslastungsgrad - eventuell mit der Zeit langsam aus dem Beton ausgezogen werden und sich im Falle von Kunststoff, infolge Kriechverformungen, verlängern.

Zur Abklärung der Größe der dabei auftretenden Langzeitverformungen und der zu beachtenden Grenzen hat der Arbeitskreis „Faserbeton“ der ÖVBB ein Untersuchungsprogramm angeregt, das von im Arbeitskreis vertretenden Firmen und Institutionen dankenswerterweise auch finanziell unterstützt wird.

Dabei werden Faserbetone mit 3 ganz unterschiedlichen Kunststoff Macrofasern und einer typischen Stahlfaser mit üblichen Dosierungen auf das Nachrissverhalten (äquivalente Biegezugfestigkeit) nach Richtlinie „Faserbeton“ in einer besonders geeigneten Prüfmaschine geprüft. Die Prüfung wird aber bei einer Durchbiegung von 1,75 mm abgebrochen und die verbleibende Dehnung festgehalten. Anschließend werden die Probekörper in Kriechstände eingebaut und mit der 0,47-fachen Restfestigkeit bei 1,75 mm Durchbiegung als Dauerlast beaufschlagt. Die Verformungen über die Zeit werden festgehalten, das Belastungsniveau in Stufen angehoben. Die Versuchsdauer beträgt mehrere Monate. Die Proben mit Stahlfasern dienen dabei sozusagen als Referenz, da nach jahrzehntelangem Einsatz über keine übergroßen Kriechverformungen von Stahlfaserbetonen im Praxiseinsatz berichtet wird. Untersuchungen aus Übersee bestätigen, dass bei vernünftigem Einsatz von Kunststoff Macrofasern Kriechverformungen nicht zu Schäden führen. Die Ergebnisse dieses aktuellen Versuchsprogramms werden dazu weitere Erkenntnisse

liefern und dann in die Überarbeitung der Richtlinie „Faserbeton“ der ÖVBB einfließen.

Literatur:

ÖVBB: Richtlinie „Faserbeton“, 6. Entwurf, Wien, 13. 6. 2006.

Kurtz, S.; Balaguru, P.: Postcrack creep of polymeric fiber-reinforced concrete in flexure. *Cement and Concrete research* 30 (2000).

Bernard, E.S.: Creep of cracked fibre reinforced shotcrete panels. *Shotcrete: More Engineering Developments*. Bernard (Hrsg.) Taylor & Francis Group, London, 2004.

MacKay, J.; Trottier, J.-F.: Post-crack creep behaviour of steel and synthetic FRC under flexural loading. *Shotcrete: More Engineering Developments*. Bernard (Hrsg) Taylor & Francis Group, London, 2004.

Biaxiales Bruchverhalten von stahlfaserverstärktem Beton

Elmar. K. Tschegg

Labor für Materialwissenschaften, E138, TU Wien

Für den Ingenieur ist es nötig, das Bruchverhalten des Werkstoffes bei den tatsächlich auftretenden Beanspruchungen zu kennen und eine sichere und werkstoffsparende Auslegung von Bauteilen zu ermöglichen. In der Praxis sind mehraxiale Spannungszustände zu erwarten bei der Auskleidung von Kraftwerksstollen und Tunnelröhren, bei Böden im Industriebau, militärischen und nuklearen Schutzschildern, dünnwandigen Bauteilen und Fassadenelementen im Tief- und Hochbau.

Bisher wurden die bruchmechanischen Werkstoffeigenschaften von Faserbetonen mit Biegebalkenmethoden geprüft [1,2], wie es auch in den Richtlinien vorgeschlagen ist [3]. Eine Biegebeanspruchung tritt auch bei der Keilspaltmethode [4] auf, die zur Bruchprüfung von zementgebundenen Werkstoffen und Verbunden eingesetzt wurden. Die Keilspaltmethode benötigt nur eine einfache Druckprüfmaschine, und die Probenformen sind Würfel oder Zylinder, die im Vergleich zur Balkenmethode viel kleiner und handlicher sind [5].

Biegebalken- und Keilspaltmethode belasteten die Proben nur uniaxial. In der technischen Praxis ist die uniaxiale Beanspruchung eher ein Sonderfall. Die häufigsten Schadensfälle entstehen bei kombinierten Spannungszuständen, wie z.B. biaxialen, triaxialen und multiaxialen Beanspruchungen. Diese Art der Prüfung können mit der Biegebalkenmethode nicht realisiert werden. Hingegen eine weitere Entwicklung der Keilspaltmethode ermöglichte es [6], den Rissverlauf bei einer biaxialen Belastung der Probe zu untersuchen (siehe Abbildung 1). Der Würfel wird mit einer konstanten Druckkraft belastet und dann mit der Keilspaltmethode (Rissverlauf in Modus I) stabil gebrochen [7] (siehe Abbildung 2). Aus der Last-Verschie-

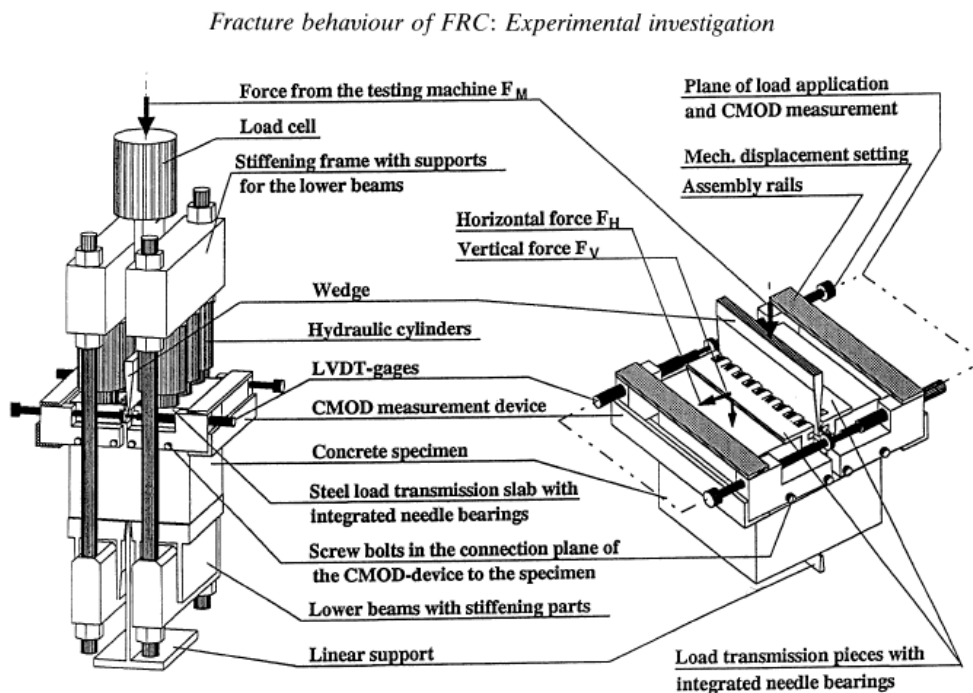


Abb. 1: Biaxiale Belastung der Probe mit der Keilspaltmethode

bungskurve werden drei unabhängige Werte ermittelt, (a) der Anstieg der Kurve, der die elastischen Eigenschaften beschreibt, (b) die Kerbzugfestigkeit und (c) die Bruchenergie. Aus diesen Daten können die mechanischen und bruchmechanischen Größen bestimmt werden.

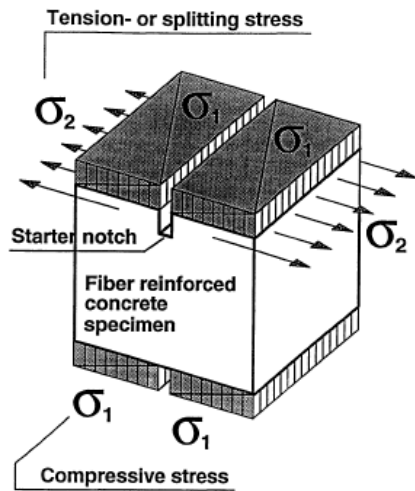


Abb.2: Belastung der Probe σ_1 (Druck),
 σ_2 (Zug – Spaltkraft)

In dieser vorliegenden Untersuchung bestanden die Proben aus Beton der Qualität war C25/30 und Stahlfasern mit einer Länge von 60, 32 und 16 mm, mit einem runden (0,8 mm) bzw. rechteckigem (2x0,1 mm) Querschnitt. Der Fasergehalt war mit einem Volumengehalt von 0,5 bzw. 1% gegeben. Das Prüfalter der Proben betrug 28 Tage.

Im experimentellen Programm werden die Last-Verschiebungskurven bei einem Druckverhältnis $\sigma_1/f_C = 0\%$, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% und 60% bestimmt (σ_1 = aktueller Druck, f_C = Druckfestigkeit des Betons). Aus diesen Ergebnissen können das mechanische und bruchmechanische Verhalten des Faserbetons abgelesen werden.

Einige interessante Ergebnisse: Die Kerbzugfestigkeit ist bei Druckbelastungen ($\sigma_1/f_C = 10\%$ bis 50%) geringfügig niedriger als bei uniaxialer Belastung (0%). Der Risswiderstand bzw. die spez. Bruchenergie sinkt bei Druckbelastungen von 10% bis 50% dramatisch auf ca. 30% des uniaxialen Wertes ($\sigma_1/f_C = 0\%$) ab. Im Vortrag wird dies besprochen und ein einfaches Modell vorgestellt.

Für den Bauingenieur ist von großer Bedeutung, dass bisher bei der Berechnung biaxialer Belastungen nur uniaxiale Prüfwerte herangezogen wurden, was zu falschen Ergebnissen und damit auch zu Schäden führen können.

Literatur

- [1] Bölcskey E. und Billes M. (2006), Holz-Beton-Verbunddecke: Baupraktische Bemessung nach Faserbeton-Richtlinie, Zement und Beton 1 Jg. 2006, pp 32-35
- [2] Hasler, H., Bergmeister, K. (2000): Ertüchtigung von Biegebalken durch Kohlenstofffasern: Versuche und nichtlineare FE-Analysen.. Berichte aus dem konstruktiven Ingenieurbau, Heft 45, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau.
- [3] Österr. Vereinigung f. Beton- und Bauwerke, (2002), Richtlinie Faserbeton, vom März 2002, F.Csöngel GmbH, Wien.
- [4] Tschegg E.K., (1986), Prüfeinrichtung zur Ermittlung von bruchmechanischen Kennwerten sowie hierfür geeignete Prüfkörper, Patentschrift 30.1.1986, Nr. 390328.
- [5] Tschegg E.K., (1991), New Equipment for Fracture Tests on Concrete, Materials Testing (Materialprüfung), 33, p 338-342
- [6] Tschegg E.K. and Elser M., (1994), Einrichtung zur biaxialen Bruchprüfung, Patentschrift Patentanmeldung 3.8.1994, Pat.Nr. 401578, Österr. Patentamt
- [7] Elser M., Tschegg E.K. and Stanzl-Tschegg S.E., (1996), Fracture Behaviour of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete - Experimental Investigation, Composite Science and Technology, 56 (1996), 933-945

Kurzfassung

„Baulicher Brandschutz in Straßenverkehrsbauten mit Faserspritzbeton“

1. Einleitung

In den vergangenen Jahren wurde durch Brände in Verkehrsbauwerken in Folge von Unfällen die Forderung nach einem dauerhaften Schutz und kurzen Wiederherstellungsmaßnahmen als vordringlich erhoben.

