

KOLLOQUIUM 2008

Forschung &
Entwicklung
für Zement
und Beton

Kurzfassungen
der Beiträge

Ausgabe 5. 11. 2008

vöZ*fi*

BRA.IN Bauwirtschaft - Stimulierung der Bauforschung in Österreich

Dipl.-Ing. Peter SCHÖRGHOFER

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH, Wien

BETONTECHNOLOGIE

Oberflächenausbildung und Frischbetondruckverlauf an Tunnelinnenschalen in Abhängigkeit variabler Einbauparameter und Schalhauttypen

Martina FETTNER

Universität Innsbruck, Fakultät f. Bauingenieurwissenschaften, Innsbruck

Zusammenarbeit mit DI Dr. tech. Christoph Niederegger (Universität Innsbruck, Bauakultät), DI Peter Reisinger (Doka GmbH, Amstetten), DI (FH)

Stefan MOOSER (Mooser Schwingungstechnik, Puchheim, Deutschland)

Rheologische Aspekte zum Bluten Weicher Betone

DI Thomas EISENHUT

Bautechnische Prüf- und Versuchsanstalt GmbH, Himberg

EUROMIX 3000CC – Die neue mobile Mischanlage

Ing. Gerhard GSCHWANDTNER

SBM Mineral Processing GmbH, Laakirchen

Zur Interaktion bzw. Ablösungen der Hartkorneinstreuung vom Betonuntergrund bei monolithischen Platten

DI Dr. Roland TRAVNICEK

SV Büro f. Betontechnologie, Wien

DI Rene STELZER

CEMEX Baustofftechnik GmbH, Krieglach

NEUE BAUVERFAHREN / TECHNOLOGIEN

Betonbrücken ohne Bewehrung aus Betonstahl

DI Johannes BERGER

TU Wien, Institut für Tragkonstruktionen/Betonbau, Wien

Prüfung des Verbundes – wissenschaftlicher Zugang und praktische Beurteilung

DI Martin PEYERL

Forschungsinstitut der VÖZ, Wien

Prof. DI Dr. Elmar TSCHEGG

TU Wien, Labor für Materialwissenschaften E206, Wien

Untersuchung des Verbundverhaltens randnaher Befestigungen in Beton mittels Elektronischer Speck-Interferometrie

DI Ronald MIHALA

Universität für Bodenkultur, Institut für Konstruktiven

Ingenieurbau, Abteilung/Forschungsassistent, Wien

Feldversuche mit dem Brückenklappverfahren

Prof. DI Dr. Johann KOLLEGGGER

TU Wien, Institut für Tragkonstruktionen/Betonbau, Wien

WILD-Brücke – UHPC in der Praxis als Ergebnis der Forschung

DI Dr. Bernhard FREYTAG

TU Graz, Labor für Konstruktiven Ingenieurbau

Prof. DI Dr. Lutz Sparowitz TU Graz, Institut für Betonbau, Graz

NEUE ZEMENTE / BINDEMITTEL

CO₂ Einsparpotential/profitable Zementmahlung mit Hilfe spezieller Mahlhilfsmittel, den Quality Improvern

Hans-Jürgen SCHOLZ

GRACE Bauprodukte GmbH, Lüdge, Deutschland

Hochfeste Sulfathüttenzementbetone

DI Günter WOLTRON,

Business Development Slagstar, Wopfinger Baustoffindustrie GmbH, Waldegg

Neue Micropuzzolane zur Verbesserung von Mörtel und Beton

Dr. Denis BEZARD

Dr. Denis Bezard GmbH, Baden

Die zementtechnologische Stellung von gebranntem Ölschiefer (BOS)

Dr. Peter KRUSPAN

Holcim (Schweiz) AG, Würenlingen, Schweiz

Einfluss der Zementeigenschaften auf beschleunigten Nassspritzbeton – Möglichkeiten und Grenzen

DI Walter STEINWENDER

Wietersdorfer & Peggauer Zementwerk GmbH, Klein St. Paul

ENTWICKLUNGEN / BAUPRAXIS

MABA-TANK, Behälter aus Fertigteilen für Biogasanlagen

DI Alexander BARNAS

Kirchdorfer Fertigteilverteilung GmbH, Sollenau

Taktile Bodenleitsysteme

DI René PRASSÉ

Ebenseer Betonwerke GmbH & Co KG, Wien/Gerasdorf

Schutzmaßnahmen an Betonoberflächen –

Merkblatt Oberflächenvergütung von Beton

DI Florian PETSCHARNIG

Technisches Büro für Verfahrenstechnik, Brückl

Die neue ÖNORM B4706 als nationale Umsetzung der europäischen Instandsetzungsnorm EN 1504

DI Wolfgang TALMANN

Amt der NÖ Landesregierung, St. Pölten

Herstellung von Stabilisierungen "Praxis"

Franz LECKER

Österreichische Betondecken ARGE, Graz

Die FFG Brancheninitiative BRA.IN Bauwirtschaft

DI Peter Schörghofer

Laufzeit: 10/2006 – 09/2009

Durch verstärkten Einsatz von FFG Unterstützungsmaßnahmen soll die mit cirka 0,2 % sehr niedrige F&E-Quote der Bauwirtschaft angehoben werden. Die Ergebnisse geförderter Projekte sollen die Wettbewerbsfähigkeit der Branche erhöhen.

An Fördermittel stehen für 15 Programme der FFG jährlich ca. 25 Mio. Euro für baurelevante Projekte zur Verfügung. Unterstützt werden damit **wirtschaftsbezogene** Forschungs-, Entwicklungs-, Transfer- und Innovationsaktivitäten.

Die Bauwirtschaft im Sinne der FFG Initiative umfasst alle am Bau beteiligte Gewerke, Maschinen und Produkte. Es besteht **keine thematische Einschränkung**. Konkret angesprochen sind beispielsweise der gesamte Hoch- und Tiefbau, Baustoffe und Bauprodukte sowie deren Recycling, baurelevante Dienstleistungen (EDV, Planung, Statik etc.) und Baumaschinen.

Im Rahmen der Initiative sind auch **Branchenforschungsprojekte** und Technologietransferprojekte zu baurelevanten Themen **förderbar**, sofern die Projektergebnisse der Bauwirtschaft zur Verfügung gestellt werden.

Die **Vermittlung von Forschungspartnern und eine verstärkte Förderberatung** in der FFG und bei branchenrelevanten Fachveranstaltungen soll Unternehmen den Einstieg in F&E erleichtern, die bisher noch keine Forschungsprojekte zur Förderung eingereicht haben.

Für die individuelle Beratung innerhalb der FFG steht Ihnen das BRA.IN Team Bauwirtschaft mit Rat und Tat zur Verfügung:

Rasche und unbürokratische Auskunft und Vermittlung zu den FFG Unterstützungsmaßnahmen erhalten Antragsteller auch über die

Hotline BRA.IN Bauwirtschaft
+43 (0) 5 7755-7700
brain.bau@ffg.at
<http://www.ffg.at/content.php?cid=509>



**FFG - Brancheninitiative
BRA.IN
„Bauwirtschaft“**

DI Peter Schörghofer

5. 11.2008

Laufzeit: 10/2006 – 9/2009

FFG
5.3.2008



Themen von BRA.IN „Bauwirtschaft“

Die Initiative umfasst den gesamten **Hochbau** und **Tiefbau** sowie die **Herstellung von Baustoffen und Bauprodukten** sowie **deren Recycling**. Auch für den **Bau relevante Dienstleistungen** (EDV, Planung, Statik etc.) und **Baumaschinen** sind inkludiert.

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

Fördervolumen 2007: circa **€ 25 Mio.**

Zielgruppen von BRA.IN „Bauwirtschaft“

... sind Betriebe und Forschungseinrichtungen.

Bezüglich der Betriebsgröße sind **Neugründungen, Klein- und Mittelbetriebe** sowie **Großunternehmen** aus den Bereichen Bau, Baunebengewerbe, Bauprodukte, Bau-Zulieferindustrie, Baumaschinenhersteller, technische Dienstleister (EDV, Statik, Planung etc.) angesprochen.

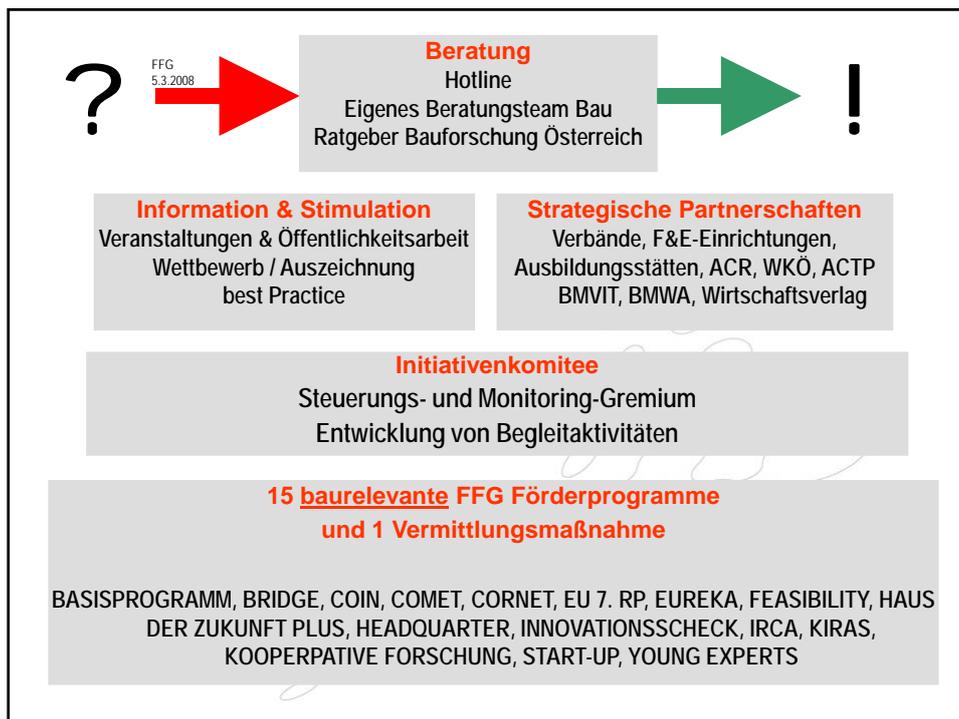
Bei Branchenforschungsprojekten sind primär **Interessenvertretungen, Verbände, Cluster** etc. angesprochen.

| Vorbereitung-Machbarkeit | Industrielle Forschung | Entwicklung | Innovation | Demonstration - Transfer |
|--------------------------|------------------------|-------------|------------|--------------------------|
| Innovationsscheck | Bridge | 👤👤 | | |
| Feasibility Studies | Basisprogramm | | | 👤 |
| IRCA | Young Experts | | 👤👤 | |
| | Start Up | | 👤 | |
| | Headquarter | | 👤 | |
| | Kooperative Forschung | | 👤👤 | |
| | Cornet | | 🇪🇺👤👤 | |
| | Haus der Zukunft Plus | | | 👤👤 |
| | Kiras | | 👤👤 | |
| | Comet | | 👤👤 | |
| | Coin | | | 👤👤 |
| | Eureka | | 🇪🇺👤👤 | |
| | EU 7. Rahmenprogramm | | | 🇪🇺👤👤 |

👤 Einzelantragstellung

👤👤 Konsortium

🇪🇺 Int. Kooperation



FFG
5.3.2008

Bisheriger Verlauf der Initiative

| | 2005 | 2006 | 2007 | HJ 2008 |
|-----------------------------------|------|-------|-------|---------|
| Anzahl genutzter Programme (**) | 4 | 8 | 8 | 8 |
| Eingereichte Projekte (*) | 94 | 128 | 237 | 108 |
| Geförderte Projekte | 51 | 91 | 165 | 86 |
| Gesamtförderung [in Mio. €] | 7,77 | 13,96 | 25,32 | 14,3 |
| Barwert der Förderung [in Mio. €] | 5,14 | 9,59 | 16,87 | 11,8 |
| Anzahl Beteiligungen | 97 | 143 | 232 | 228 |
| Anzahl involvierte Akteure | 84 | 118 | 189 | 192 |

(*) Ohne Innovationsscheck (**) mit Innovationsscheck

Bisheriger Verlauf der Initiative

| | 2005 | 2006 | 2007 | HJ 2008 |
|-------------------------------|------|------|------|---------|
| Anzahl Feasibility - Projekte | 1 | 4 | 7 | 1 |
| Anzahl Nachwuchsförderung | 2 | 2 | 7 | 1 |
| Anzahl Startups | 2 | 0 | 6 | 4 |
| Kooperation Wis-Wir | 22 | 25 | 45* | 25 |
| Eingelöste Innovationsschecks | | | | 16 |

(*) Ohne Innovationsscheck (**) mit Innovationsscheck

So können Sie uns erreichen

Österreichische
Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)
Sensengasse 1, 1090 Wien



Hotline: +43(0)5 7755 – 7700

E-Mail: brain.bau@ffg.at

Internet: www.ffg.at

Oberflächenausbildung und Frischbetondruckverlauf an Tunnelinnenschalen in Abhängigkeit variabler Einbauparameter und Schalhauttypen

In der zweischaligen Tunnelbauweise ergeben sich im Ulmenbereich des Tunnelinnenschalenquerschnitts sogenannte „Negativbereiche“ der Schalung.

Diese Bereiche sind oft durch eine schlechte Oberflächenausbildung bzw. eine erhöhte Porigkeit geprägt. Es entstehen auffällig viele und große Poren im Gegensatz zum Rest des Gewölbes. Diese müssen oft im nachhinein kostspielig beseitigt werden, da sich in den Poren Verschmutzungen aus der Fahrbahn ablagern können, die sowohl die Betonmatrix als auch eine gegebenenfalls vorhandene Bewehrung angreifen. Weiters können dadurch Ästhetik und Verkehrssicherheit beeinträchtigt werden.

Die im Tunnelbau verwendeten Innenschalenbetone fallen zumeist aufgrund der Forderung nach einer leichteren Verarbeitbarkeit in höhere Konsistenzbereiche. Für diese leichtverdichtbaren Betone (LVB) existieren aber andere Gesetzmäßigkeiten zur Berechnung des Frischbetondruckes.