2. Bauliche Maßnahmen bei Straßenverkehrsbauwerken mit Faserspritzbeton

Bauliche Brandschutzmaßnahmen dienen dem Erreichen einer definierten Sicherheit von Tunnelbauwerken bei Brandereignissen und sollen zu einer, dem akzeptierten Risiko entsprechenden Planung und Ausführung unter Berücksichtigung der verkehrstechnischen und örtlichen Verhältnisse führen.

Ausführungswahl:

Bei nachträglich herzustellenden Schutzmassnahmen stehen nachfolgende Systeme zur Verfügung:

- Brandschutzplatten
- Brandschutzputze
- Faserspritzbeton

Beim Bauvorhaben Lainzertunnel fiel die Wahl auf das System „Faserspritzbeton“, das sich, wie hinlänglich bekannt, durch seine Dauerhaftigkeit, Frostbeständigkeit und die weitere Kontrollmöglichkeit der geschützten Bauteile wie z.B. Risse, auszeichnet.

3. Entwicklung und Baustellenerfahrung

Für Faserspritzbetone lagen zum Zeitpunkt der Ausschreibung und des Baubeginns noch keine baustellenspezifischen Erfahrungen vor.

Man könnte noch von einem Versuchsstadium sprechen.

Obwohl bei der Herstellung und der Verarbeitung von Spritzbeton auf eine jahrzehntelange Erfahrung zurückgegriffen werden konnte, mussten bis zum Baustellenbeginn weitere Versuche und Entwicklungen durchgeführt werden.

Für die baustellengerechte Verarbeitung mussten alle spritzbetonrelevanten Erfahrungswerte und Maschinen adaptiert, weiterentwickelt oder gänzlich neu konzipiert werden.

Es waren auch kleinere Adaptionen der Materialzusammensetzung in Absprache mit den Auftraggebern, den Materiallieferanten und dem Forschungsinstitut der Vereinigung der österreichischen Zementindustrie (VÖZ) erforderlich.

4. Resümee

Mit Abschluss der Arbeiten können wir mit Stolz feststellen, dass wir das anfänglich im Versuchsstadium befindliche System jetzt als ausgereifte Komplettlösung, qualitativ auf höchstem technischem Know-how und Automatisationsgrad anbieten können.

Zusammenfassung des Kurzbeitrages

Instandsetzungsprodukte für Beton und Stahlbeton nach der neuen europäischen Normung

Seit Dezember 1990 existiert, zwischenzeitlich mehrfach überarbeitet, die Richtlinie „Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton“ der Österreichischen Vereinigung für Beton und Bautechnik (ÖVBB). Diese Richtlinie regelt seit Jahren als Standardwerk erfolgreich die Anforderungen an Instandsetzungsprodukte und deren fachgerechte Anwendung.

Durch die Einhaltung der hier enthaltenen Qualitätskriterien wie etwa Erst- und Regelprüfungen sowie Produktionskontrollen jeweils durch eine akkreditierte Stelle, etc. kann der Hersteller sein Produkt mit dem „Qualitätsgütezeichen Instandsetzungsprodukt“ durch die ÖVBB auszeichnen lassen. Die ordnungsgemäße Verwendung des Gütezeichens wird durch die Sektion „Erhaltung und Instandsetzung“ der ÖVBB laufend kontrolliert und der aktuelle Stand in einer eigenen Produktdatenbank auf der Homepage öffentlich zugänglich gemacht.

Mit der Verwendung derart gekennzeichnete Produkte haben Bauherren, Ausschreibende und Verarbeiter gleichermaßen die Sicherheit, dass bei ihren Instandsetzungsarbeiten qualitativ hochwertige Produkte zum Einsatz kommen.

Mit der **EN 1504** „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Definitionen, Anforderungen, Güteüberwachung und Beurteilung der Konformität“ regelt die europäische Normung dieses Fachgebiet nun anders, was einige, zum Teil grundlegende, Neuerungen zur Folge hat. Die produktspezifischen Teile dieser EN sind harmonisierte Normen, der Ablauf der Koexistenzperiode ist gemeinsam mit den noch zu veröffentlichenden Teilen für den 1. Jänner 2009 vorgesehen. Ab diesem Zeitpunkt treten nationale Regelungen außer Kraft und für die Verwendung der Instandsetzungsprodukte ist eine CE-Kennzeichnung vorgeschrieben.

So behandelt etwa **Teil 2 der EN 1504** die Oberflächenschutzsysteme für Beton. Die EN geht hier von sogenannten Schutzprinzipien aus (z.B. Schutz gegen das Eindringen von Stoffen, Regulierung des Feuchtehaushaltes, etc.), die die Anforderungen für die Verfahren

- Hydrophobierende Imprägnierung
- Imprägnierung und
- Beschichtung

bestimmen.

Teil 3 befasst sich mit der statisch und nicht statisch relevanten Instandsetzung. Hier werden die Gebrauchstauglichkeitsmerkmale der Mörtel für die 3 Instandsetzungsprinzipien

- Betonersatz
- Verstärkung und
- konservierende oder restaurierende Passivierung

festgelegt. Die Mörtel selbst sind in 4 Klassen eingeteilt, aufsteigend von R1 bis R4, von statisch nicht relevant bis statisch relevant.

Da die produktspezifischen Teile der EN 1504-Reihe harmonisierte Normen sind und deren Einhaltung zu einer CE-Kennzeichnung führen, birgt diese neue Vorgangsweise **zwei wesentliche Nachteile** gegenüber dem derzeitigen System in sich.

1. Die EN-Anforderungen sind ein gesamteuropäischer Kompromiss. Ein Beispiel hierfür ist die reine Frostsicherheit (ohne FT-Mittel) bei Mörteln der Klasse R1 und R2 (=statisch nicht relevante Produkte), wo die geforderten Prüfungen und zu erreichenden Werte für

südeuropäische Länder wie etwa Portugal, Malta oder Zypern ausreichen, den klimatischen Bedingungen von Österreich aber nicht Rechnung tragen.

2. Die Bestätigung der Konformität zur Erlangung des CE-Kennzeichens erfolgt nach dem System 2+. Hierin erfolgt die Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle durch eine zuständige Stelle. Dies besteht aus
 - der Erstprüfung des Werkes,
 - der Erstprüfung der werkseigenen Produktionskontrolle und
 - der laufenden Überwachung, Bewertung und Genehmigung der werkseigenen Produktionskontrolle

Es wird also kein einziger produktspezifischer Wert durch eine werksfremde Stelle ermittelt oder geprüft!!

Auf Grund der neuen Sachlage hat sich die Sektion „Erhaltung und Instandsetzung“ der ÖVBB entschlossen, **eine grundlegende Neufassung** der Richtlinie „Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton“ zu erarbeiten und diese mit modularem Aufbau in 3 prinzipielle Stufen zu gliedern.

1. Alle Anforderungen zu Erlangung der CE-Kennzeichnung für Oberflächenschutzsysteme und Instandsetzungsmörtel in übersichtlicher Form
2. Zusätzliche Anforderungen für die Anwendung in Österreich
3. Zusätzliche Anforderungen für die Erlangung des „Qualitätsgütezeichens Instandsetzungsprodukt“ (wie bisher in leicht modifizierter Form)

Da bereits viele Bauherren von der Sinnhaftigkeit einer derartigen Qualitätssicherung bei Instandsetzungsprodukten überzeugt sind, wollen sie diese als Vertragsbestimmung in ihre Ausschreibungstexte aufnehmen. Damit sind die Voraussetzungen für einen Erfolg der im Winter 2006/07 rechtzeitig fast 2 Jahre vor Ablauf der Koexistenzperiode erscheinenden Richtlinie gegeben.

Eine möglichst weit gestreute Anwendung aller 3 Stufen der Richtlinie schafft Reparaturergebnisse auf hohem Niveau mit großer Nachhaltigkeit und langen Instandsetzungsintervallen.

Aufgestellt:

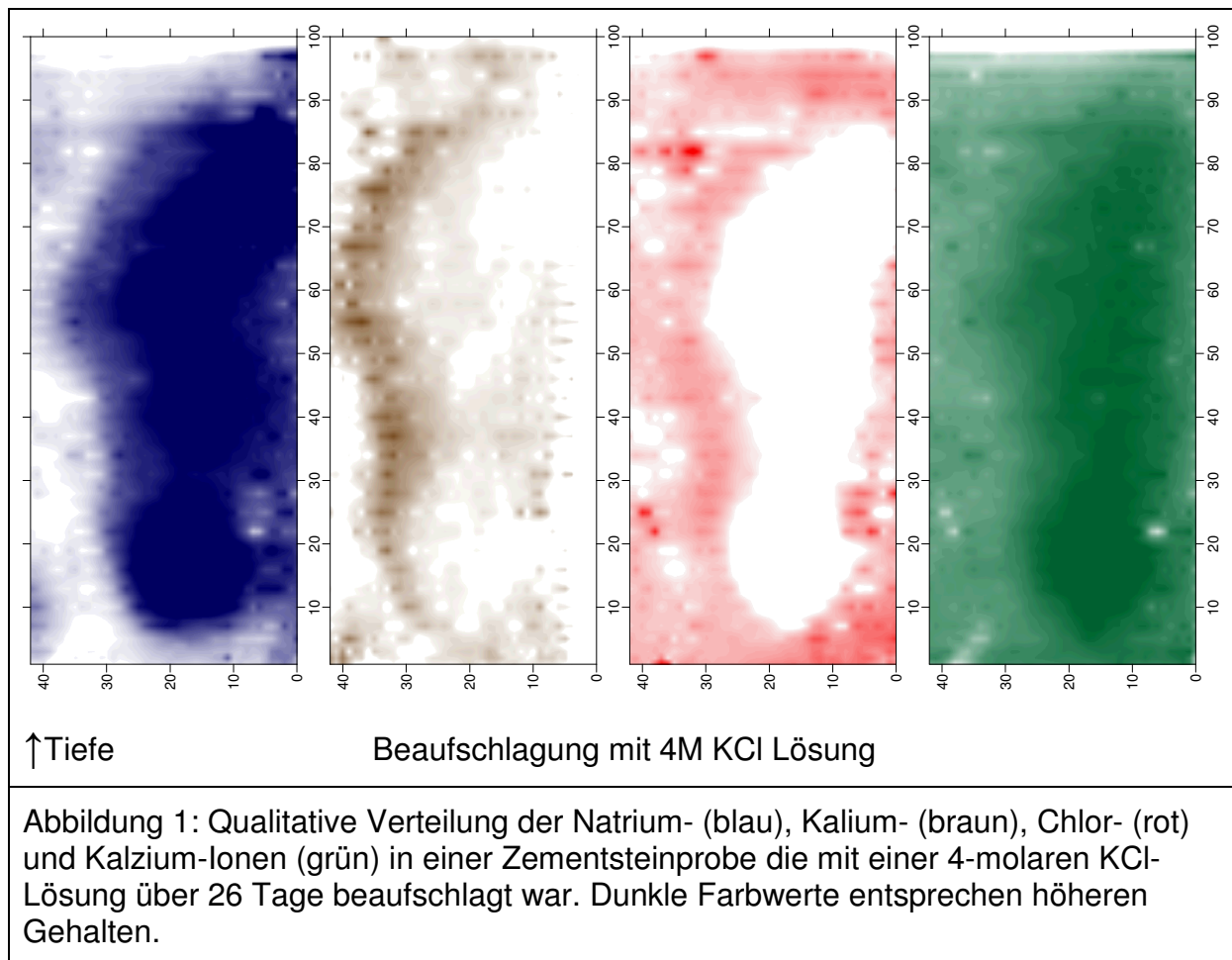
Dipl.-Ing. Wolfgang Talmann
Leiter der Abteilung Brückenbau
Amt der NÖ Landesregierung

Visualisierung des Anionen- und Kationen-Transportes, Quantifizierung des Cl- und S-Gehaltes mittels Laser-induzierter Plasma Spektroskopie (LIBS)

André Molkenthin, Dieter Schaurich, Alexander Taffe, Friederike Weritz, Gerd Wilsch
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, Germany

Zusammenfassung

Die Laser-induzierte Plasma Spektroskopie (LIBS). LIBS ist eine Methode zur Analyse der Elementverteilung und der Bestimmung des Elementgehaltes auf der Oberfläche von Festkörpern, in Flüssigkeiten und in Gasen. Seit dem Beginn der 90iger Jahre findet das Verfahren zunehmend Anwendung in der online Überwachung von heißen Stahl-, Aluminium- und Glas-Schmelzen, der Sortierung von Plastik- und Aluminium-Reststoffen und der Untersuchung von Aerosolen. In der BAM wird das LIBS-Verfahren seit mehr als 10 Jahren im Labor zur Untersuchung von Baustoffproben eingesetzt.



Mit dem Verfahren können alle Elemente nachgewiesen werden. Die Messungen können direkt auf der Oberfläche der Probe ausgeführt werden. Es ist keine

aufwändige Probenpräparation notwendig. LIBS ist geeignet für den Einsatz auf der Baustelle. Die Ergebnisse liegen direkt nach der Messung vor.

Eine LIBS Apparatur besteht im wesentlichen aus einem gepulsten Laser der eine ausreichend hohe Energie zur Erzeugung des Plasmas besitzt und einem Spektrometer mit CCD-Kamera.

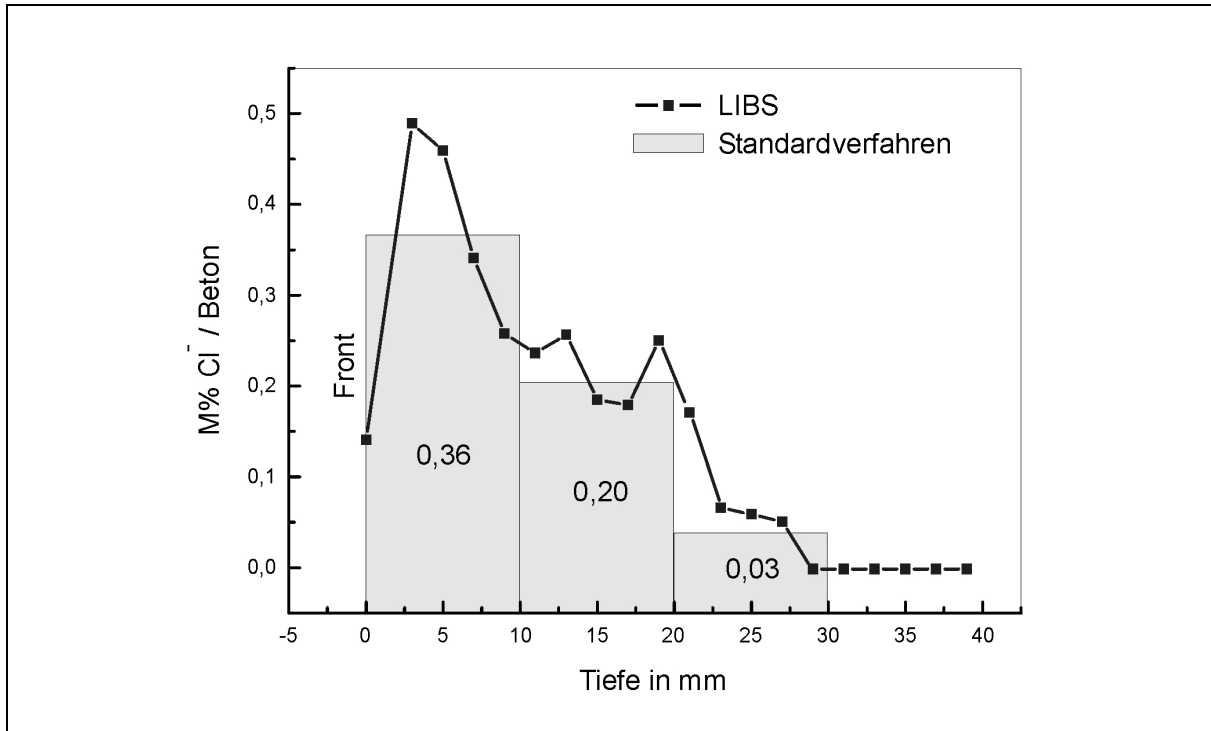


Abbildung 2: Vergleich der Tiefenprofile des Chlorideindringens, gemessen an einem Betonbohrkern mit LIBS und mit Standardverfahren.

Nachfolgend werden die Einsatzmöglichkeiten des Verfahrens an zwei Beispielen demonstriert. Für das Verstehen der Schädigungsmechanismen von Bauwerken ist die Kenntnis über die physikalischen und chemischen Transportprozesse der Ionen in Baustoffen wesentlich. Quellen dieser Ionen sind im wesentlichen Tausalze und Meerwasser. Durch die Heterogenität der Baustoffe und dabei vor allem ihrer Porenstruktur finden unterschiedliche Transport-, Austausch- und Sorptionsvorgänge der Ionen der Tausalze statt. So ist vor allem die Transport der Kationen (Alkalien und Erdalkalien) noch wenig untersucht.

Es wurden Zementsteinproben (CEM II/B-V 32,5) mit Lösungen unterschiedlicher Salze und Konzentrationen beaufschlagt. Der Transport und die Verteilung der Ionen wurde anschließend mit LIBS untersucht. In Abbildung 1 ist die Natrium-, Kalium-, Chlor- und Kalzium-Verteilung in einer Zementsteinprobe welche mit einer 4-molaren KCl-Lösung über 26 Tage beaufschlagt wurde dargestellt. Deutlich sieht man den Einfluss eines Risses am linken Rand der Bilder.

In Abbildung 2 zeigt den Vergleich der Tiefenprofile des Chlorideindringens gemessen an einem Betonbohrkern mit LIBS und mit Standardverfahren. Es ist eine gute Übereinstimmung ablesbar. Das LIBS-Ergebnis zeigt eine höhere Ortsauflösung. Es konnte direkt am gespaltenen Bohrkern ermittelt werden und liegt nach einigen Minuten vor.

Schadensanalyse von Baustoffen mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie

A.Reichmann¹, P.Pölt¹ und Barbara Trippl²

1 Zentrum für Elektronenmikroskopie und Institut für Elektronenmikroskopie, Technische Universität Graz, Steyrergasse 17, 8010 Graz

2 Abteilung Baustoffe und Baukonstruktionen, Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt Salzburg, Alpenstraße 157, 5020 Salzburg

Einführung in die Rasterelektronenmikroskopie (REM)

Das Rasterelektronenmikroskop, auch REM bzw. SEM genannt, ermöglicht die umfassende Charakterisierung vieler Festkörper in Bezug auf die Topographie, die chemische Zusammensetzung und die Kristallstruktur. Da die Probenabmessungen einige Zentimeter betragen können und der Präparationsaufwand im Allgemeinen gering ist, finden Rasterelektronenmikroskope inzwischen große Verbreitung. Das Auflösungsvermögen des REM deckt einen weiten Bereich von einigen Mikrometern bis zu einigen Nanometern ab, das heißt Oberflächen können mit einer Vergrößerung von 10x bis etwa 500.000x abgebildet werden. Ein zusätzlicher Vorteil der Rasterelektronenmikroskopie bei der Abbildung von Oberflächen ist die große Schärfentiefe. Gegenüber dem Lichtmikroskop hat ein REM bei vergleichbaren Vergrößerungen eine 100x bessere Schärfentiefe.

Neben zahlreichen Abbildungsvarianten bietet die Rasterelektronenmikroskopie auch die Möglichkeit, die chemische Zusammensetzung der Probenoberfläche mittels Röntgenspektrometrie zu analysieren (Mikrobereichsanalyse). Durch die auftreffenden Elektronen entsteht charakteristische Röntgenstrahlung, die den Nachweis der Elemente von Bor bis Uran mit einer Auflösung von etwa einem Mikrometer ermöglicht. Neben der Punktanalyse können Linien- und Flächenanalysen durchgeführt werden, die bei plangeschliffenen Proben auch quantifiziert werden können. Weiterhin können auch Elementverteilungsbilder aufgenommen werden, die eine direkte Zuordnung der Elemente zu bestimmten Gefügebereichen ermöglichen.