Frischbetondruck, Erstarrungszeit und Oberflächenqualität können in gewissem Maße betontechnologisch beeinflusst werden. Auf diesem Sektor werden unter anderem laufend Fortschritte in der Zusammensetzung der Bindemittelformulierungen verzeichnet.

Zusätzlich werden bei Tunnelinnenschalen aufgrund der Forderung nach einer höheren Brandbeständigkeit oft PP-Fasern zugesetzt, welche oben genannte Frisch- und Festbetoneigenschaften zusätzlich beeinflussen können.

Aufgrund dieser Thematiken arbeiten Schalungshersteller als auch Betontechnologen an einer Weiterentwicklung, um z.B. die genannte Porenbildung im Negativbereich der Schalung zu beeinflussen bzw. zu minimieren und eine genaue Erfassung des Frischbetonverlaufes in Abhängigkeit variabler Einbaubedingungen prognostizieren zu können.

Aus den Überlegungen der eingangs erwähnten Parameter wurde eine Schalungskonfiguration gewählt, die den Ulmenbereich einer Tunnelinnenschale simuliert. Diese Schalung wurde mit 4 x 2 m Ansichtsfläche festgelegt und fasste damit 6m³ Beton.

In den Versuchen wurden 20 Wände erstellt, bei denen die Oberflächenqualität, der Frischbetondruck und der Temperaturverlauf bei Variation der Betonrezeptur, der Schalhauttypen, der Füllgeschwindigkeit und –art, der Außenrüttlerpositionen und der Faserbeschaffenheit erfasst wurden.

Um zusätzliche Parameter aus Umwelteinflüssen zu unterbinden, führte man die Versuche in einer Halle durch.

Projektpartner:

DOKA GmbH, Amstetten

Universität Innsbruck, Fakultät für Bauingenieurwesen, Innsbruck

Güteverband Transportbeton, Wien

Mooser Schwingungstechnik GmbH, Puchheim (Deutschland)

KrampeHarex FIBRIN HandelsgesmbH AUSTRIA, Linz

BASF Österreich GmbH, Wien

Rheologische Aspekte zum Bluten Weicher Beton

Im Rahmen der Untersuchungen zum Bluten des Pfahl- und Schlitzwandbetons wurden auf mehreren Baustellen im vergangenen Jahr Versuche zur Bestimmung des Frischbetondrucks in Pfählen und Schlitzwänden durchgeführt. Die dabei erzielten Ergebnisse zeigen die zu erwartende Abhängigkeit von Druck und Konsistenz des Frischbetons. Die Entwicklung des Frischbetondrucks ist wiederum abhängig vom Erstarren bzw. der Festigkeitsentwicklung des eingebauten Betons. Zur Bestimmung des sich entwickelnden Frischbetondrucks werden z. Z. am Institut für Geotechnik der Universität für Bodenkultur Wien Scherversuche an Weichen Betonen durchgeführt. Mittels eines Rahmenschergeräts (50 cm x 50 cm) werden bei unterschiedlichen Normalspannungen die Scherparameter Kohäsion und Reibungswinkel bestimmt. Ausgehend von einem Rezept für einen Bohrpfahlbeton BS-PF1 mit einer Konsistenz F59 werden die Scherparameter über die Erhärtungszeit des Frischbetons bestimmt. Aus der resultierenden Coulomb'schen Ausgleichsgeraden werden die Kohäsion und der Reibungswinkel ausgewertet. Des Weiteren wurde das Bluten mit dem Filterpressversuch für die verwendete Rezeptur bestimmt.

In einer zweiten Versuchsreihe wird die Kontaktscherfestigkeit des Frischbetons an einer Stahloberfläche mit definierter Rauigkeit untersucht.

Eine erste Auswertung beider Versuchsreihen zeigt einen überraschenden Anstieg der Kohäsion bei gleichzeitiger Konstanz des Reibungswinkels über die Zeit. Dieser Anstieg ist jedoch nicht konstant.

Dipl.-Ing. Thomas Eisenhut

Kolloquium Forschung & Entwicklung für Zement & Beton 05. November 2008

Kurzbeitrag zum Vortrag: Mobile Mischtechnik in Combi-Betrieb EUROMIX 3000 CC

SBM baut seit 1998 die mobilen Mischanlagen der Baureihe EUROMIX. Die Produktpalette reicht von der containermobilen EUROMIX 1000 mit einer Leistung von 60 m³ pro Stunde über den Klassiker EUROMIX 2000 mit 100 m³ pro Stunde, bis hin zur neuen EUROMIX 3000 CC mit einer Produktionsleistung von 200 m³ pro Stunde.

Die typischen Merkmale der mobilen Mischanlagen von SBM:

- Transportbreite 3,0 m
- radmobile Mischanlage incl. ISO-Wand-Verkleidung als Transporteinheit
- radmobile Bunker- und Wiegeeinheit incl. Boxenwände und 6-Punkt-Abstützung
- betriebsfertige Elektrik mit Steckverbindungen
- keine Fundamente erforderlich

Die Fa. Austromobil, als einer der größten mobilen Betonhersteller in Europa, hat mit SBM das Anforderungsprofil festgestellt. Die Entwicklung der Anlage erfolgt gemeinsam mit Fa. BHS Sonthofen als Mischerhersteller und Fa. Pahn als Lieferant der Steuer- und Regeltechnik. Die Anforderungen für die EUROMIX 3000 CC kommen aus der Anwendung auf Großbaustellen. Es wurden zwei Maschinen in einer Anlage verpackt.



Die erste Anforderung ist die Produktion von Massenbeton mit einer Ausstoßleistung bis 200 m³ pro Stunde im Contibetrieb mit einer stufenlose Leistungsverstellung von 120 bis 200 m³.

Die zweite Anforderung ist die Erzeugung aller Betonsorten nach EN 206 im Chargenbetrieb mit einer Leistung bis 130 m³ pro Stunde. Sowie der freie Wechsel zwischen Conti- und Chargenbetrieb.

Damit ergibt sich nicht nur ein wesentlich besserer Ausnutzungsgrad der Anlage selbst, es werden auch die baustellenbezogenen Fixkosten enorm reduziert. Ausgangspunkt für die Planung war der BHS Doppelwellenmischer DKXC 3,0 mit einem Mischerwerk für Conti- und Chargenbetrieb. Weiters ist der Mischer mit einer hydraulisch betätigten

Entleerklappe und einem stufenlos verstellbaren Regelschieber ausgestattet. Von Fa. Pahn wurde eine Software für den freien Wechsel zwischen geregelter Contibetrieb und gesteuerter Chargenproduktion entwickelt. Voraussetzung war natürlich, dass die Steuerung und die Anlagenkomponenten den Anforderungen der EN 206 und auch den strengen Qualitätsvorschriften der österreichischen Bauindustrie entsprechen.

EUROMIX 3000 CC COMBIMIX - SYSTEMERLÄUTERUNG

Doppelwellen-Trogmischer als Chargenmischer:

Der Mischzyklus mit Befüllen/Mischen/Entleeren bestimmt mit seinem zeitlichen Ablauf die Ausstoßleistung pro Stunde. Beim Mischen zirkuliert das Mischgut in dreidimensionaler Bewegung mit Grundrotation entgegen dem Uhrzeigersinn.

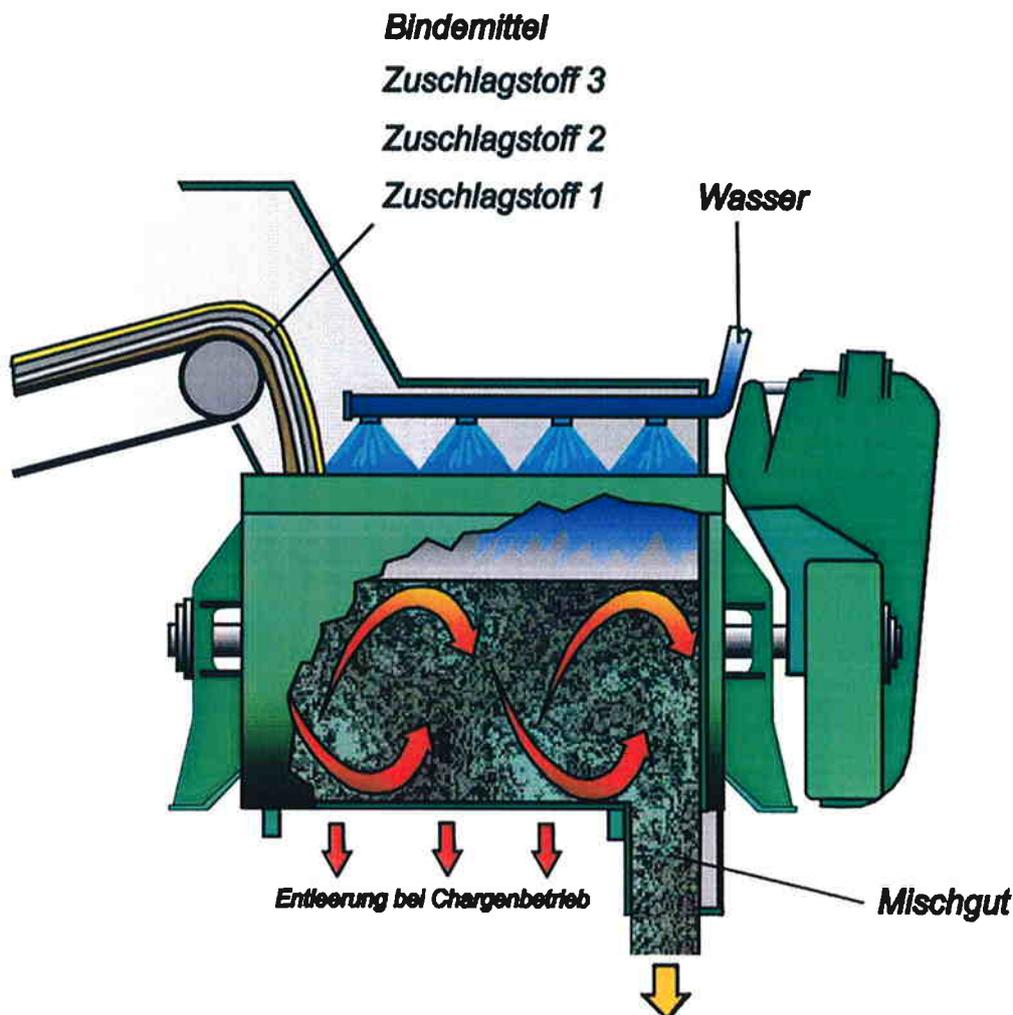
Doppelwellen-Trogmischer für kontinuierliche Arbeitsweise:

Finden ihre Anwendung in Anlagen mit hoher Ausstoßleistung. Dieses Verfahren hat folgende Merkmale:

- die Verweilzeit des Mischgutes im Mischer kann beeinflusst werden und liegt normalerweise zwischen 40 und 45 Sekunden.
- eventuelle Dosierfehler im Produktstrom können während des transportierenden Mischprozesses ausgeglichen werden;
- das Mischgut wandert von seiner Aufgabestelle kontinuierlich zur Austragstelle weiter.

Combimix:

Vereinigt beide Verfahren in der Weise, dass der typisch kubische Mischtrog des Chargenmischers durch Modifikationen der Einlauf- und Auslaufzone für den diskontinuierlichen und kontinuierlichen Betrieb anwendbar und durch Rückstau des Gemischstromes die Verweilzeit im Trog regelbar wird.



Funktionsweise:

Eine erste Vorlaufcharge wird in den geschlossenen Mischer gegeben und mit definierter Mischzeit gemischt. Die Überleitung in den kontinuierlichen Betrieb erfolgt durch:

- Abzug einer kleinen fertig gemischten Teilmenge bei gleichzeitiger Zugabe einer entsprechend neuen Menge von Gemischkomponenten. Der Füllstand im Mischer muss dabei konstant bleiben.
- Die Konsistenzüberwachung des Frischbetons wird durch Sonden am Mischeraustrag kontrolliert.
- Der Mischeraustrag erfolgt in einen regelbaren Auslauftrichter, um einen fliegenden LKW-Wechsel zu ermöglichen. Damit wird ein kontinuierlicher Betrieb erreicht, der gekennzeichnet ist durch ununterbrochene Zugabe von Gemischkomponenten bei gleichzeitiger Entnahme von gemischtem Gut. Die Verweilzeit ist damit Mischzeit!

Anwendung:

Homogene Gemische mit hohen Ausstoßleistungen sind bei großen Bauvorhaben wie Staudamm-, Flugplatz- und Autobahn-Deckenbau gefragt.

Das neue Combimix-Mischsystem erlaubt erstmalig die Aufbereitung von HGT-Material und Qualitätsbeton im Autobahnbau mit **einer** Mischanlage aufzubereiten. Die spezielle HGT-Mischanlage wird damit eingespart.

Zur Interaktion bzw. zu Ablösungen von Hartkorneinstreuungen vom Betonuntergrund bei monolithischen Platten

DI Dr. Roland Travnicsek / SV Büro für Betontechnologie, Wien

DI Rene Stelzer / CEMEX / Baustofftechnik GmbH, Krieglach

Kurzfassung

Hartkorneinstreuungen¹ (HKE) stellen eine praktische und wirtschaftliche Oberflächenvergütung von monolithischen Betonplatten dar. Mechanisch gesehen kommt es durch unterschiedliche Materialeigenschaften zwischen HKE und dem Betonuntergrund zu Spannungsdifferenzen bzw. erhöhten Eigenstressungen. Diese können in Verbindung mit Extrem- bzw. Grenzbereichen der Rahmenbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Zeit/Dauer, Nachbehandlung, Luftgehalt und W/B-Wert Unterbeton) und der Wahl des HKE-Materials zum Überschreiten der Materialfestigkeit im Interaktionsraum der HKE und des Betonuntergrundes führen, was sich in Form von Rissen und/oder Ablösungen bzw. Hohllagen zeigt.

Die Eigenschaften von verschiedenen HKE-Materialien wurden untersucht um einen möglichen Zusammenhang zwischen Ablösungen und HKE Eigenschaften zu finden.