Beispiel aus der Baustoffkunde

Mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie und Röntgenspektrometrie können zahlreiche praktische Problemstellungen in der Baustoffkunde beginnend bei Schadensanalysen bis zu Abbindevorgängen untersucht werden. Das nachfolgende Beispiel zeigt eine typische Anwendung aus der Schadensanalyse.

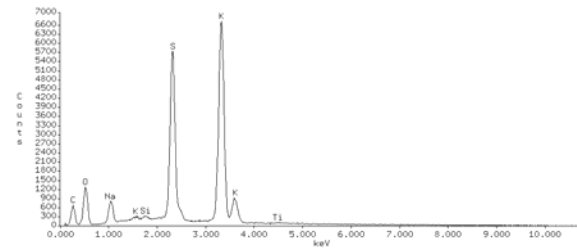
Über der Verfliesung seitlich von einem Treppenabgang kam es bei einem Außenwand-Wärmedämmverbundsystem (WDVS) zu Blasenbildungen und Verfärbungen. Für die Untersuchungen im REM wurde eine Blase mit einem Skalpell heraus gebrochen und die Unterseite dieser Blase mit Hilfe der Röntgenspektrometrie analysiert. Zusätzlich wurde auch noch ein Schliff des WDVS angefertigt. In den Abbildungen 2 und 3 sind die REM-Aufnahmen von der Unterseite der Blase zu sehen. Mit dem Rasterelektronenmikroskop konnten Ausblühungen von Kaliumsulfat festgestellt werden.

Abbildung 4 zeigt eine REM-Aufnahme des Schliffes, in der zu sehen ist, dass Kaliumsulfat ausschließlich im Putz zu finden ist. Die Vermutung liegt nahe, dass durch Feuchtigkeit Streusalz an einer undichten Stelle in den Putz gelangt ist, und dadurch die Blasenbildung verursacht hat.

Beispiel: Blasenbildung und Verfärbung am WDVS Wärmedämmverbundsystem



Abb.1: Macro-Aufnahme von WDVS



EDX-Spektrum von Zone 1 in Abb.3 und 4

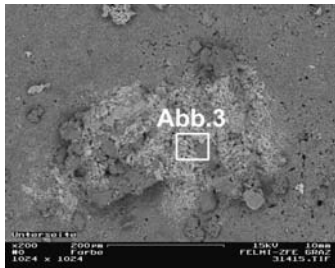


Abb.2: Unterseite der Farbschicht

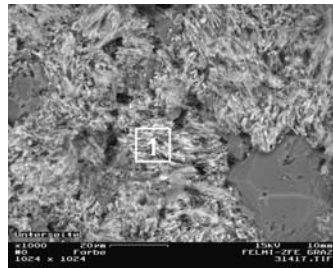


Abb.3: Detail von Abb.2

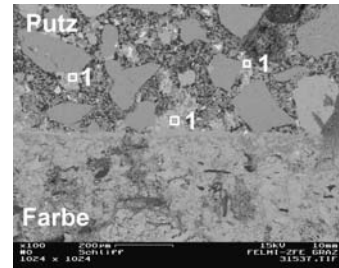


Abb.4: Schliff von WDVS

Angelika Reichmann

☎ 0316 873 8324

e-mail: angelika.reichmann@felmi-zfe.at

<http://www.felmi-zfe.at>

Förderung durch FFG, Wien in Projekt „PROKIS Q-Mikrobau“

Methoden zur Beurteilung der Sulfatbeständigkeit von Beton

Teil 1: Grundlagen und Versuchsablauf

DI Florian Petscharnig

Teil 2: Prüfungen und Ergebnisse

Dr. Christof Graimann

Chemische Angriffe auf Beton sind Langzeitreaktionen, deren Wirkungen in Prüfungen nur sehr schwierig nachvollzogen werden können. Sowohl für den lösenden Angriff durch Säuren, als auch für den treibenden Angriff für Sulfate werden in der Literatur und in Regelwerken Prüfmethode beschrieben, deren Ergebnisse jedoch nicht vergleichbar, und für die vor allem auch nicht immer Grenzwerte bekannt sind.

Beim Sulfatangriff reagieren die Sulfationen mit den reaktionsfähigen Klinkermineralien Trikalziumaluminat (C_3A) und es entsteht Ettringit ($3 CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3 CaSO_4 \cdot 32 H_2O$). Diese voluminöse Kristallform führt zur bekannten Treiberscheinung bei Beton, der Sulfatangriffen ausgesetzt ist.

Aufgrund dieser Voraussetzungen werden daher für Betonsorten, die chemischen Angriffen ausgesetzt sind Rezepturen vorgeschrieben, von denen man weiß, dass sie beständig sind, also für Sulfatangriffe die Verwendung C_3A -freier oder C_3A -armer Bindemittel und entsprechend geringe W/B-Werte für eine ausreichende Dichtigkeit.

Im vorliegenden Beitrag sollen nun zwei bekannte Methoden zur Beurteilung der Sulfatbeständigkeit vergleichend dargestellt werden.

Einerseits wird das in der ÖVBB Richtlinie Spritzbeton Ausgabe Juli 2004 beschriebene Verfahren der Messung von Längenänderungen bei Lagerung in Sulfatlösungen angewendet, andererseits das in der alten Richtlinie Spritzbeton vom Oktober 1998 angeführte Alternativverfahren von Huber H. und Lukas W., also die Sulfataufnahme bei der Lagerung der Proben in den selben Sulfatlösungen.

Um die Unterschiede des für Leimproben entwickelten Verfahren auch bei Mörtelproben und Beton deutlich zu erkennen werden drei Bindemittel in drei Rezepturvarianten von Instandsetzungsmörtel angewendet.

Die Übertragung der Erkenntnisse auf Betonproben wird ebenfalls dargestellt.

Zur Beurteilung der Sulfatbeständigkeit wurden Prismen aus einerseits Normenmörtel mit den drei Bindemitteltypen Tauern Zement (CEM II/A-M(S-L) 42,5 N), Dolomiten Zement (CEM I 42,5 R C_3A -frei) und Slagstar 42,5 N C_3A -frei, andererseits Rezepturen für Instandsetzungsmörtel mit Größtkorn 2, 4 und 8 mm (Duriment Spritzmörtel, Duriment Tiefbaumörtel und Duriment Ausgleichsbeton) aus wiederum den 3 Bindemitteltypen hergestellt.

In Tabellen werden die Ergebnisse der Mörtelprüfung gezeigt.

Nach 28 Tagen wurden alle Proben in zwei Sulfatlösungen, nämlich eine gesättigte Gips- und eine 5%ige Na_2SO_4 -Lösung eingelagert und nach 3 Monaten einerseits die Dehnung, andererseits die Sulfataufnahme nach 3 Monaten bestimmt.

Die Messung der Dehnung erfolgte an Prismen 4x4x16 cm nach Graf-Kaufmann, wobei die Messzäpfchen aufgeklebt wurden.

Für die Bestimmung der Sulfataufnahme wurden bei den eingelagerten Prismen die Oberfläche an einer Stirnseite durch Anschleifen von anhaftenden Sulfatmengen befreit und dann Scheiben von 2 mm zur Ermittlung des mittleren Sulfatgehaltes in dieser Schicht geschnitten.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen und Dehnungen sind in Tabellen dargestellt.

Nach Interpretation der erhaltenen Ergebnisse wird versucht Grenzwerte zur Beurteilung der Sulfatbeständigkeit von Beton- und Mörtelproben festzulegen.

CEM III/A 52,5 N-HS/NA - der Zement mit besonderen Eigenschaften

Ing. Peter BILGERI, Cemex Hüttenzement GmbH, D-Dortmund

Einleitung

In Deutschland praxisbewährte Zementarten mit hohem Sulfatwiderstand sind Portlandzemente mit niedrigem C_3A - und Al_2O_3 -Gehalt sowie Hochofenzemente mit einem Hüttenessandgehalt von mindestens 66 M.-%, deren Sulfatwiderstand auf verschiedenen Mechanismen beruht.

Anforderungen an einen Hochofenzement mit hoher Frühfestigkeit (vergleichbar mit Portlandzement CEM I 42,5 R-HS) und den Sondereigenschaften HS und NA sowie Überlegungen bei CEMEX Zement hinsichtlich der Zementsortenstruktur (Substitution weiterer CEM I - Zemente) führten zur Entwicklung des CEM III/A 52,5 N-HS/NA. Dabei konnte auf umfangreiche Erfahrungen mit Hochofenzement der höchsten Festigkeitsklasse aufgebaut werden; bereits 1997 wurde im Hüttenzementwerk Dortmund CEM III/A 52,5 N produziert. Mit diesem Zement wurden 1999 an der TU Hamburg-Harburg Untersuchungen hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit gegen biogene Schwefelsäure durchgeführt [1]. Die Auswertung und Interpretation der Untersuchungsergebnisse führte u.a. zu der Schlussfolgerung: Sehr dichte Betone mit Hochofenzement sind säurekorrosionsbeständiger als entsprechende Betone mit Portlandzement CEM I-HS!

Ergebnis der Entwicklungsarbeit ist der CEM III/A 52,5 N-HS/NA Werk Duisburg-Schweglern mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) in Berlin.

Aufgabenstellung

Die Entwicklung des CEM III/A 52,5 N-HS/NA orientierte sich an den Anforderungen aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen, insbesondere der Herstellung vorgefertigter Beton-Bauteile. Die wesentlichen Anforderungen an Betone mit dem neuen Hochofenzement sind:

- Hoher Widerstand gegen chemischen Angriff durch betonschädigende Böden, Wässer und Gase – insbesondere hoher Sulfat- und Säurewiderstand
- Minimales Schadensrisiko bei Verwendung alkaliempfindlicher Gesteinskörnungen
- Technologisch erforderliche, d.h. ausreichend hohe, Frühfestigkeit ohne kostspielige Wärme- oder Dampfbehandlung
- uneingeschränkte Anwendung für alle Expositionsklassen
- gute Verarbeitungseigenschaften bei ausreichend langer Verarbeitbarkeitszeit
- keine erhöhten Stoffkosten im Vergleich zu Betonen mit CEM I 42,5 R-HS

Untersuchungen des Sulfatwiderstands im Rahmen der Zulassungsprüfung

Gemäß Prüfplan musste für die im Forschungsinstitut der Zementindustrie (FIZ) in Düsseldorf durchgeführte Zulassungsprüfung ein CEM III/A 52,5 N mit 50 M.-% Hüttenessand verwendet werden. Der Prüfplan sah vor, dass die Dehnungen und Dehnungsdifferenzen sowie der dynamische Elastizitätsmodul der Mörtelprismen sowohl bei einer Lagerungstemperatur von 20 °C als auch von 5 °C zu bestimmen sind. An den Mörtelprismen mit CEM III/A 52,5 N-HS/NA konnte nach einer Lagerungsdauer von 91 Tagen bei 20 °C eine Dehnung von unter 0,2 mm/m festgestellt werden, bei 5 °C-Lagerung eine mit den CEM III/B-Mörtelprismen (Referenzzement) identische Dehnung. Der Grenzwert für den Nachweis eines hohen Sulfatwiderstands liegt bei 0,5 mm/m nach 91 Tagen bei 20°C.