Die geprüften HKE weisen signifikante Unterschiede sowohl in der „Mörtelphase“ (Ansteife- bzw. Erstarrungsverhalten), der Festigkeitsentwicklung als auch in der Endfestigkeit auf. Vor allem Produkte mit integriertem Fließmittel unterscheiden sich deutlich von Produkten ohne Fließmittel. Die Wahl des falschen HKE-Materials kann in diesem Kontext wesentlich zu Ablösungen beitragen.

1. Zielsetzung

In Österreich werden grob geschätzt pro Jahr ca. 1 Mio m² monolithische Betonplatten für den Industriebodenbereich hergestellt und ein überwiegender Teil davon wird mit einer sogenannten Hartkorneinstreuung versehen. Mit [1] und [2] liegen dazu entsprechende Regelwerke vor.

HKE sind im Regelfall werksgemischte zementgebundene Trockenmischgute aus Hartstoffen nach [3]. Diese werden bei der Herstellung von monolithischen Betonplatten nach dem Einbau des Frischbetons auf dessen Oberfläche im Einstreuverfahren nach [5 - 8] aufgebracht und mittels Flügelglätten in den „grünen Beton“ (d.h. gerade begehbaren) eingearbeitet. Das zur Hydratation der HKE erforderliche Anmachwasser wird durch Aufsaugen von abgesondertem Wasser aus dem grünen Beton gewonnen.

Das Ergebnis ist eine glatte, weitestgehend staubfreie und verschleißfeste Betonoberfläche, deren Schichtdicke nach [2] mit 2-3 mm festgelegt ist. Diese Methodik der Hartkorneinstreuung hat sich seit Jahrzehnten in der Praxis erfolgreich bewährt.

Unter bestimmten Umständen kommt es nach einiger Zeit ca. 2-3 Monate im erhärteten Zustand bei derartigen HKE zu Hohllagen und Ablösungen. Der vorliegende Beitrag setzt sich zum Ziel sowohl die Interaktion Hartkorneinstreuung – Betonuntergrund als auch die Ursachen für Hohllagen und Ablösungen zu beschreiben. Normativ gilt gem. [2 und 4] das Aufbringen von HKE auf Betonuntergrün-

¹ In Deutschland sind die Begriffe Hartstoffeinstreuungen oder Hartstoffverschleißschicht geläufig.

den mit künstlich eingeführten Luftporen (zB Betonsorte B7) als unzulässig. Als Ursache dazu ist seit Langem das Anreichern von künstlichen Luftporen unmittelbar unter der Verschleißschicht bzw. HKE als kausal erkannt worden. Da aber bei Betonuntergründen, die ohne künstliche Luftporen hergestellt wurden, ähnliche Ablösungen gelegentlich auftraten, hat sich hier der Bedarf an entsprechenden weiterführenden Untersuchungen ergeben.

2. Herstellen von Betonoberflächen mit HKE

Im Regelfall werden HKE mittels Streuwagen bzw. manuell unter Einhaltung der gem. [2] vorgegebenen Dicke aufgebracht (siehe Abb. 1). Nach ca. 10-20 Minuten hat die HKE die für die Hydratation erforderliche Wassermenge (ca. 10% vom Feststoff) „aufgesaugt“ (Dunkelfärbung). Anschließend erfolgt die Einarbeitung der HKE mittels Abscheiben bzw. Flügelglätten in mehreren Arbeitsgängen in den Betonuntergrund (siehe Abb. 2). Dieses Verfahren dauert vom Einbau des Betons bis zur fertigen Oberfläche in der Regel zwischen 9-12 Stunden. Als Betonsorte hat sich gem. [2] in der Praxis ein C25/30 B2 bewährt. Konsistenz und Größtkorn werden vom jeweiligen Anwender auf die jeweiligen Gegebenheiten der Baupraxis abgestimmt.

3. Ursachen von Ablösungen

Die Ursachen für Ablösungen können nach dem jetzigen Stand des Wissens grundsätzlich auf drei Hauptursachen zurückgeführt werden:

- Eigenspannungen zufolge chemischem Schrumpfen, Temperatur und/oder zu raschem Austrocknen (siehe Abb. 3)
- Risse in der HKE mit Ablösungen im Rissbereich (siehe Abb. 4)
- Unterschiedliche Druckfestigkeiten in Abhängigkeit von der Bauteil- bzw. Plattendicke (siehe Abb. 5)

Wie bereits angeführt verkürzt sich die erhärtete HKE durch chemisches Schrumpfen und/oder zu rasches Austrocknen. Dadurch werden in den Betonuntergrund Druckspannungen eingebracht. In bestimmten Fällen wird die Druckfestigkeit überschritten (siehe Abb. 3). Die zweite Ursache von Ablösungen ist dadurch bedingt (siehe Abb. 4), dass durch Risse in der bereits erhärteten HKE ein ähnlicher Spannungszustand entsteht wie beim Ablösen eines Verbundestrichs vom Untergrund. Die dritte Ursache von Ablösungen können unterschiedliche Druckfestigkeiten in Abhängigkeit von der Bauteil- bzw. Plattendicke (siehe Abb. 5) sein.

Im nachfolgenden Pkt. 4 werden die Eigenschaften von HKE beschrieben. Vorweggenommen ist dazu anzuführen, dass bestimmte Eigenschaften von HKE zB relativ hohe Druckfestigkeiten im frühen Alter d.h. nach 24-48 Stunden die genannten kritischen Spannungszustände hervorrufen können.

4. Eigenschaften von HKE

4.1. Untersuchungsprogramm

In einem von den beiden Verfassern erstellten Untersuchungsprogramm wurden folgende Parameter von in der Praxis üblichen HKE-Materialien unterschiedlicher Hersteller untersucht :

- Aufsaugverhalten der trockenen HKE
- Erstarrungs- bzw. Ansteiferverhalten von HKE
- Erhärtungsverlauf / Druckfestigkeit von HKE in den ersten 48h
- Zementgehalt der HKE

Hinsichtlich des Verlaufes der Druckfestigkeit im Bereich von abgelösten / nicht abgelösten HKE liegen entsprechende Untersuchungen an Bauteilen bereits vor (siehe Abb. 5). Vergleichbare Erhärtungsverläufe von HKE in den ersten 48 Std. bei 20°C (siehe Abb. 8) unterschiedlicher Hersteller wurden nach einer eigens entwickelten Methode ermittelt.

4.2. Durchführung

Herstellung der Probekörper

Für die Herstellung der Prismen wurde das Mischverfahren nach [9] angewendet, wobei zuerst das Trockenmischgut und anschließend das Wasser vor dem Einschalten des Mixers zugegeben wurde. Vom Mörtel wurde das Ausbreitmaß geprüft. Die Herstellung und Lagerung der Mörtelprismen erfolgte gem. [9].

Bei der Festlegung des Wassergehalts wurde einerseits der in der Praxis vorhandene bzw. erforderliche und andererseits der zur Herstellung eines plastischen Mörtels notwendige Wassergehalt berücksichtigt. Um einen aussagekräftigen Vergleich zu erhalten, wurden der Wassergehalt bzw. der W/F-Wert² von HKE ohne integriertem Fließmittel sowie von HKE mit integriertem Fließmittel differenziert festgelegt. Aus den Ergebnissen mehrerer Vorversuche erwiesen sich W/F-Werte für HKE ohne Fließmittel von 0,12 und für HKE mit Fließmittel von 0,10 als geeignet.

Prüfung der Festigkeiten

An den Probekörper wurden die Druck- und Biegezugfestigkeiten inkl. Rohdichte nach 12h, 24h und 48h geprüft (siehe Abb. 8). Die 28d Festigkeiten wurden bereits bei Vorversuchen ermittelt.

² Der W/F-Wert ist definiert als das Verhältnis von Masse Wasser zur Masse Feststoff des Trockenmischgutes bzw. Trockenmörtels.

Prüfung der Erstarrungszeiten

Die Erstarrungszeit wurde gem. [10] mit dem Vicat-Gerät bestimmt (siehe Abb. 7). Der W/F-Wert wurde abweichend zur Normensteife gleich wie bei der Mörtelherstellung festgelegt.

Prüfung des Aufsaugverhaltens / der Wasseraufnahme

Die Wasseraufnahme der HKE wurde mit einem eigens entwickeltem Verfahren ermittelt. Dieses Verfahren hat die Prüfung des Blutens von Beton gem. [11] als Grundlage. Bei diesem wird die Wasseraufnahme der HKE auf einer im Ansteifen befindlichen Betonoberfläche untersucht. Die Betonsorte C25/30 B2 F52 GK22 wurde in einen Bluttopf gem. [11] gefüllt und vollständig verdichtet. Nach Beendigung der Wasserabsonderung ca. 300-360min nach der Wasserzugabe (d.h. kein freies Wasser ist mehr an der Oberfläche vorhanden), wurden 4kg/m² (196g je Prüffläche) HKE aufgebracht (siehe Abb. 6). Die Aufsaugzeit betrug 15min. Danach wurde die HKE mit einer Glättkelle eingearbeitet bis sich eine geschlossene Mörtelschicht mit steifer Konsistenz bildete. Anschließend wurde die ca. 2-3mm dicke HKE-Schicht vom Betonuntergrund abgehoben und der Wassergehalt an der Probe (ca. 200g je Prüffläche) bestimmt.

Zementgehalt

Der Zementgehalt wurde an einigen bereits im Bauteil eingebauten HKE in erster Näherung über den SO₃-Gehalt ermittelt.

4.3 Prüfergebnisse

Wasseraufnahme und Zementgehalt

Der Zementgehalt lag nach den ersten Ergebnissen im Bereich von ca. 0,80 g/cm³ bezogen auf die erhärtete HKE. Die Wasseraufnahme lag bezogen auf die Trockenmasse bei allen geprüften HKE bei ca. 9-10%.

Erstarrungszeiten

Die Erstarrungszeiten streuten stark, wobei zwischen HKE ohne und HKE mit integriertem Fließmittel eindeutig unterschieden werden kann (siehe Abb. 7). Kurze Erstarrungszeiten wurden auf Fließmittel mit sehr kurzer Wirksamkeit (bis ca. 20-50min nach Wasserzugabe) zurückgeführt. Nach dem Ende der Wirksamkeit der Fließmittel, entsteht durch den niedrigeren W/F-Wert ein sehr rasch steifer werdender Mörtel.

Im Vergleich zu einem Untergrund aus C25/30 B2 ist sowohl der Erstarrungsbeginn, als auch das Erstarrungsende wesentlich früher. Dies wird durch einen wesentlich höheren Zementgehalt und umgerechnet niedrigeren W/B-Wert bestätigt.

Druckfestigkeitsentwicklung

Der Druckfestigkeitsverlauf der geprüften HKE weist signifikante Unterschiede auf (siehe Abb. 8). Generell kann man bei der Festigkeitsentwicklung 3 Klassen unterscheiden: *langsam* (<25 N/mm² nach 48h), *mittel* (25-60N/mm² nach 48h) und *schnell* (>60 N/mm² nach 48h).

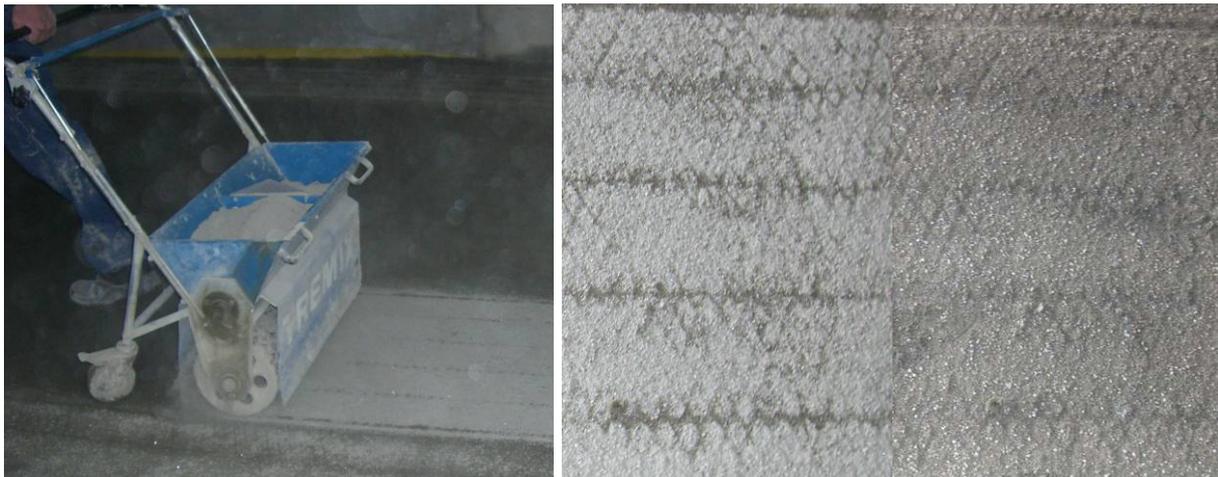
Der Festigkeitsverlauf der Klasse *langsam* entspricht in etwa dem Betonuntergrund (C25/30 B2), der Klasse *mittel* etwa einem C80/95 und der Klasse *schnell* mind. einem C100/115.

Nach 28 Tagen erreichen alle, bis auf die Materialien der Klasse *langsam*, eine ähnliche Druckfestigkeit von $\geq 80 \text{ N/mm}^2$. Die Endfestigkeiten decken sich mit den Erkenntnissen nach [12].

5. Schlussfolgerungen

Die aus diesem Untersuchungsprogramm erzielten Erkenntnisse und die mechanische Betrachtung der Interaktion von HKE und Betonuntergrund können zu folgenden Empfehlungen abgeleitet werden:

- HKE können hinsichtlich der Festigkeitsentwicklung in 3 Klassen unterteilt werden.
- Die Wahl der HKE sollte hinsichtlich ihrer Eigenschaften auf den Betonuntergrund und die äußeren Rahmenbedingungen abgestimmt werden.
- Zur Minimierung von Spannungsdifferenzen und damit der Gefahr von Ablösungen und Hohlräumen sollte eine HKE mit langsamer Festigkeitsentwicklung (ähnlich der des Betonuntergrundes) bevorzugt werden.