Leistungsfähigkeit des CEM III/A 52,5 N-HS/NA und daraus hergestelltem Beton

Zementeigenschaft		Eigenüberwachung CEM III/A 52,5 N-HS/NA		CEM I 42,5 R-HS versch. Hersteller	
		MW	s		
Wasseranspruch	M.-%	32,5	0,5	27 ... 29	
Erstarrungsbeginn	min	188	18	205 ... 230	
Spez. Oberfläche (Blaine)	cm ² /g	5.827	83	3.540 ... 4090	
Na ₂ O-Äquivalent	M.-%	0,69	0,02		
Hüttenessandgehalt	M.-%	52	1,1		
Druckfestigkeit	1 Tag	N/mm ²	17	0,9	11 ... 20
	2 Tage	N/mm ²	25	0,9	22 ... 32
	7 Tage	N/mm ²	39	1,1	41 ... 47
	28 Tage	N/mm ²	63	1,0	54 ... 60

Tafel 1: Kennwerte des Hochofenzements CEM III/A 52,5 N-HS/NA im Vergleich zu CEM I 42,5 R-HS und CEM I 42,5 R-HS/NA verschiedener Hersteller

Frost-Tausalz-Widerstand

Ein hoher Frost-Tausalz-Widerstand kann bei niedrigem Wassercementwert und daher sehr dichtem Betongefüge mit CEM III/A 52,5 N-HS/NA auch ohne Verwendung von LP-Mittel erzielt werden. Für einen „Rohrbeton“ und einen „SVB für Rohre“ - die Zusammensetzung der Betone ist in Tafel 2 aufgeführt - wurde im Prüfalter von 28 Tagen der Frost-Tausalz-Widerstand mittels CDF-Test nachgewiesen. Die nach 28 Frost-Tau-Wechseln ermittelten Abwitterungen lagen mit 138 g/m² („Rohrbeton“) bzw. 87 g/m² („SVB für Rohre“) weit unter dem Abnahmekriterium von 1500 g/m². Im Prüfalter von 110 Tagen betragen beim „Rohrbeton“ die Abwitterungen 183 g/m² nach 28 Frost-Tau-Wechseln und 404 g/m² nach 56 Frost-Tau-Wechseln, beim „SVB für Rohre“ 51 g/m² nach 28 Frost-Tau-Wechseln und 146 g/m² nach 56 Frost-Tau-Wechseln.

Säurebeständigkeit

Im Hinblick auf die Entwicklung säureresistenter „Kühlturmbetone“ bei Verwendung des CEM III/A 52,5 N-HS/NA wurde die Gesellschaft für Materialprüfung und Baustoffforschung mbH (MBF) in Berlin mit der Untersuchung der Beständigkeit gegenüber Schwefelsäure beauftragt. Als interner Vergleichsstandard zum „Rohrbeton“ und „SVB für Rohre“ wurde ein Referenzbeton mit bekannter Beständigkeit mitgeprüft. Bei dem Referenzbeton handelt es sich um eine „Praxisvariante“ des SRB 85/35“ mit der 1999 in Niederaußem bei Köln der mit 200 m höchste Kühlturm der Welt erstmals ohne Kunststoffinnenbeschichtung gebaut wurde. Die Säurebeständigkeit der beiden Betone mit CEM III/A 52,5 N-HS/NA wird mit sehr gut beurteilt.

Widerstand gegen das Eindringen von Chloriden

Mit Hilfe des Migrationsverfahrens wurden ebenfalls von der MBF die Chlorid-Diffusionskoeffizienten der beiden o.a. Betone ermittelt. Beim „Rohrbeton“ beträgt er $1,22 \times 10^{-12}$ m²/s, der „SVB für Rohre“ weist einen überragend niedrigen Chlorid-Diffusionskoeffizienten von $0,29 \times 10^{-12}$ m²/s auf. Zum Vergleich: „Herkömmliche“ Betone weisen Chlorid-Diffusionskoeffizienten von ca. 2×10^{-12} m²/s bis 4×10^{-12} m²/s auf, sehr dichte Hochleistungsbetone von $0,5 \times 10^{-12}$ m²/s bis 1×10^{-12} m²/s.

Anwendungsbeispiele

Hauptanwendungsgebiet für den CEM III/A 52,5 N-HS/NA ist der gesamte Bereich der Vorfertigung, insbesondere die Produktion von Beton-Bauteilen für den Abwasserbereich (Rohre, Schächte etc.) aber auch für den Ingenieur- und Verkehrsbau.

Bezeichnung des Betons	Zement-gehalt	Wasser-gehalt	Gesteins-körnung	Zusatzstoff		Zusatz-mittel
	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	Flug- asche kg/m ³	Micro- silica kg/m ³	FM / BE kg/m ³
Rohrbeton	430	145	1827	30	---	4,0 / ---
SVB für Rohre	450	130	1625	100	41	8,1 / 9,0
SVB für Decken	300	163	1587	230	---	8,4 / ---
LSW-Beton	350	150	1885	---	---	2,1 / ---

Tafel 2: Zusammensetzung verschiedener Betone mit CEM III/A 52,5 N-HS/NA

Zusammenfassung

Die CEMEX WestZement GmbH hat mit der Entwicklung und allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des CEM III/A 52,5 N-HS/NA konsequent die aus ökologischen und ökonomischen Gründen erforderliche Substitution von CEM I - Zementen fortgesetzt. Die aufgezeigten Untersuchungsergebnisse machen deutlich, dass Betone bei sachgerechter Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung mit dem neuen Zement die gleiche, teils höhere Leistungsfähigkeit aufweisen wie bisher verwendete Betone mit CEM I – HS – Zementen.

Stärke als Rückprallminderer im Spritzbeton

Die verstärkte Nutzung des nachwachsenden Rohstoffs Stärke ist im technischen Bereich sowohl ökologisch als auch ökonomisch von großem Interesse. Stärke bzw. deren Derivate werden in den verschiedensten Anwendungsbereichen wie Textil, Papier, Klebstoff oder Baustoffen seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzt und sind aufgrund ihrer hohen Qualität, Verfügbarkeit und Eigenschaften nicht mehr wegzudenken. Speziell im Baubereich, wo bei Agrana auf jahrzehntelange Erfahrung zurückgegriffen werden kann, werden Stärkeprodukte, speziell hochmodifizierte Stärkeether in den Applikationsbereichen Fliesenkleber, Putze sowie in einigen Zement-basierenden Systemen eingesetzt. Stärkeether wirken hier insbesondere als Verdicker und Rheologiegeber. Parallel zu Neuentwicklungen in diesen Bereichen wird auch in anderen Bauanwendungen die Einsatzmöglichkeit des nachwachsenden Rohstoffs Stärke als Additiv untersucht. Als innovatives Unternehmen beschäftigt sich die Zuckerforschung Tulln als Forschungseinrichtung der Agrana mit diesen Produktneuentwicklungen. Derzeit beschäftigen wir uns intensiv mit Anwendungen im Betonbereich. Als erstes Produkt ist hier ein Rückprallminderer für Spritzbeton, im speziellen für Trockenspritzbeton, entstanden, das im Folgenden näher dargestellt werden soll und das bereits von vielen Anwendern positiv getestet wurde.

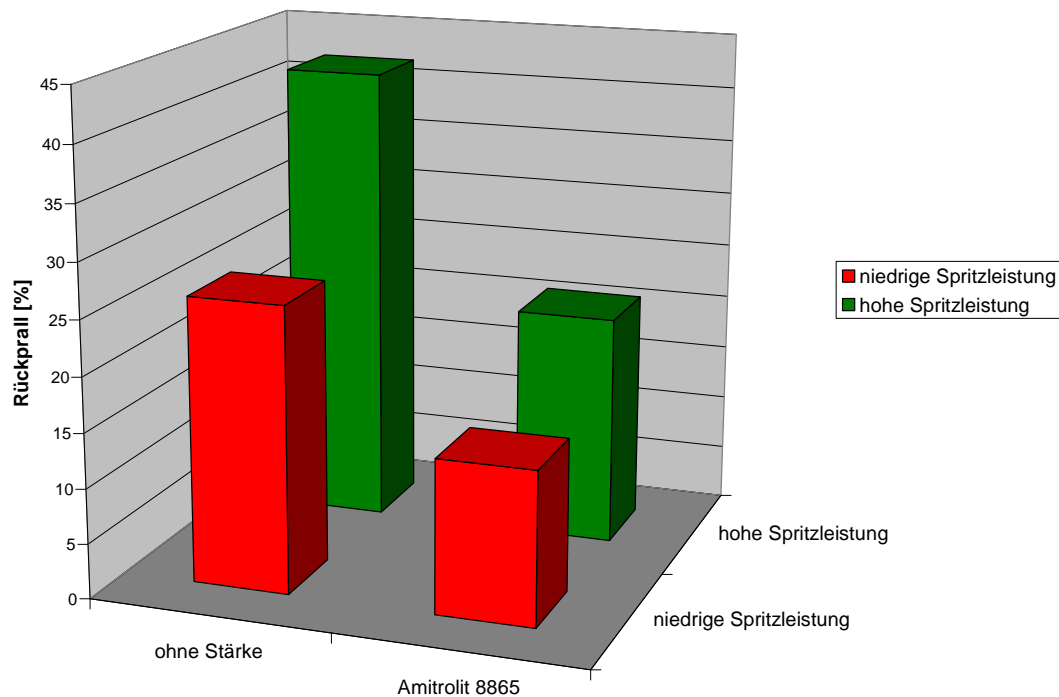
Spritzbeton ist ein außergewöhnliches zementbasierendes System, bei dem das Zement-Zuschlag-Wasser-Gemisch unter den gegebenen Umständen rasch abbindet und somit eine schnelle Verfestigung des bearbeiteten Bauabschnitts bewirkt. Spritzbeton wird üblicherweise im Tunnelbau eingesetzt, wo das rasche Abbinden des Betons zur Sicherung des Stollens notwendig ist. Bei dieser Form der Verarbeitung wird mit großer Leistung und Kraft gearbeitet, so dass der Beton nur überwiegend, aber nicht vollständig an der Auftragsoberfläche haftet. Insbesondere beim Trockenspritzen kommt es zu hohen Staub- und Rückprallbelastungen. Beim Einsatz von Stärkeethern wird einerseits durch seine verdickende und klebende Wirkung andererseits durch seine besonderen rheologischen Eigenschaften der Beton dermaßen zu beeinflussen, dass er an der Auftragsfläche besser haftet und sich ein weiches Betonbett bildet. Darüber hinaus wird durch die klebenden feinen Stärkepartikel die Staubbelastung deutlich reduziert und bereits in einer Einsatzmenge von 0,1-0,2% bezogen auf das Bindemittel (Tab. 1), also in homöopathischer Dosis, der Rückprallanteil deutlich verringert werden. Diese Wirksamkeit wird sowohl bei niedrigen als auch bei hohen Spritzleistungen (13 m³/h) erzielt. Durch den Zusatz des Stärkeethers wird der WB-Wert etwas nach oben verschoben. Beim Abbinden (Verfestigen) wird nur eine geringe Festigkeitsminderung bewirkt, die geforderten Festigkeitsrichtwerte konnten aber bei Praxisversuchen leicht eingehalten werden. Mittels Cryotransfer-Rasterelektronenmikroskopie wurde der Einfluss der Stärke im Bindemittel verdeutlicht und eine Abhängigkeit der Festigkeitsminderung vom Bindemittel eruiert. Bei Durchführung einer Eignungsprüfung, wie sie nach der österreichischen Spritzbeton-Richtlinie vorgesehen ist, wird durch den Zusatz des Stärkeethers weder die Dichte des Betons, die Frost-Tau-Beständigkeit, die Wasserundurchlässigkeit noch der Luftporengehalt negativ beeinflusst. Durch dieses auf Naturstoffen basierende Produkt soll das traditionelle „chemie-freie“ Trockenspritzverfahren

wieder stärker etabliert werden. Die Wirksamkeit wurde bereits vielfach von Spritzbindemittelherstellern und Spritzbetonanwendern nach positiven Tests bestätigt.

Im Rahmen eines öffentlich geförderten Projekts wurden nun noch weitere Stärkederivate mit Blickrichtung Nassspritzbeton untersucht, dabei wurden weitere geeignete Produkte gefunden, die sich durch einen noch geringeren Wasseranspruch auszeichnen. Diese Produkte haben ihre Wirksamkeit bereits im Trockenspritzverfahren unter Beweis gestellt und scheinen für das Nassspritzverfahren geeignet. Nassspritzversuche sind bereits geplant.

Spritzbindemittel SBM	15
Zuschlagskorn GK 11	85
Stärkeether	0,1-0,2% / SBM
W/B-Wert	0,5-0,55

Tab.1: Richtrezeptur



Sommerzement im Transportbeton - CEM III/A 32,5 R

von Dr. Markus Pfeuffer, Rohrdorfer Transportbeton GmbH



Sichtbeton mit CEM III/A 32,5 R

In der modernen Betontechnologie spielt das Betonieren in den warmen Sommermonaten eine bedeutende Rolle.

Eine hohe Frischbetontemperatur und ein starker Temperaturanstieg durch die Hydratationswärme sind für den Beton oft von Nachteil. Durch die Hydratationswärme des Zements entstehen zum einen Temperaturdifferenzen zwischen Kern- und Randzone des Bauteils, die zu Eigenspannungen führen. Zum anderen wird die durch Erwärmung hervorgerufene Verformung des Bauteils behindert, wodurch Zwangsspannungen entstehen, die zu Rissen führen können.

Konstruktive Maßnahmen dienen dazu, die Verformungsbehinderungen gering zu halten oder eine unkontrollierte Rissbildung zu vermeiden. Betontechnologische und ausführungstechnische Maßnahmen zielen darauf ab, den Temperaturanstieg wirksam zu vermeiden.

Dabei kann das Rissrisiko durch einen speziellen Sommerzement erheblich verringert werden. Die betontechnologischen Eigenschaften des Sommerzements CEM III/A 32,5 R sowie die praktischen Erfahrungen beim Einsatz im Transportbeton werden im folgenden Beitrag erläutert.

Verkehrskreisel mit Betonfahrbahnen

Erfahrungen in der Schweiz

Rolf Werner, dipl. Bauing. HTL/STV,
BEVBE, Beratung und Expertisen für Verkehrsflächen in Beton, Bonstetten (CH)

Allgemeines, Entwicklung

Seit Anfang der 1990-er Jahre werden in der Schweiz Kreisel gebaut. Grundsätzlich wurden sie bisher in Asphalt geplant. Allerdings zeigte sich, dass sie wegen der grossen Schubbeanspruchung besonders anfällig auf Belagsverformungen sind.

Nachdem eine Hitzeperiode im Frühjahr 2003 bei mehreren, erst wenige Jahre alten Asphaltkreiseln massive Belagsschäden verursacht hatte, begann das Umdenken in Richtung „weiss“.

Der erste Kreisel mit Betonfahrbahn entstand noch im gleichen Jahr. Ein erst wenige Jahre alter Asphaltkreisel wurde mit einer Betondecke versehen. Bereits im Folgejahr 2004 wurden drei weitere Asphaltkreisel mit Beton saniert. Im vergangenen Jahr waren es bereits fünf Kreisel, die eine Betondecke erhielten.

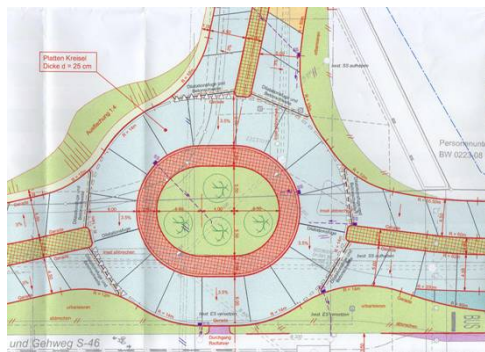


Zurzeit boomt der Betonkreiselbau: Im laufenden Jahr werden bzw. wurden 17 Betonkreisel gebaut. Etwa die Hälfte betrifft die Sanierung von Asphaltkreiseln, die andere Hälfte sind neue Kreisel, die direkt in Beton ausgeführt wurden.

Konzeption, Konstruktion, Dimensionierung

Betondecken wurden und werden in der Schweiz fast ausschliesslich in der Plattenbauweise gebaut, das heisst, mit Quer- und Längsfugen. Für diese Bauweise sind auch nationale Normen vorhanden. Daher wird diese Ausführungsart auch für die Kreiselfahrbahnen herangezogen.

Die Platten werden untereinander verdübelt und die Querfugen radial angeordnet. Zwei bis vier der Radialfugen – in der Regel auf Höhe der Verkehrsteiler der Ein- und Ausfahrten – werden als Bewegungsfugen ausgebildet, um die Bewegungen in der Ringfläche infolge Temperaturschwankungen aufzunehmen.



Die Ein- und Ausfahrten werden mehrheitlich ebenfalls in Beton ausgeführt (Länge: 5-20 m), um die doch erheblichen Schubkräfte in diesen Bereichen aufzufangen.

Die Betondecke der Kreiselfahrbahn wird konstruktiv von den Ein- und Ausfahrten getrennt d. h. nicht verdübelt. Um hier Vertikalversätze (Stufen) zu vermeiden, werden Betonschwellen angeordnet.

Um gleichmässige Auflageverhältnisse zu schaffen und in späterer Zeit ein Pumpen zu vermeiden, wird die Betondecke auf eine gebundene Unterlage (Dämpfungsschicht) aufgelegt. Bevorzugt wird eine 8 bis 10 cm dicke Asphalt-schicht (AC T oder AC F). Diese Asphalt-schicht wird in der Dimensionierung nicht berücksichtigt.

Die Betondeckendicke variiert zwischen 25 und 26 cm, je nach Fahrbahnbreite bzw. dadurch sich ergebenden Plattengrössen. Da die Platten im Kreiselbereich – durch die Radialfugen – eine ungleichmässige Form aufweisen, ist eine Bewehrung zweckmässig. Die Bewehrung mit Stahlfasern hat sich – aufwand- und zeitmässig – als optimale Lösung erwiesen.

Nicht unterschätzt werden darf die konstruktive Ausbildung des (befahrbaren) Innenrings. Dieser von der eigentlichen Kreiselfahrbahn höhenmässig einige Zentimeter abgesetzte Teil ist ganz besonders den enormen Belastungen von Schub und Druck ausgesetzt. Die Erfahrungen zeigen, dass Pflästerungen hier nur selten den hohen Belastungen standhalten können. Es empfiehlt sich daher, diesen Bereich ebenfalls mit Beton zu befestigen.

Ausführung

Der Einbau der Betondecken erfolgt von Hand, weil Kreiselgrösse, Platzverhältnisse und Etappierung in der Regel den Einsatz eines Gleitschalungsfertigers verunmöglichen. Wenn die Bauarbeiten unter Ausschluss des Verkehrs abgewickelt werden können, ist dies von grossem Vorteil. Dies ist aber eher selten möglich.

Betonqualität, Nachbehandlung, Verkehrsfreigabe

Zur Anwendung gelangt ein C 30/37 (nach EN 206-1:2000) mit den Expositionsklassen XC4, XD3 und XF4. Vorgegeben wird auch die Biegezugfestigkeit von 5,5 N/mm². Um die geforderte Ebenheit gemäss Normen zu erreichen, ist die Konsistenz des angelieferten Betons von grosser Bedeutung. Es wird ein Verdichtungsmass (nach Walz) von 1,15 bis 1,25 angestrebt (Handeinbau).

Mehrheitlich werden frühfeste Betone verwendet.

Zur Verbesserung der Abriebfestigkeit auf der den Schubkräften sehr stark ausgesetzten Betonfläche wird in die noch bearbeitbare Oberfläche ein Hartstoff eintalosciert. Anschließend erhält die Betonoberfläche eine eher kräftige Besenstrichstruktur.

Die Nachbehandlung des Betons erfolgt in zwei Schritten: Verdunstungsschutz (Curing Compound) und Thermomatten, die bis zur Verkehrsfreigabe liegen bleiben. Diese erfolgt in der Regel nach ein bis drei Tagen, wenn 70% der geforderten Endfestigkeit erreicht sind.

Bauzeit, Bauablauf

Um einschneidende Konsequenzen für den Verkehrsteilnehmer so gering wie möglich zu halten, wird eine kürzest mögliche Bauzeit angestrebt.

Kann ein bestehender Knoten für den Verkehr ganz geschlossen werden, wird die Sanierung in der Regel innert vier Tagen durchgeführt.