Zeitpunkt 14:37

Zeitpunkt 14:46

Abb.1: Aufbringen der HKE mittels Streuwagen



Abb. 2 Flügelglätten der Betonoberflächen nach Aufbringen der HKE

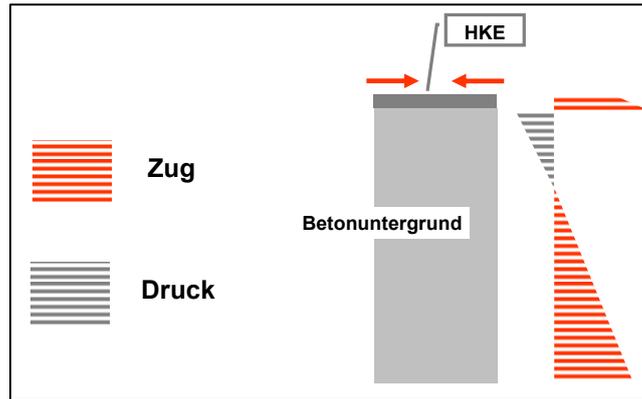


Abb. 3: Spannungsverteilung zufolge chemischen Schrumpfens und/oder Austrocknen

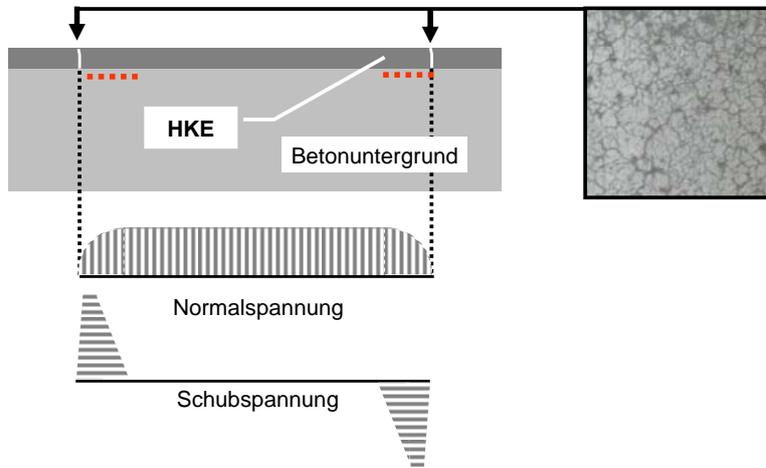


Abb. 4: Spannungsverteilung zufolge „Anrisse“ in der HKE

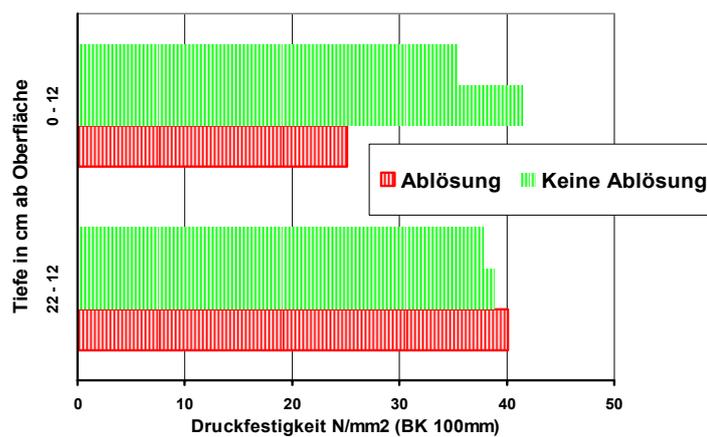


Abb. 5: Vergleich der Druckfestigkeiten unter der HKE in Abhängigkeit von der Plattendicke



Abb. 6: Wasseraufnahme/Aufsaugverhalten der HKE im Bluttopf vor und nach der Einstreuung

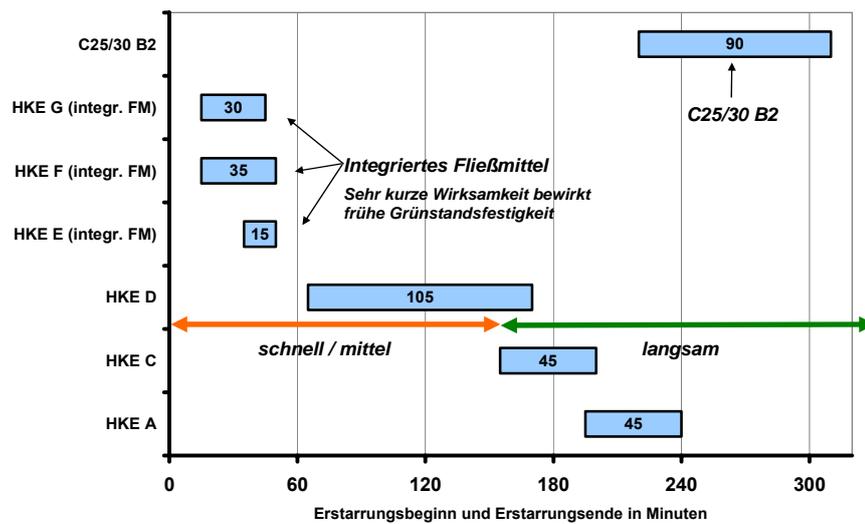


Abb. 7: Erstarrungsbeginn, Erstarrungsende unterschiedlicher HKE-Materialien

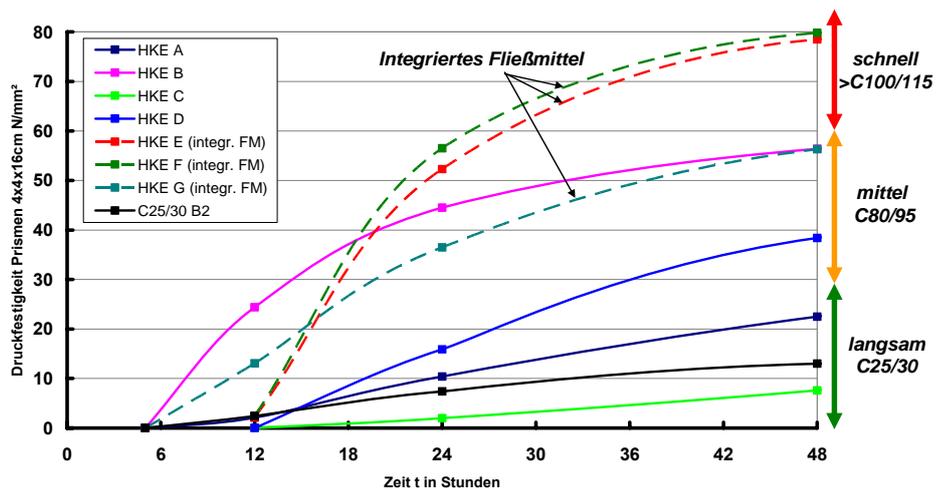


Abb. 8: Erhärtungsverlauf unterschiedlicher HKE-Materialien in den ersten 48 Std. bei 20°C im Vergleich zu Beton C 25/30 B2

Literatur

- [1] ON B 2211: Beton-, Stahl- und Spannbetonarbeiten – Werkvertragsnorm
- [2] Merkblatt ÖVBB / Fassung Sept. 2008: Herstellung von faserbewehrten monolithischen Betonplatten
- [3] DIN 1100:2004: Hartstoffe für zementgebundene Hartstoffestriche
- [4] ON B 4710-1: Beton, Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis
- [5] British Cement Association: Specifying concrete to BS EN 206-1/BS 8500, Concrete for industrial floors / Oct. 2000 Reprint Oct. 2004
- [6] Suprenant, B.A.; Malisch, W.R.: Beware of troweling air-entrained concrete floors
Concrete Construction 3/1999
- [7] The New Zealand Ready Mixed Concrete Association, Cement and Concrete Association of New Zealand: Surface delamination in slab on ground construction ISBN 171-4204
- [8] Holcim (Baden-Württemberg) GmbH: Leitfaden für Glättbetone, Auflage 2007
- [9] ON EN 196-1: Prüfverfahren für Zement, Teil 1: Bestimmung der Festigkeit
- [10] ON EN 196-3: Prüfverfahren für Zement, Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und Raumbeständigkeit
- [11] ON B3303: Betonprüfung, Pkt. 6.7 Bluten von Beton
- [12] Deix, K.: Hartkorneinstreuungen für Industrieböden, TAE Esslingen Industrieböden Kolloquium 1999

Verfasser:

DI Dr. Roland Travnicek
SV Büro für Betontechnologie
Khekgasse 17/19
A - 1230 Wien
roland.travnicek@tmo.at

DI Rene Stelzer
CEMEX / Baustofftechnik GmbH
Schwöbing 26
A - 8670 Krieglach
rene.stelzer@cemex.com

Vorgespannte Betonbrücken ohne Betonstahlbewehrung, Abdichtung und Fahrbahnbelag

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Johannes Berger

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Zuge des vom FFG geförderten Forschungsprogramms “*Vorgespannte Betonbrücken ohne Abdichtung und Fahrbahnbelag – BBTT*“ durchgeführt.

Ziel des Forschungsprojektes ist es, eine Technologie zu entwickeln, mit der bewehrte Betonbrücken dauerhafter als bisher ausgeführt werden können. In Versuchen der TU Wien wurde nachgewiesen [1], dass die Anforderungen an die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit in biegebeanspruchten Tragkonstruktionen auch ohne schlaffe Bewehrung erfüllt werden können. Zur Erreichung einer höheren Dauerhaftigkeit von Betonbrücken wird aufbauend auf den Ergebnissen dieser Versuche vorgeschlagen, Betonbrücken mit folgenden Merkmalen zu bauen:

- Die Brücke ist vorgespannt und hat im Wesentlichen keine schlaffe Bewehrung.
- Die Vorspannbewehrung ist in Kunststoffhüllrohren angeordnet (mit oder ohne Verbund), wodurch diese zuverlässig vor Chloriden und somit Korrosion geschützt ist.
- Eine Abdichtung wird eingespart, weil keine vor Korrosion zu schützende Bewehrung im Brückenüberbau vorhanden ist.
- Auf einen Fahrbahnbelag zum Schutz der Abdichtung kann verzichtet werden. Es wird vorgeschlagen, die Fahrbahn aus Hochleistungsbeton als oberen Teil der Konstruktion auszuführen.
- Für kürzere Brücken kann darüber hinaus auf die Anordnung von Lagern und Fahrbahnübergängen verzichtet werden (integrale Brücken).

Die wirtschaftliche Bedeutung liegt darin, dass derartige Brücken eine viel höhere Lebensdauer als konventionelle, mit schlaffer Bewehrung hergestellte Brücken aufweisen. Durch das Weglassen von Abdichtung und Fahrbahnbelag, bei integralen Brücken auch von Lagern und Fahrbahnübergängen, entfallen Verschleißteile und es entstehen dadurch zusätzliche Einsparungen für den Brückenerhalter.

Derartige Brücken werden wie vergleichbare Brücken der römischen Baumeister de facto eine unbegrenzte Lebensdauer aufweisen und keine Erhaltungsmaßnahmen erfordern.

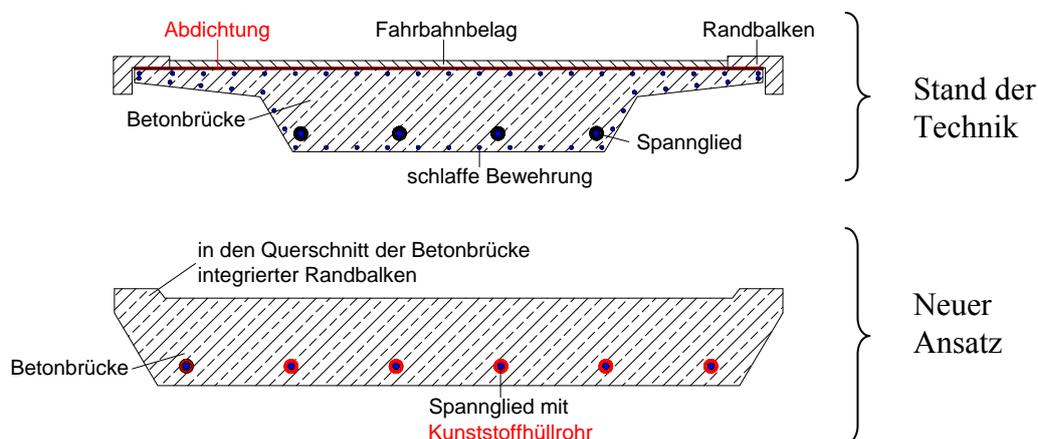


Abbildung 1: Brückenquerschnitte

In der ersten Versuchsserie dieses Programms wurden statische Tests an statisch unbestimmt gelagerten Versuchskörpern durchgeführt [2]. Die Auslegung der Versuchskörper erfolgte in Anlehnung an ein echtes Brückentragwerk, dimensioniert mit dem Lastmodell 1 nach EN 1991-2 [3].

Die Bemessung des Tragwerks erfolgte nach EN 1992-1-1 [4], wobei in 6.2.1. (3) und 6.2.1 (4) der Verzicht auf die Mindestquerkraftbewehrung geregelt ist. Durch diesen Punkt ist auch festgelegt, dass diese Technologie nur für Plattentragwerke zulässig ist.

In 7.3.2 (4) wird bei Bauteilen aus Spannbeton ermöglicht, dass unter Einhaltung gewisser Bedingungen (Dekompression für char. Einwirkungskombination) in den Querschnitten keine Mindestbewehrung benötigt wird.

Großversuche

Ziel dieser Versuche war es, Aussagen über die Gebrauchstauglichkeit, Duktilität und Tragfähigkeit dieses Tragsystems zu gewinnen.

Um über einen Vergleich zu verfügen, wurden zwei identische Versuchskörper hergestellt. Die Abmessungen waren 15,3m / 0,63m / 0,5m (l/b/h). Bei dem Zweifeldträger betrug die effektive Spannweite 7,5m und die Belastung wurde 2,5m vom Mittelaufleger entfernt aufgebracht.

Für die Vorspannung kam das Spannsystem CS 2000 Typ 6-7, der Firma VSL zur Anwendung, wobei als Hüllrohr PT-Plus® (Kunststoff) verwendet wurde. Ein Spannbündel bestand aus 7 Litzen à 150mm² aus St 1570/1770. Der Bewehrungsgrad des Versuchskörpers lag bei $\sigma_{uniaxial} = 52,3\text{kg/m}^3$. Bei einem echten Brückentragwerk wo auch eine Quervorspannung erforderlich wäre, würde der Bewehrungsgrad in einem Bereich von $\sigma_{biaxial} = 85,3\text{kg/m}^3$ liegen. Der Versuchskörper wurde zentrisch vorgespannt, mit gerader Spanngliedführung und zu den Enden hin, auf den letzten 1,5m verzogen.

Im Verankerungsbereich der Spannglieder wurde zur Aufnahme der Spaltzugkräfte eine Bewehrung aus Betonstahl angeordnet.

Aus den Versuchen wurden folgende Informationen gewonnen:

- Veränderung von Zwangsschnittgrößen durch Kriechen
- Dekompressionsmoment
- Vertikalverformungen
- Rissentwicklung (Biege + Schubrisse)
- Rissabstände- Öffnungen
- Schnittgrößenumlagerung (Fließgelenktheorie)
- Momenten - Krümmungsbeziehungen
- Einfluss/Entwicklung des Zwangsmoments
- Verhalten im elastischen Bereich vs. theoretischem Modell
- Schließen der Risse nach Wegnahme der Belastung



Abbildung 2: Schalung mit Bewehrung, Versuchsdurchführung

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 schlaffe Bewehrung ein duktiler Nachbruchverhalten erreicht wird.

Der Vergleich der im Versuch erreichten Traglasten mit den berechneten Werten zeigte, dass die Berechnung mit Mittelwerten gut mit den Versuchswerten übereinstimmt.

Danksagung:

Für die Ermöglichung dieses FFG- Projektes gebührt folgenden Projektpartnern ein herzlicher Dank: FFG, VÖZFI, BMVIT, Land Salzburg, ASFINAG, ÖBB, ALPINE, STRABAG, HOLCIM.

Besonderer Dank gebührt auch den Firmen, die bei der Durchführung der Versuche geholfen haben: Grund- Pfahl- und Sonderbau GmbH, Alfred Trepka GmbH, VSL International AG, Felbermayr Transport- und Hebeteknik GmbH & Co KG.

Literatur:

- [1] **S. Bruschetini- Ambro:** *Betontragwerke ohne Bewehrung aus Betonstahl*, Dissertation am Institut für Tragkonstruktionen- Betonbau, November 2008.
- [2] **G. Illich:** *Versuche an statisch unbestimmt gelagerten vorgespannten Plattenstreifen ohne Bewehrung aus Betonstahl*, Diplomarbeit am Institut für Tragkonstruktionen- Betonbau, Oktober 2008.
- [3] **EN 1991-2 Eurocode 1:** *Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken*, August 2004
- [4] **EN 1992-1-1. Eurocode 2:** *Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*, November 2005.

Prüfung des Verbundes – wissenschaftlicher Zugang und praktische Beurteilung

DI Martin Peyerl Forschungsinstitut der VÖZ, Wien
Prof. Dr. Elmar Tschegg Labor für Materialwissenschaften, TU Wien

Ziel des von der FFG geförderten Forschungsprojektes „Betonfahrbahnen auf Brücken in Verbund mit dem Tragwerk“ war die Überprüfung, ob der herkömmliche Aufbau auf Brücken durch einen neuen, dünneren Aufbau mit einer Betondecke ersetzt werden kann. Dieses System besteht lediglich aus einer direkt auf das Tragwerk aufgetragenen hochelastischen Spritzabdichtung sowie einer fugenlosen Betondecke mit 16 cm Stärke. Obwohl eine Zusatzverdübelung zwischen Betondecke und Tragwerk möglich und sinnvoll ist, ist die Verbundwirkung zwischen Spritzabdichtung und Tragwerk bzw. Betonfahrbahn für das Funktionieren dieser Konstruktion essentiell. Versuchstechnisch wurde daher ein besonderes Augenmerk auf das Verbundverhalten dieser elastischen Spritzabdichtung gelegt.

In Zusammenarbeit mit Prof. Tschegg von der TU Wien wurde am Forschungsinstitut der Vereinigung der österreichischen Zementindustrie das Funktionieren dieses Systems durch Bestimmung der Abreißfestigkeit sowie die durch Prüfung des Verbundes mit der Keilspaltmethode nach Tschegg untersucht. Während bei der Prüfung der Abreißfestigkeit kaum Unterschiede zwischen den untersuchten Abdichtungssystemen festgestellt werden konnten, brachte die Prüfung mit der Keilspaltmethode wesentliche neue Aussagen. Grundsätzlich wurden drei unterschiedliche Versagensmechanismen festgestellt: Versagen im Beton, Versagen im Interface zwischen Abdichtungssystem und Beton sowie Versagen durch beidseitiges Lösen der Abdichtung vom Beton.

Im Gegensatz zur Prüfung der Abreißfestigkeit ist bei der Keilspaltmethode nach E. K. Tschegg eine Unterscheidung zwischen duktilem und sprödem Materialverhalten durch die Bestimmung der Bruchenergie möglich. Damit konnte deutlich dargelegt werden, dass für einen guten Haftverbund duktiler Materialverhalten des Abdichtungssystems wesentlich ist. Nach 56 Frosttauwechselbeanspruchungszyklen war der Verbund des duktilen Abdichtungssystems noch sehr gut, während bei dem untersuchten spröden Abdichtungssystem ein stark verringertes Verbundverhalten festgestellt werden konnte. Selbst nach dynamischen Großkörperversuchen mit über 4 Millionen Lastwechseln konnte die gute Verbundwirkung des Abdichtungssystems bestätigt werden. Zusätzlich stellt eine gute Oberflächenvorbereitung sowie die Betonqualität im interfacenahen Bereich ein wichtiges Kriterium für das gesamte Verbundverhalten dar.

Mit den Versuchsergebnissen konnte unterstrichen werden, dass mit einem hochelastischen, duktilen Spritzabdichtungssystem die Erzielung von hervorragenden Verbundeigenschaften möglich ist. Bei sachgemäßer Untergrundvorbereitung und hoher Betonqualität in Abdichtungsnähe hat diese Bauweise ein hohes Potential, sich zur einer alternativen Bauweise für Betonfahrbahnen auf Brücken zu entwickeln.

Untersuchung des Verbundverhaltens randnaher Befestigungen in Beton mittels Elektronischer Speckle-Interferometrie ESPI

(Forschungsarbeit)

DI Ronald Mihala
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau
BOKU Wien

Im Bauwesen werden in zunehmendem Maße zur Einleitung von Lasten in Beton Befestigungssysteme auf der Grundlage chemischer Mörtel verwendet. Diese umfassen nicht nur die herkömmlichen *Verbunddübel*, sondern auch Bewehrungsanschlüsse mit *nachträglich eingemörtelten Bewehrungsstäben* zur Verbindung von Stahlbetonteilen. Als Anschlusstechnik werden praxiserprobte Verfahren aus der Befestigungstechnik, welche schon seit einiger Zeit bei Verbunddübeln zur Anwendung kommen, herangezogen. Sowohl die Lastweiterleitung als auch die Bemessung nachträglich eingemörtelter Bewehrungsstäbe erfolgt – wie bei einbetonierten Bewehrungsstäben - nach den Tragmechanismen und Gesetzen der Stahlbetonnorm DIN 1045-1. Die Zuglasten werden in das Bauteil verankert oder per Übergreifungsstoß auf die im Bauteil vorhandene Bewehrung übertragen. Das Bemessungsmodell der Verbunddübel hingegen beruht auf dem CC-Verfahren (CC = Concrete Capacity), das durch die Unterscheidung in Lastrichtungen und Brucharten die optimale Ausnutzung der Dübel ermöglicht. Trotz der Ähnlichkeit der beiden genannten Systeme - einziger Unterschied ist die Verwendung von Gewindestangen statt Bewehrungsseisen bei Verbunddübeln – erfolgt die Bemessung unterschiedlich. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, aufbauend auf experimentellen Versuchen mittels in Beton geklebten oder betonierten Bewehrungsstäben/Gewindestäben am Bauteilrand das Last-Verschiebungsverhalten, die *Rissbildung* und die dazugehörigen Versagensarten zu analysieren.

Zu diesem Zwecke kommt ein Speckle-Interferometer zum Einsatz, das es ermöglicht, Mikrorisse zu identifizieren und den weiteren Verlauf bis zum Makroriss zu verfolgen. Diese Messtechnik erlaubt es, eine Vielzahl von optischen, berührungslosen und hochpräzisen Messungen durchzuführen. Somit kann eine Flächenverschiebung mit einer Messgenauigkeit von etwa 10 nm untersucht werden.

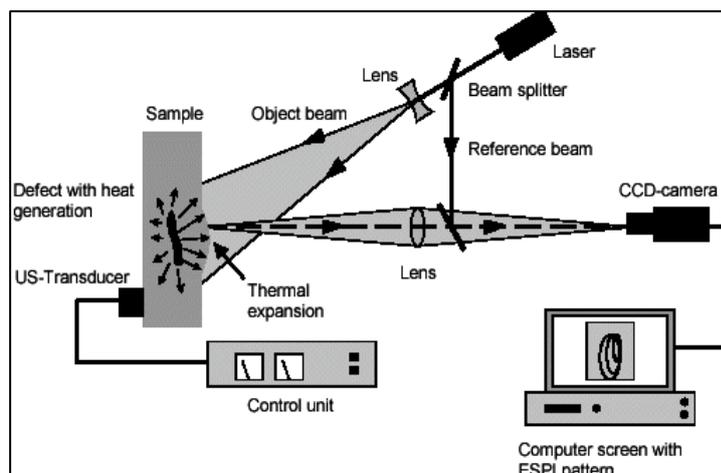


Abbildung 1: Grundprinzip einer ESPI - Messung

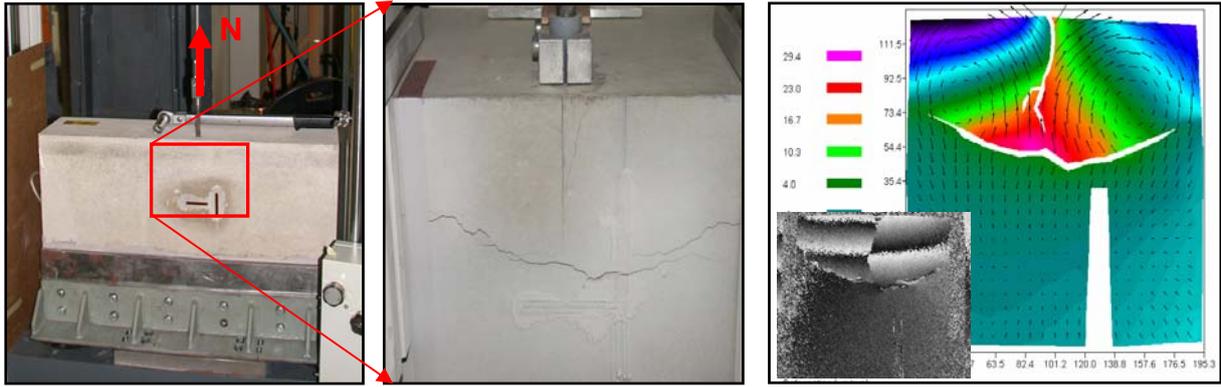


Abbildung 2: li.: Befestigung am Rand mit Sichtfenster für ESPI - Messung, mi.: Rissbild, re.: Ergebnis der ESPI - Messung

Feldversuche mit dem Brückenklappverfahren

Johann Kollegger und Susanne Blail

Bei diesem neuen Bauverfahren werden die Brückenträger in einer senkrechten Lage hergestellt und anschließend in eine waagrechte Lage geklappt. Die Brückenträger können zusammen mit dem Pfeiler mit einer Kletterschalung hergestellt werden. Dies verringert den Schalungsaufwand, die Herstellungszeit und die Kosten wesentlich.

Die Stützstäbe bzw. Abspannungen reduzieren die Spannweiten der Brückenträger und ermöglichen beträchtliche Masseneinsparungen. Das Brückenklappverfahren wird besonders vorteilhaft bei Brücken mit hohen Pfeilern und bei Spannweiten zwischen 50 m und 250 m einzusetzen sein.

Im Jänner 2008 konnte die Funktionsfähigkeit des neuen Brückenbauverfahrens in zwei großen Feldversuchen nachgewiesen werden. Die Versuche sind Teil eines Forschungsvorhabens der STRABAG AG, das von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) finanziell unterstützt wird. Die Firma DOKA GmbH hat Schalungsmaterial für die Herstellung der Brückenteile zur Verfügung gestellt. Die Firma Grund- Pfahl und Sonderbau GmbH hat zum Gelingen der Hubvorgänge beigetragen.

Die Masseneinsparungen von 20% bis 30% im Vergleich zu einer im Freivorbau hergestellten Balkenbrücke lassen erwarten, dass die Anwendung des Brückenklappverfahrens wirtschaftliche Vorteile bei der Herstellung von großen Talbrücken bringen wird.