Folgendes Konzept hat sich bewährt:

Sperrung zwischen Donnerstag, 09.00 h – Montag, 05.00 h. Im Detail:

Donnerstag: Ausbau alter Asphaltbelag, Einbau neue Asphaltsschicht,

Freitag: Betonieren der Kreiselfahrbahn,

Samstag: Betonieren der Ein- und Ausfahrten,

Sonntag: Nachbehandlung des Betons, ab Mittag Räumen der Fahrbahnen und Reinigung; Aufbringen der Markierung,

Montag 0500 h: Verkehrsfreigabe.

Ausblick

Man geht bei Kreiseln mit Betonfahrbahnen von einer Nutzungsdauer von 40 Jahren aus. Die Erkenntnis, dass nur sie den hohen Belastungen in einem Kreisel genügen können, setzt sich in der Schweiz mehr und mehr durch. Für das Jahr 2007 sind bereits über 20 Kreisel in Beton definitiv beschlossen und projektiert.

Decken ohne Betonstahlbewehrung

Sebastian Zoran Ambro, Stefan L. Burtscher, Veronika Löffler, Johann Kollegger

Zusammenfassung

Die Vorspannung von Bauwerken und Bauteilen ist eine Bauweise, die in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts entwickelt wurde. Diese Bauweise wurde besonders im Brückenbau mit großem Erfolg angewandt. Obwohl die Vorteile der Vorspannung im Hochbau in einigen Ländern wie z.B. in den USA und Australien sehr effizient genutzt werden, hat sich die Anwendung der Vorspannung im Hochbau in Europa noch nicht durchgesetzt. In Australien werden vorgespannte Decken ohne schlaffe Bewehrung schon seit längerem erfolgreich eingesetzt [1, 2].

Aus konstruktiven Gründen müssen aber nach den in Österreich (ÖNorm B 4700 [3], ÖNorm B 4750 [4]) und Europa (EN 1992-1-1 [5]) gültigen Normen in vorgespannten Bauteilen beträchtliche Mengen an schlaffem Bewehrungsstahl eingelegt werden. Wegen des hohen Stahlpreises und bedingt durch den zusätzlichen Arbeitsaufwand für das Verlegen der Bewehrung führt dies zu Mehrkosten. Da meist nur die Herstellungskosten für die Auswahl der Bauweise in Betracht gezogen werden und nicht auch die Vorteile die diese Bauweise bietet, erscheint die Anwendung der Vorspannung für gewöhnliche Deckenspanweiten im Hochbau meist nicht wirtschaftlich zu sein.

In diesem Beitrag werden nach ÖNorm B 4750 bemessene Deckenstreifen mit vorgespannten Deckenstreifen ohne schlaffe Bewehrung verglichen. Im Sommer 2004 wurden zu diesem Zweck am Institut für Tragkonstruktionen - Betonbau der TU-Wien Vier-Punkt-Biegezugversuche durchgeführt. Bei diesen Versuchen wurde speziell auf die maximal aufnehmbare Kraft, das Durchbiegungsverhalten sowie die Verteilung und Breite der Risse geachtet. Es wurden fünf unterschiedliche Probekörper angefertigt. Drei Probekörper wurden nach den Regeln der ÖNormen B4700 [3] bzw. B4750 [4] bewehrt. Die anderen zwei Probekörper wurden abweichend von den gültigen Normen ohne schlaffe Bewehrung ausgeführt.

Die Prüfkörper wurden für Spannweiten, Deckendicken und Belastungen, wie sie im Hochbau üblich sind, konzipiert. Die Abmessungen waren 7,30 m / 40 cm / 25 cm (Länge/Breite/Höhe). Die effektive Spannweite in den Versuchen war 7,0 m und die Belastung wurde in den Drittelpunkten aufgebracht.

Die Bewehrungen der fünf Prüfkörper in Feldmitte sind in Abbildung 1 dargestellt. Prüfkörper PK 1 ist nur mit Bewehrungsstahl, Prüfkörper PK 2 mit Vorspannung ohne Verbund, Prüfkörper PK 3 mit Vorspannung mit nachträglichem Verbund, Prüfkörper PK 4 mit Vorspannung mit nachträglichem Verbund, jedoch ohne schlaffe Bewehrung, und Prüfkörper PK 5 mit Vorspannung mit nachträglichem Verbund wiederum ohne konstruktive Bewehrung, jedoch mit Stahlfaserbeton (30 kg/m³) hergestellt worden. Die Spanngliedführung war zwischen den Belastungspunkten gerade und in den Endbereichen parabolisch bis zur Schwerachse.

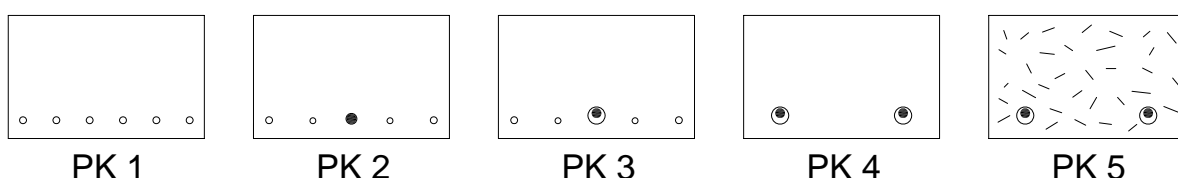


Abbildung 1. Querschnitte der Prüfkörper in der Trägermitte

Die Kraft-Durchbiegungsverläufe sind in Abbildung 2 für alle Prüfkörper zusammengefasst.

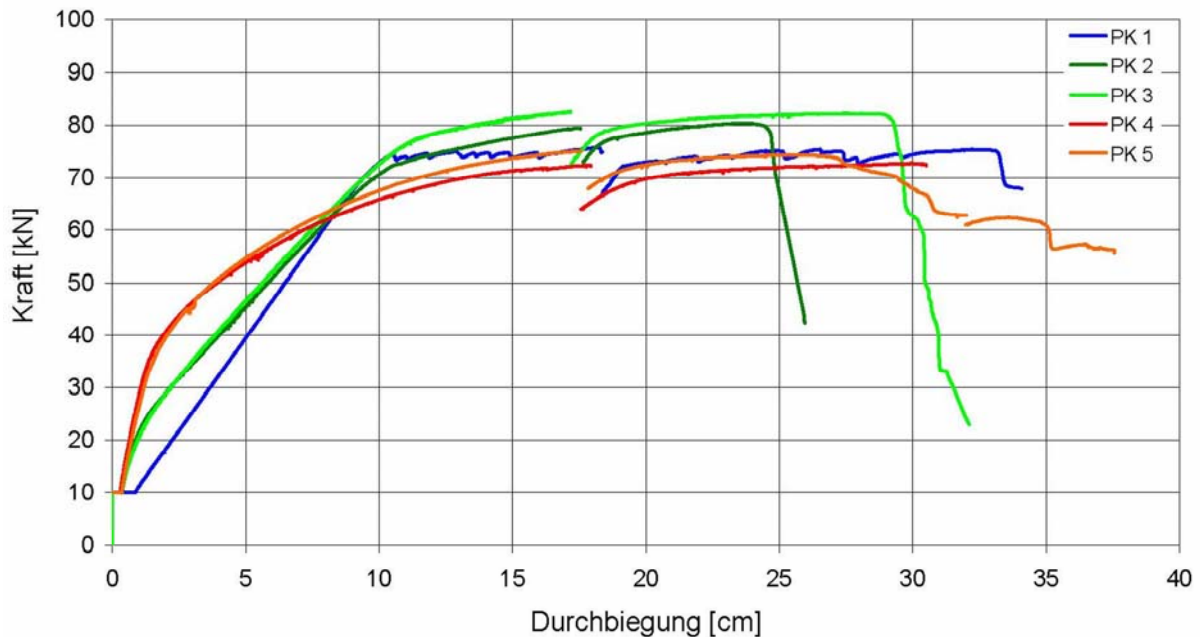


Abbildung 2. Kraft-Durchbiegungsdiagramme für die untersuchten Prüfkörper

Erwartungsgemäß konnte festgestellt werden, dass die Vorspannung eine günstige Wirkung auf das Durchbiegungsverhalten hat. Es wurde auch gezeigt, dass bei Einsatz von Vorspannung ohne weitere schlaife Bewehrung ein duktiler Nachbruchverhalten erreicht wird und die mittleren Rissbreiten bei der Gebrauchslast im zulässigen Bereich liegen.

Der Vergleich der im Versuch erreichten Traglasten mit den berechneten Werten zeigte, dass die Berechnung mit Mittelwerten gut mit den Versuchswerten übereinstimmt. Dies gilt auch für die Prüfkörper PK 4 und PK 5 die nicht gemäß Normenwerk bemessen wurden.

Literatur

- [1] Warner, Rangan, Hall, Faulkes: *Concrete Structures*. Longman Verlag
- [2] The Concrete Society: *Post-Tensioned Concrete Floors – Design Handbook*, Technical Report No. 43, Slough.
- [3] ÖNORM B 4700: Stahlbetontragwerke. Ausgabe: 2001-06-01
- [4] ÖNORM B 4750: Spannbetontragwerke. Ausgabe: 2000-11-01
- [5] EN 1992-1-1: *Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1.1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau*, Europäisches Komitee für Normung, Ausgabe April 2003.

Vortrag für das Kolloquium
„Forschung & Entwicklung für Zement & Beton“ am 15.11.2006

„Vom Bogenklappverfahren zum Brückenklappverfahren“

o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Johann Kollegger, M.Eng.

Technische Universität Wien
Institut für Tragkonstruktionen-Betonbau
Karlsplatz 13/E212, A-1040 Wien
Tel: +43-1-58801/21201 Fax:+43-1-58801-21299
Email: sek212@pop.tuwien.ac.at
Homepage: <http://www.betonbau.tuwien.ac.at>

Das Bogenklappverfahren zur Herstellung von Stahlbetonbögen wurde erstmals beim Bau der Argentobelbrücke (1986, Deutschland), später bei der Koubaru Keikoku Ohashi Brücke in Japan (2002) und in Bilbao, Spanien bei zwei Brücken über den Rio Nervion (2004) angewandt. Der Vorteil dieses Verfahrens gegenüber einer Herstellung des Bogens im abgespannten Freivorbau oder auf Lehrgerüst liegt in der Herstellung der Bogenhälften in annähernd senkrechter Lage. Dies ermöglicht einen raschen Baufortschritt, da während der Herstellung der Bogenhälften kaum Biegemomente auftreten.

Aufbauend auf dem Bogenklappverfahren wird ein Herstellungsverfahren für Brückenträger vorgeschlagen, bei dem auf die Errichtung eines Lehrgerüsts verzichtet werden kann und bei dem während der Herstellung der Brückenträger keine Biegebeanspruchungen in den Brückenträgern auftreten und das dadurch wirtschaftliche Vorteile gegenüber den bekannten Verfahren, wie z.B. Freivorbau oder Taktschiebeverfahren, aufweist.