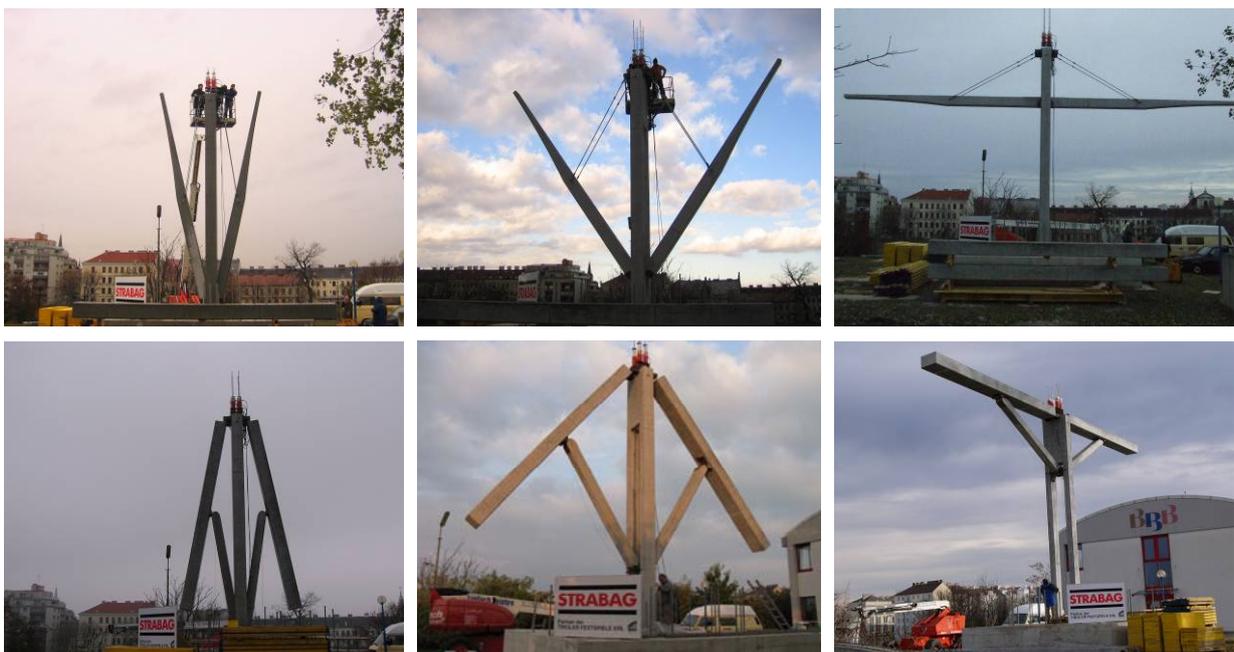


Abbildung: oben: Aufklappvorgang der Zugstrebenbrücke, unten: Aufklappvorgang der Druckstrebenbrücke

WILD-Brücke – UHPC in der Praxis als Ergebnis der Forschung

Die WILD-Brücke Völkermarkt ist weltweit die erste mittelgroße Straßenbrücke mit einer Haupttragkonstruktion (Bogen) aus UHPC. Bei einer Gesamtlänge von 157m überspannt ein Bogenpaar (Abbildung 1) etwa 70m. Die Bögen werden aus zwei Typen von Fertigteilen über Kontaktstöße zusammengesetzt. Das sind Stäbe mit achteckigem Kastenquerschnitt (Wandstärke 6cm) und Knieknoten mit einer Wandstärke von 20 cm. Über externe zentrische Spannritzen werden die Segmentfugen überdrückt, wodurch die Biegesteifigkeit erhöht und die Stabilität des Bogens gewährleistet wird [1], [2], [3]. Der vorliegende Beitrag soll einen Überblick über die Forschungsarbeiten geben, die dieses beeindruckende Pilotprojekt ermöglicht haben.



Abbildung 1 Umsetzung des Projekts WILD-Brücke

UHPC ist ein high-tech-Werkstoff und muss bei seiner Herstellung und Verarbeitung auch als solcher betrachtet und behandelt werden. Deshalb nahmen die wissenschaftlichen Untersuchungen bei der **Verarbeitung von UHPC** ihren Ausgang. Die rheologischen Eigenschaften beeinflussen die Qualität der Verarbeitung und in weiterer Folge die lokalen mechanischen Eigenschaften des Bauteils erheblich. Im Rahmen von experimentellen Untersuchungen wird der Zusammenhang zwischen dem Ausbreitfließmaß und der Neigung zur Fasersedimentation in der Mischung ermittelt. Weiters wird die Auswirkung des Befüllvorgangs auf die Faserorientierung und –verteilung sowie die Festigkeit analysiert [4]. In dieser Phase des Projekts war es sehr wichtig, den Zusammenhang zwischen Schalungssteifigkeit und **Schwindrissbildung** aufgrund der Schwindbehinderung der, für die Herstellung des Hohlquerschnitts erforderlichen Innenschalung, zu untersuchen. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden Versuchskörper in Bauteilgröße mit reduzierter Länge hergestellt. Anhand dieser konnte sowohl die herstellungstechnische als auch die statisch-konstruktive Machbarkeit der Wildbrücke veranschaulicht werden.

In einem Großversuch [5], der den Bereich des Kämpferknotens mit dem Anschluss des untersten Stabes beinhaltet, wurde die Kombination aller interagierenden **Tragmechanismen** im Labor untersucht. Dafür wurden die ungünstigsten Design-Schnittkräfte aus der Brückenstatik auf die Versuchskörper aufgebracht und darüber hinaus um den Faktor der Materialsicherheit gesteigert. Mit mehr als 50 Sensoren wurde das globale Tragverhalten erfasst und viele, theoretisch bekannte, lokale Phänomene konnten messtechnisch bestätigt werden. Alle Projektbeteiligten (der Bauherr, die bauausführenden Firmen, die Planer und der Prüfer) waren anwesend und konnten das Verhalten des Versuchskörpers beim Durchlaufen eines für zwei maßgebende Querschnitte repräsentativen Lastpfads beobachten. So lieferte dieses Experiment nicht nur die gewünschten technischen Aussagen, sondern stärkte auch das Vertrauen in den kühn anmutenden Entwurf.



Abbildung 2 Versuchsaufbau Großversuch

So lieferte dieses Experiment nicht nur die gewünschten technischen Aussagen, sondern stärkte auch das Vertrauen in den kühn anmutenden Entwurf.

Wie in jeder Baukonstruktion gibt es auch bei der WILD-Brücke **Diskontinuitätsbereiche**. Vor allem in den Knieknoten ergeben sich diese aus der Lasteinleitung der Spannglieder (Spannanker, Umlenkkräfte) und den Anschlüssen der Aufständering sowie eines Querriegels. Auch die **Trockenfuge** zwischen den Fertigteilen erzeugt in Abhängigkeit von ihrer Maßgenauigkeit Diskontinuitäten. Untersuchungen dieser Bereiche erfolgen in erster Linie mittels sehr detaillierter FE-Simulationen (Abbildung 4), wobei die gewissenhafte Abstimmung der Stoffgesetze auf die begleitenden Festbetontests (einaxialer Zugversuch, Druckversuch) die Grundlage für zuverlässige Aussagen bilden. Wo es möglich und sinnvoll ist, werden Diskontinuitätsbereiche auch experimentell untermauert, wie dies z.B. für die **Einleitung der Vorspannkkräfte** gemacht wird (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3 Versuchsaufbau einer Gruppenverankerung von Spannritzten

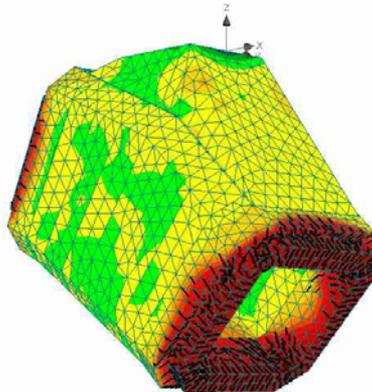


Abbildung 4 FE-Simulation eines Knieknotens

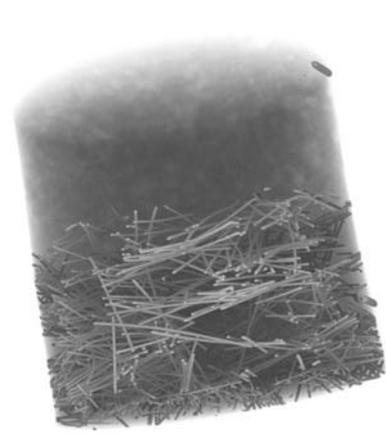


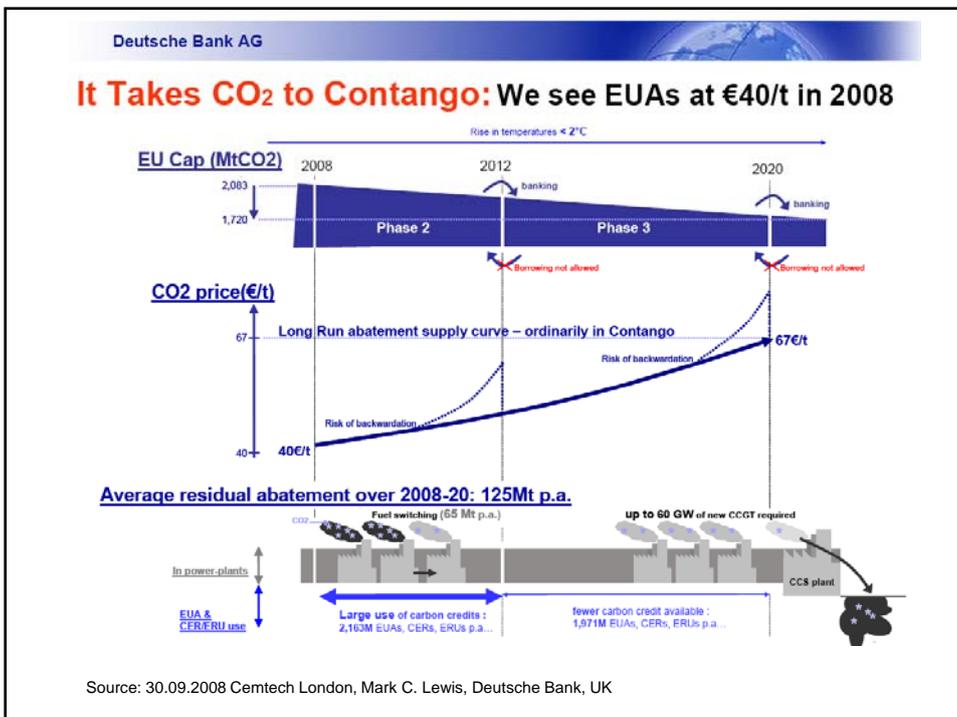
Abbildung 5 Darstellung der Faserorientierung durch Computertomographie

Da beim Bau der WILD-Brücke auf schlaaffe Bewehrung verzichtet wird, kommt der **Faserorientierung und -verteilung** besondere Bedeutung zu. Deshalb ist die Entwicklung von Prüfverfahren zur Bestimmung des lokalen Fasergehalts und der -orientierung (Abbildung 5) ein großes Ziel im Rahmen dieses Projekts. Derzeit wird die Faserorientierung noch zerstörend, mittels digitaler Bildauswertung an Schnittflächen, bewerkstelligt. Neue theoretische Ansätze liefern nun bei der Auswertung eines Schnittbilds als zusätzliches Ergebnis den lokalen Fasergehalt des Volumens. Für die zerstörungsfreie Erfassung der Faserorientierung sind zwar innovative Konzepte, basierend auf der Messung eines Magnetimpulsspektrums, bereits ausgearbeitet, jedoch fehlen derzeit die personellen und finanziellen Ressourcen zur Umsetzung dieser viel versprechenden Methode.

Abschließend sei noch erwähnt, dass wegen der Dünnwandigkeit des Bogenquerschnitts der Widerstand gegen **hochdynamische Stossbelastungen** durch eventuell herab fallende Gegenstände ebenfalls wissenschaftlich untersucht wird.

Literatur

- [1] Sparowitz, L.: **Anwendung von faserbewehrtem Ultra-Hochleistungsbeton im Brückenbau** - in: Österr. Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Betontag 2008, pp. 2-7, Wien 2008
- [2] Zimmermann, W.: **Erstmalige Anwendung von UHPC bei Brücken in Österreich** – in: Tagungsband Strassen- und Brückentag 2008, pp. 87 - 99, Strassen- und Brückentag 2008, Spittal a. d. Drau 2008
- [3] Reichel, M., Sparowitz L.: **UHPFRC Segmentbrücken – Konstruktionsprinzipien, Bemessungsansätze und Machbarkeit** - in: Tagungsband Strassen- und Brückentag 2008, pp. 87 - 99, Strassen- und Brückentag 2008, Spittal a. d. Drau 2008
- [4] Juhart, J.; Freytag, B.; Linder, J.; Sparowitz, L.: **Preparation and Handling of UHPFRC for the manufacture of thin-walled building elements**. - in: Central European Congress on Concrete Engineering, pp. 281-288, Hungary, Visegrád 2007
- [5] Freytag B.: **Großversuch WILD-Brücke -Bauteile und Lasten im Maßstab 1:1 im Labor**- in: Tagungsband Strassen- und Brückentag 2008, pp. 87 - 99, Strassen- und Brückentag 2008, Spittal a. d. Drau 2008



GRACE - Maßgeschneiderte Lösungen

- Führend in spezieller Chemie
- 1854 gegründet
- 2007 global \$3.1 billion Umsatz
- Mehr als 6,500 Mitarbeiter weltweit
- Präsent in über 40 Ländern



Der Zement Herstellungs- Prozess

Rohstoffe

Brennprozess

Komponenten

Mahlung

Zement



GRACE

Grace Zement Additive – Produkt Familien



Zement Mahlhilfe Additive



Zement Performance Additive (Quality Improvers)



Zement Funktionale Additive
Chrom (VI) Reduzierende Additive
Putz und Mauer Binder Additive



GRACE

Produkt Familien – Haupt Vorteile



Zement Mahlhilfe Additive

- Erhöhte Mahlleistung (Tonnen/Stunde)
- Reduzierter spez. Energie Aufwand (kWh/t)
- Verbessertes Fließvermögen



Zement Performance Additive (Quality Improvers)

- Steigerung der Festigkeiten (2- / 7- / 28-Tage)
- Modifizierung der Abbindezeiten
- Reduzierter Wasser Bedarf
- Reduzierung des Klinkerfaktors



Zement funktionale Additive
Chrom (VI) Reduzierende Additive
Putz und Mauerbinder Additive



GRACE

Rolle der Mahlhilfen bei der CO₂ Reduzierung. Wie funktioniert das?

Scenario 1



Klinker

Zumahlstoffe



Scenario 2



Weniger Klinker

Mehr Zumahlstoffe

Zement Performance Additive



- = Mehr Zement pro Tonne Klinker
- = Erhöhte Mahlleistung

to produce 1 unit of cement

GRACE



GRACE





Hochfeste Sulfathüttenzementbetone

Dipl.-Ing. Günter Woltron
Business Development Slagstar
Wopfinger Baunit
A-2754 Waldegg, Wopfing 156



Hochleistungsbeton – Hochfester Beton

Während bei Hochleistungsbetonen die Dauerhaftigkeit bei chemisch/physikalischen Einwirkungen im Vordergrund steht, liegt bei Hochfesten Betonen vorrangig der Aspekt der Tragfähigkeit im Mittelpunkt der Betrachtung. Zur Erreichung der jeweils geforderten Eigenschaften werden jedoch – wenn auch in unterschiedlicher Ausprägung – vergleichbare betontechnologische Maßnahmen in der Rezeptierung und Herstellung getroffen. Als Folge dessen zeigen sich auch in den charakteristischen Eigenschaften Übereinstimmungen.

Hochleistungsbeton

Im Bereich des Siedlungswasserbaus wird Hochleistungsbeton (HL-SW) durch die ÖNORM B 4710-1 definiert. Wesentliche betontechnologische Parameter zur Erzielung der geforderten Betongüte sind z.B. die Einhaltung von W/B-Werten $\leq 0,34$ unter gleichzeitigem Einsatz von erhöhten Bindemittelgehalten. Die Verwendung von puzzolanischen Zusatzstoffen wie z.B. Mikrosilika trägt zur Erhöhung der chemischen Beständigkeit bei.

Betone die unter der Verwendung von Sulfathüttenzementen hergestellt werden, weisen aufgrund der spezifischen chemischen Zusammensetzung des Bindemittels und seiner Hydratationsprodukte prinzipiell eine wesentlich erhöhte chemische Beständigkeit auf. Aufgrund dieser Widerstandsfähigkeit ergeben sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten in Bereichen, die zum Beispiel einem treibenden und/oder lösendem Angriff ausgesetzt sind. Die beschriebenen Angriffsszenarien sind sowohl im Industriebau, im Siedlungswasserbau als auch im Landwirtschaftsbau zu finden. Das Einsatzgebiet von Hochleistungsbeton nach Norm (HL-SW) deckt sich daher oft mit jenem der beschriebenen Sulfathüttenzementbetone. Viele Dauerhaftigkeitsaspekte dieser Hochleistungsbetone gemäß ÖNORM B 4710-1 – insbesondere der Widerstand gegen lösenden/treibenden Angriff - sind bei Sulfathüttenzementbetonen mit **SLAGSTAR 42,5 N C₃A-frei** im Vergleich zu Portlandzementbetonen bereits ohne Einhaltung der strikten Rezepturvorgaben laut Norm (u.a. mit höheren

W/B-Werten, geringeren Bindemittelgehalten und ohne die Verwendung von Mikrosilika) erreichbar.

Hochfester Beton

Betone, die die oben beschriebenen Eigenschaften von Hochleistungsbetonen aufweisen, zeichnen sich parallel zu der gesteigerten Dauerhaftigkeit durch erhöhte Endfestigkeitsniveaus aus. Abhängig von der spezifischen Zusammensetzung sind diese daher auch als Hochfeste Betone (Druckfestigkeitsklasse C50/60 und darüber) zu bezeichnen.

Die Praxiserfahrung beim Einsatz von Sulfathüttenzementbetonen zeigt, dass die beschriebenen Festigkeitsniveaus auch bereits ohne ausgeprägte Optimierung der Kornzusammensetzung zielgenau erreicht werden können. Weiters entfällt auch bei dieser Anwendung von Sulfathüttenzement der Einsatz von hochreaktiven Feinststoffen (z.B. Mikrosilika). Als Folge kann die Eignung entsprechender Betone daher von Einsatzgebieten mit der Forderung einer erhöhten chemischen Beständigkeit auf Einsatzgebiete mit der Forderung einer erhöhten Druckfestigkeit erweitert werden.

Allgemeine betontechnologische Maßnahmen für die Herstellung hochfester Betone – Unterschiede zwischen Portlandzement und Sulfathüttenzement

Die Erzielung der Festigkeitsniveaus von hochfesten Betonen wird durch die Einhaltung einer Reihe von betontechnologischen Maßnahmen unterstützt. Für einige dieser Maßnahmen zeigen sich jedoch Unterschiede in der Verwendung von Portlandzementen oder Sulfathüttenzement.

- **Erhöhte Bindemittelgehalte - Reduzierte W/B-Werte – Angepasste Zusatzmittelregime**

Hochfeste Betone weisen sowohl bei der Verwendung von Portlandzementen als auch bei der Verwendung von Sulfathüttenzement erhöhte Bindemittelgehalte auf. Diese tragen in beiden Fällen dazu bei, die geforderten geringen W/B-Werte unter Wahrung der jeweils geforderten Eigenschaften des Frisch- und Festbetons zu realisieren. Eine exakte Auswahl und Dosierung von Zusatzmitteln – insbesondere von Fließmitteln meist auf Polycarboxylatbasis – ist für die Herstellung hochfester Betone unumgänglich.

Laborergebnisse zeigen in Übereinstimmung mit der Praxiserfahrung, dass eine geforderte Betongüte C50/60 unter der Verwendung von Sulfathüttenzement **SLAGSTAR 42,5 N C₃A-frei** etwa ab Bindemittelgehalten von 380 kg/m³ bzw. W/B-Werten < 0,45 möglich ist. Der Einfluss weiterer betontechnologischer Parameter – insbesondere der Art und Zusammensetzung der eingesetzten Gesteinskörnungen – bedingt jedoch die spezifische Einhaltung von Vorhaltemaßen in der Rezeptierung.

- **Verwendung von Zusatzstoffen**

Die Verwendung von Zusatzstoffen erfüllt im Bereich der Hochfesten Portlandzementbetone eine Reihe von Aufgaben.

Durch den Einsatz von puzzolanischen Zusatzstoffen (z.B. Mikrosilika) sind eine Verdichtung des Mikrogefüges und eine Verringerung der Porosität von Portlandzementbetonen erreichbar. Diese Effekte beruhen einerseits auf der Korngrößenbedingten Funktion als Mikrofüller und andererseits auf der puzzolanische Reaktionen mit den Anteilen an Calciumhydroxid (Portlandit) in der Zementsteinmatrix von Portlandzementen. Es kommt neben der generellen Gefügeverdichtung auch zu einer Verbesserung des Verbundes zwischen Korn und Matrix.

Die Verwendung von Zusatzstoffen stellt sich bei der Rezeptierung von Hochfesten Betonen mit Sulfathüttenzement aus mehreren Gründen als nicht zielführend dar.

Sulfathüttenzementbetone weisen – bedingt durch den hohen Anteil an Hüttensand – auch ohne die Verwendung von Zusatzstoffen bereits eine sehr dichtes Zementsteingefüge auf. Entsprechende Untersuchungen zeigen, dass bei Verwendung von Sulfathüttenzement **SLAGSTAR 42,5 N C₃A-frei** wesentlich reduzierte Kapillarporositäten vorliegen.

Die durch den Einsatz von Mikrosilika unterstützte Verringerung des Anteils an strukturschwächendem Calciumhydroxid im erhärteten Portlandzementstein stellt sich bei der Verwendung von Sulfathüttenzement als nicht notwendig dar. Calciumhydroxid liegt in der Zementsteinmatrix von Sulfathüttenzementen in vernachlässigbarem Ausmaß vor.

- **Verwendung von Bindemitteln mit geringen Hydrationswärmern.**

Durch den erhöhten Bindemittelgehalt der betrachteten Betone kommt der Erreichung einer verringerten Hydrationswärme im Hinblick der Verringerung der Rissneigung im jungen Betonalter eine wesentliche Bedeutung zu. Üblicher Weise kommen daher C₃A-frei Zemente oft in Verbindung mit latent hydraulischen Zusatzstoffen zum Einsatz.

Sulfathüttenzemente weisen an sich eine äußerst geringe Hydrationswärme auf. Auf Maßnahmen zur weiteren Senkung der Wärmeentwicklung in jungen Betonalter – erzielt

durch den Einsatz von Zusatzstoffen - kann somit auch aus diesem Aspekt heraus verzichtet werden.

Die betrachteten hochfesten Sulfathüttenzementbetone können daher auch im Rahmen der Herstellung von massiven Bauteilen mit der Anforderung reduzierter Wärmeentwicklung problemlos eingesetzt werden.

- **Optimierung der Zuschläge**

Die Auswahl der Gesteinskörnungen hinsichtlich Art und Zusammensetzung spielt im Rahmen der Herstellung von Hochfesten Betonen eine wesentliche Rolle. In der Praxis zeigt sich jedoch in vielen Fällen, dass sich die gewünschte Optimierung meist nicht oder in nur eingeschränktem Ausmaß durchführen lässt. Die Parameter der Festlegung der Sieblinie und Mehlkorngelalt verdienen aber in jedem Anwendungsfall wesentliche Beachtung.

Neue Micropuzzolane zur Verbesserung von Mörtel und Betonen

Dr. Denis Bezard

Obwohl puzzolanische Rohstoffe schon von den alten Römern zusammen mit Kalk zum „Opus Caementitium“ verwendet wurden um das Pantheon in Rom zu errichten, wurden Puzzolane erst im letzten Jahrhundert in großem Masse eingesetzt um die Beständigkeit von Betonen mit Flugasche oder Microsilica zu erhöhen.



Bild 1: Pantheon in Rom

Diese Puzzolane reagieren dabei mit den ca. 27% bei der Abbindung von Portland Zement freigesetzten Menge Calciumhydroxid (Portlandit). Dadurch wird dieses lösliche Salz in zementähnliches Bindemittel Calcium-Silikat-Hydrat (CSH) umgewandelt.

Dadurch erreicht man:

- erhöhte Druck und Biegezugfestigkeiten
- einen dichteren Beton mit verbesserter chemischen Beständigkeit
- eine verbesserte Haftung am Zuschlag
- erhöhte Beständigkeit und verlängerte Nutzungszeit

Mit den neuen Micropuzzolanen deren Teilchengrösse meist unter 10μ liegt, lassen sich nun die Lücken zwischen der relativ groben Flugasche und dem extrem feinen Microsilica füllen und besondere Eigenschaften erzeugen.

Microsit:

Die beiden Typen Microsit 10 ($<10\mu$) und Microsit 20 (<20) welche durch Sichtung einer speziellen Flugasche erhalten werden haben eine kugelige Form und bewirken einen „Kugellagereffekt“ wodurch ein Fließfähigkeit erzeugt wird.

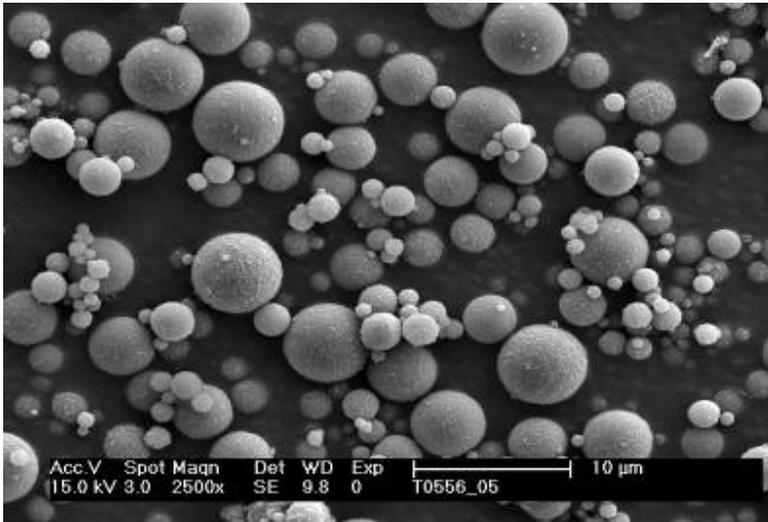


Bild 2: Microsit

Durch die Feinheit der Partikel wird die Reaktionsfreudigkeit verbessert und die Dichtigkeit des Zementleimes erhöht.

Im Zusammenspiel mit Microsilica kann die Verarbeitbarkeit von Betonen verbessert werden.

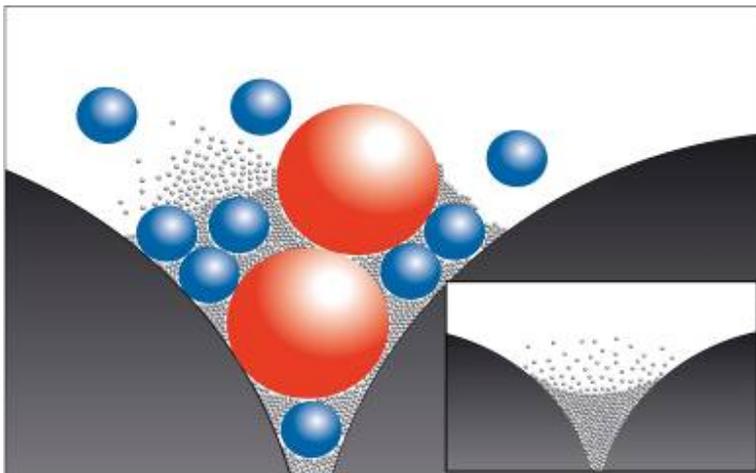


Bild 3: Microsit und Microsilica in der Packungsdichte

Water demand of CEM I (mortar)

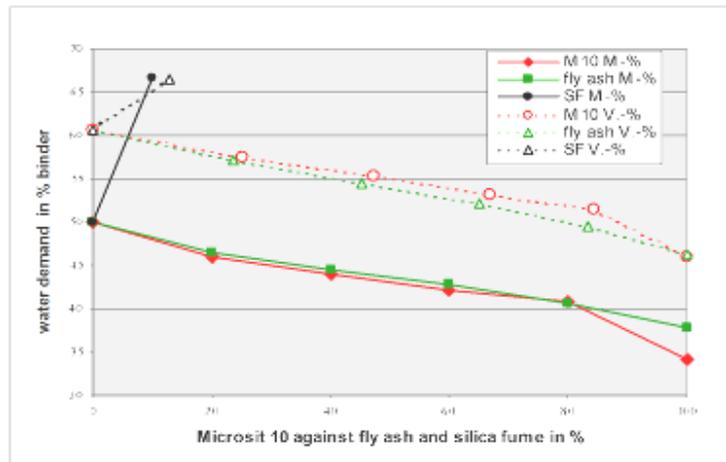


Bild 4: Wasserbedarf. Vergleich Microsit zu Microsilica

Als Einsatzbeispiel dient hier als Beispiel ein Kühlturm in Datteln, Deutschland bei dem Microsit 10 für die chemische Beständigkeit eingesetzt wird.