Bei annähernd senkrechter Herstellung sind die Brückenträger viel geringeren Beanspruchungen ausgesetzt und können dadurch schneller hergestellt werden. Die bekannten Verfahren der Gleitschalung oder Kletterschalung, die ohnedies zur Herstellung der Betonpfeiler verwendet werden, können bei dem erfindungsgemäßen Verfahren auch zur Herstellung der Brückenträger eingesetzt werden. Die Brückenträger können zusammen mit den Pfeilern beispielsweise mit einer Kletter-

oder Gleitschalung hergestellt werden. Dies verringert den Schalungsaufwand, die Herstellungszeit und die Kosten wesentlich.

Das vorgeschlagene Verfahren wird besonders vorteilhaft bei Brücken mit hohen Pfeilern einzusetzen sein.

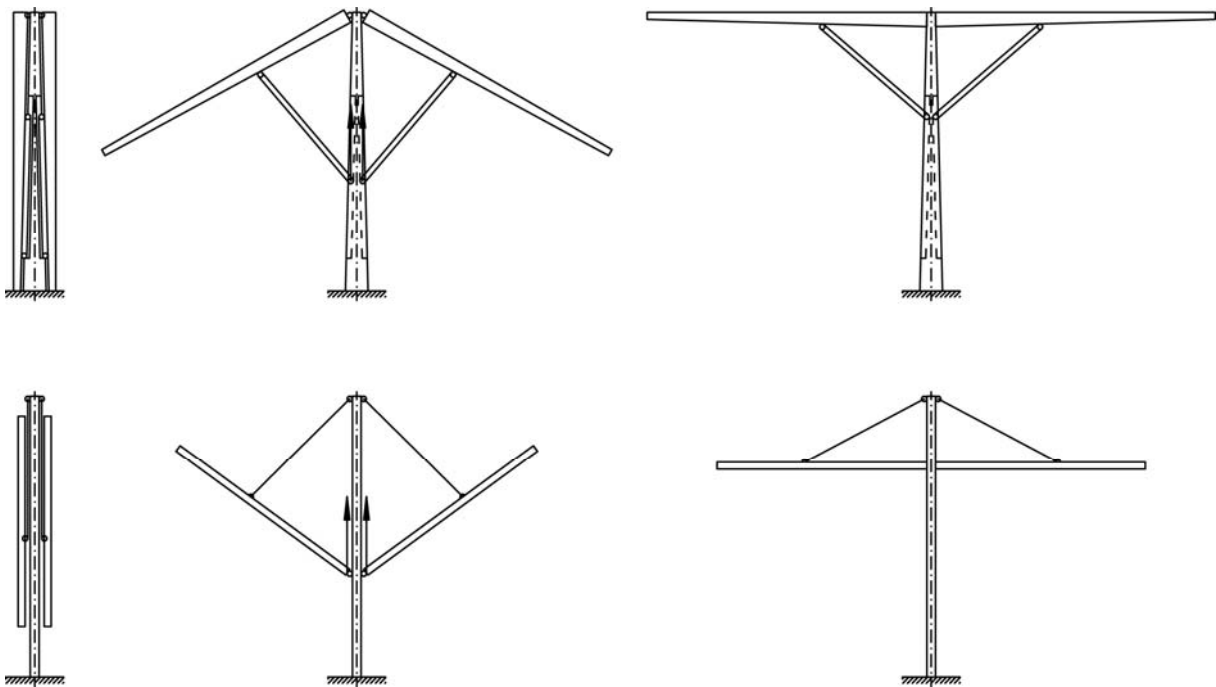


Bild 1: Herstellung von Brückenträgern mit dem Brückenklappverfahren
(zum Patent angemeldet)

ERFAHRUNGEN MIT SCC UND SCHALHAUT AUS KUNSTSTOFF - AM BEISPIEL DES REGIONALBAHNHOFES TULLNERFELD

Verfasser : *DI. Dr. Hannes KARI*
ÖBB Infrastruktur Bau AG
Engineering Services
Vivenotgasse 8, 1120 Wien

Kurzfassung:

Die Gestaltungsideen und Formensprache der heutigen Architektorentwürfe haben den Baustoff Beton bzw. Sichtbeton in eine extrem bedeutende Rolle gebracht. Auch bei dem einzigen Regionalbahnhof der ÖBB Neubaustrecke zwischen Wien und St. Pölten im Tullnerfeld bei *Judenau* wurde der Entwurf von *Arch. Mag. Lautner* als Sichtbetonkonstruktion mit ellipsenförmigen Raumhüllen für die teilweise unter den Gleisen liegende Bahnhofsinfrastruktur geplant.

Die Gesamtabmessungen des Bahnhofs von 60 mal 33 m im Grundriss und Variation der Größe der Ellipsen quer zu den Gleisachsen führte zu insgesamt 52 unterschiedlichen Stützen und 12 variablen Tragwerken für Bahnverkehr und Bahnsteige. Die Ausführung bzw. Ausschreibungserstellung dieser Bauteile in Sichtbetonqualität erforderte einerseits die exakte Darstellung der stark taillierten Stützen in 3D und zweitens die Einräumung und Abgeltung von Versuchsbetonierungen um die endgültigen zu verwendenden Materialien für den Beton, die Art der vorgeformten Kunststoff-Schalhaut und die spezielle Durchführung der Betoneinbringung, vorher festzulegen.

Diese Vorgangsweise und die intensive betontechnologische Betreuung durch das VOZ auch während der gesamten Baudauer von 15 Monaten garantierte letztlich die Ausführung auf einem sehr hohen Niveau.



Bild : 1 Stütze - Innenansicht

Herstellung und Einsatz von Fertigteilen aus Ultrahochfestem Beton (UHPC)

Dipl.Ing.Dr. Günter Grass – Sika Österreich GmbH.

1. Einleitung

Seit mehr als zehn Jahren wird vor allem in Frankreich im Zusammenhang mit der Entwicklung ultrahochfester Betone (UHPC - Ultra high Performance Concrete) intensiv geforscht.

Die von der ÖNorm B 4710-1 abgedeckten hochfesten Betone bewegen sich hinsichtlich der Druckfestigkeit in einem Bereich zwischen 60 und 115 N/mm². Bei ultrahochfesten Betonen werden jedoch Druckfestigkeiten von 200 N/mm² und mehr erreicht.

2. Materialeigenschaften von UHPC

Der mechanisch begründete Ausgangspunkt für die Herstellung von UHPC ist die Minimierung von Gefügestörungen, wie z.B. Poren und Mikrorisse. Um Kapillarporen in der Zementmatrix zu vermeiden, ist es erforderlich, den w/b Wert auf ca. 0,2 zu reduzieren. Außerdem müssen die Ausgangsstoffe sorgfältig ausgewählt werden, so dass die Partikelgröße von Zuschlag und Bindemittel homogenisiert wird. Das angestrebte sehr dichte und homogene Gefüge des Betons wird vor allem durch die Abstimmung der Feinteile erreicht, wobei neben dem Zement (ca. 700 - 1000 kg/m³) und Mikrosilica (bis zu 25% des Zementgehaltes) auch besonders feine Steinmehle eingesetzt werden.

Da bei Betonen mit der Druckfestigkeit auch die Sprödigkeit zunimmt, kann bei diesen Betonen durch die Zugabe von Stahlfasern (Fasergehalte bis 180 kg/m³) die Duktilität verbessert werden (Kurzfilm Prüfung Druckfestigkeit UHPC ohne Fasern).



Druckprüfung eines Probewürfels ohne Fasern nach 56 Tagen



Explosionsartiges Versagen des Probekörpers

Es sind jedoch nicht nur die herausragenden Festigkeiten (DF ca. 180 - 200 N/mm², BZF 30 N/mm², ZF 10 N/mm²), die für die Verwendung von Ultrahochfesten Betonen in speziellen Anwendungen sprechen. Durch das außerordentlich dichte Betongefüge sind solche Betone nicht nur besonders widerstandsfähig gegenüber Chemikalien, sondern sie halten auch einer extremen Verschleißbeanspruchung stand.

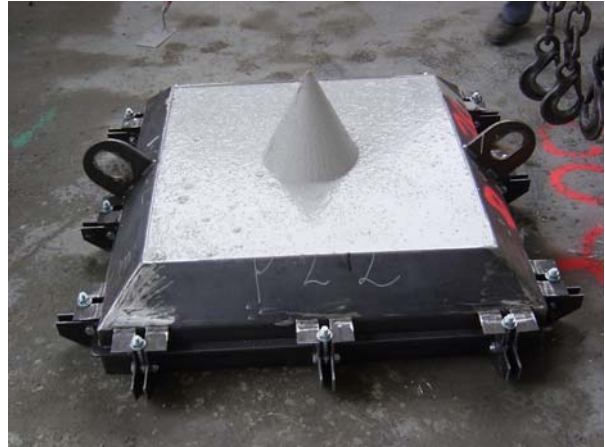
Um die herausragenden Materialeigenschaften auch nutzen zu können, sind außerdem eigene Bemessungsregeln erforderlich.

3. Herstellung

Die Herstellung von Bauteilen mit Ceracem erfolgt durch die Verwendung einer Fertigmischung, der nur noch Wasser, Fließmittel und Fasern beigegeben werden müssen. Das Mischen selbst kann mit herkömmlichen Betonmischern erfolgen, wobei allerdings eine deutlich verlängerte Mischzeit zu beachten ist (Kurzfilm Mischvorgang).



Mischen des UHPC



Fertigteil für eine Flachdecke

4. Ausgeführte Projekte

In den letzten Jahren wurde eine Reihe von Projekten mit diesem neuen Werkstoff, der sich vor allem für Fertigteile eignet, ausgeführt. Eines davon ist die Überdachung der Mautstation in Millau, welche im Zuge der Errichtung der höchsten Brücke der Welt über die Tarn in Südfrankreich errichtet wurde.

Die einzelnen Fertigteile des Daches mit einer Größe von 20 mal 100 Metern wurden in einer Feldfabrik vor Ort hergestellt.

Bei der Montage wurden die einzelnen Elemente vorgespannt und miteinander verklebt.



Feldfabrik für die Herstellung der Fertigteile



Fertiges Dach der Mautstation

Auch in Österreich laufen zur Zeit einige Projekte, bei denen UHPC sinnvoll eingesetzt werden soll. Die in den Vorversuchen erreichten Druckfestigkeiten betragen bis zu 240 N/mm².