Bild 5 : Kühlturm Datteln

Metakaolin:

Für den steifen bis plastischen Bereich bietet sich dagegen ein plättchenförmiges Metakaolin an. Durch die Struktur entsteht ein „Kartenhauseffekt“ und durch die sehr hohe Oberfläche (BET Werte bis 25.000 g/cm²) eine extrem hohe Reaktivität.

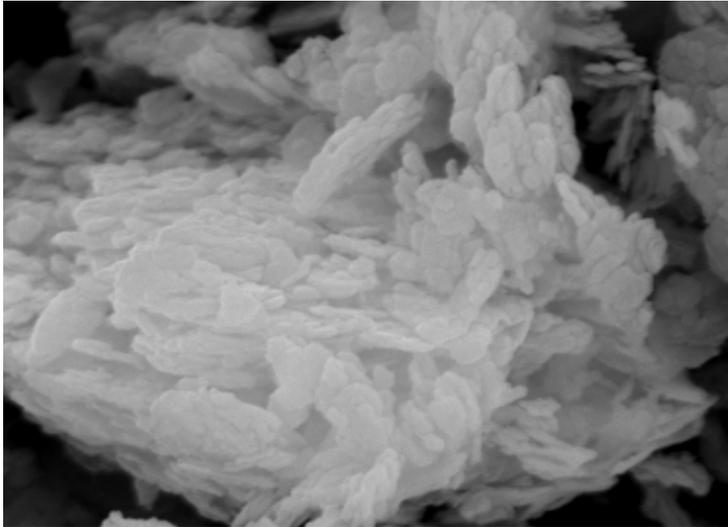


Bild 6: Metakaolin

Von allen Puzzolanen ist Metakaolin das reaktivste Mineral mit Abbindezeiten mit Kalkhydrat von bis unter 2,5 Stunden.

Der helle Farbton des Metakaolins ermöglicht helle und farbige Betone herzustellen.

Und die hohe Chloridundurchlässigkeit und Beständigkeit wird in den USA in den mannigfachen Brückenkonstruktionen eingesetzt.



Bild 7: Brücke in USA



Um einen kurzen Überblick über die besprochenen Puzzolane zu geben, soll hier noch kurz ein Vergleich dargestellt werden.

Vergleich Puzzolane

| Comparison of features | | Microsil 10 | CEM I 52,5 | PowerPozz | Metaver W | Metaver R | Microsilica |
|-------------------------------------|---------------------|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| specific surface (Blaine) | cm ² / g | 6.700 | ca. 5.000 | 26.130 | 11.870 | 9.620 | 25.140 |
| specific surface (BET) | m ² / g | 1,2 | 1,1 - 1,3 | 20,0 | 15,1 | 17,0 | 19,8 |
| brightness (white content) | | 31,7 | 44,0 | 77,2 | 66,4 | 42,0 | 16,0 |
| waterdemand (Punkte) | % | 24,1 | 30,0 | 68,7 | 66,4 | 39,9 | 65,7 |
| reactivity with 25 % CH | | | | | | | |
| rel. waterdemand for slump = 160 mm | | 0,47 | | 1,00 | 0,77 | 0,62 | 1,40 |
| setting start (Vicat) | | 23,0 | | 7,0 | 25,0 | 2,7 | 24,0 |
| setting end | | 31,0 | | 11,5 | 39,0 | 3,0 | 39,5 |



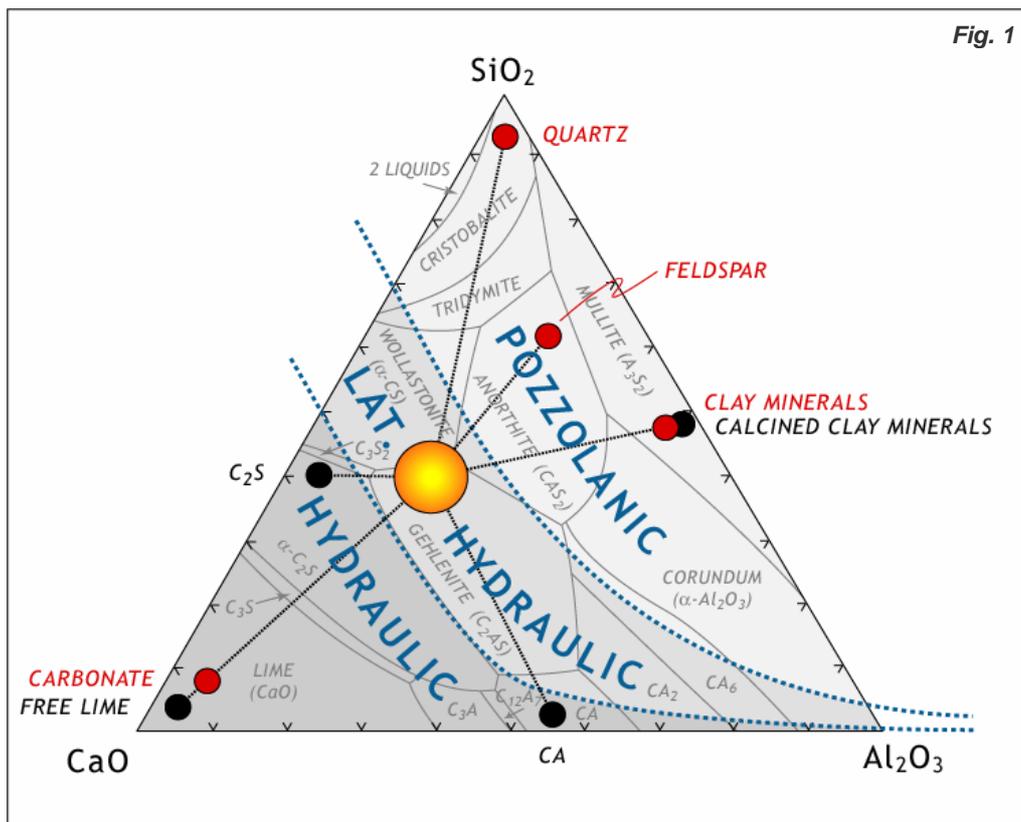
Bild 8: Vergleich Puzzolane

Noch eine kleine Bemerkung zur Umwelt: alle Puzzolane verbrauchen natürlich nur geringe CO₂ Mengen.

Die zementtechnologische Stellung von Gebranntem Ölschiefer (BOS)

Holcim baut Ölschiefer im Werk Dotternhausen in SW-Deutschland ab. Dort stehen Schichten des so genannten ‚Schwarzen Jura‘ (= Posidonienschiefer oder Lias ϵ) an, welche ca. 180 Mio. Jahre alt sind und im wesentlichen aus Ölschiefer im geologisch engeren Sinne bestehen.

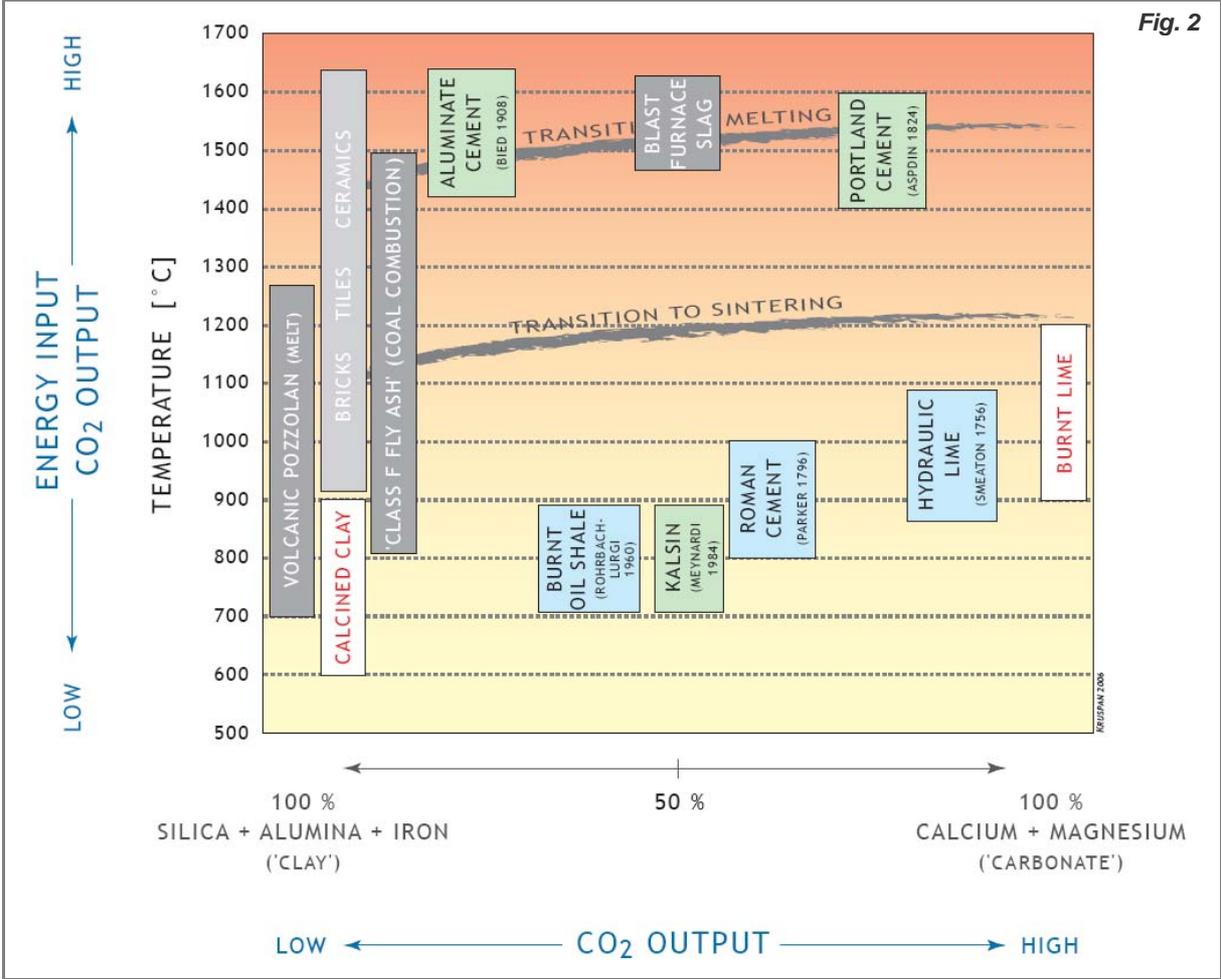
Ölschiefer ist ein natürlich vorkommendes Sedimentgestein, welches dunkelgrau und sehr fein laminiert ist. Sowohl Farbe als auch Feinschichtung stammen von alternierenden Gehalten an Tonmineralen, Silt (Quarz und Feldspäten) sowie fester organischer Substanz (Kerogen), Pyrit und Karbonaten (rote Punkte in Fig. 1).



Aufgrund seines Anteils von ca. 10% fester organischer Substanz (Kerogen) ist es möglich, den vorgebrochenen Ölschiefer in einem konventionellen Wirbelschicht-Ofen bei ca. 800°C ohne jeglichen Energie-Zusatz zu verbrennen. Als festes Produkt dieser Wirbelschicht-Verbrennung resultiert ‚Gebrannter Ölschiefer‘ (BOS), welcher aus ca. 1/3 unveränderten Primärmineralen wie Quarz, Feldspäten und Karbonaten, 1/3 partiell umgewandelten (‚amorphisierten‘) kalzinierten Tonmineralen sowie 1/3 neugebildeten Mineralen wie Belit, Anhydrit oder Freikalk besteht (rote und schwarze Punkte in Fig. 1).

Gemäss seiner chemischen Zusammensetzung kann BOS als latent hydraulisches Material klassifiziert werden (oranger Punkt in Fig. 1). Da BOS im Gegensatz zu Hüttensand jedoch nicht über einen Schmelzprozess gewonnen wird, setzt sich BOS aus einerseits hydraulischen, andererseits puzzolanischen Komponenten zusammen. Zusammen mit den in BOS enthaltenen Anteilen an Anhydrit bewirkt dies, dass BOS bereits als vollständiges Zementssystem ‚im Kleinen‘ betrachtet werden kann. Die damit einhergehende Eigenerhärtung ist auch gemäss EN 197-1, Ziffer 5.2.5 nachzuweisen. Somit ist BOS ein Materialtyp zur wirksamen Senkung des Klinkeranteiles im Zement.

Das Potential von BOS als effizienter Zementbestandteil wird zusätzlich deutlich bei Betrachtung der benötigten Energien und emittierten CO₂-Volumina, welche mit der Herstellung eines bestimmten Bindemitteltyps einhergehen (siehe Fig. 2). Mit BOS steht dabei ein Material zur Verfügung, bei welchem das Maximum an Bindemittelkraft herausgeholt wird im Verhältnis zur Energie, die dafür hineingesteckt wurde. Dadurch befinden sich bereits die Brennstoff-bedingten CO₂-Emissionen (vertikale Achse in Fig. 2) von BOS auf tiefem Niveau. Darüber hinaus liegen aber auch die Rohmaterial-bedingten CO₂-Emissionen (horizontale Achse in Fig. 2) von BOS in einem optimalen Bereich.





Einfluss der Zementeigenschaften auf beschleunigten Nassspritzbeton

- Möglichkeiten und Grenzen -

Walter Steinwender, Zementwerk Wietersdorf, Entwicklung & Qualitätskontrolle

Allgemeines

Der Einsatz von beschleunigtem Nassspritzbeton im Tunnelvortrieb ist heute ein etabliertes Verfahren, das gegenüber dem Trockenspritzverfahren eine Reihe von Vorteilen aufweist. Die Technik gilt als ausgereift und zuverlässig.

Trotzdem treten immer wieder Unregelmäßigkeiten bei der Festigkeitsentwicklung des „Jungen Spritzbetons auf, die in den meisten Fällen von der Tunnelbaufirma bzw. der Spritzbetonhersteller auf die Zementeigenschaften zurückgeführt werden.

Vergabepaxis für den Spritzbetons

Es ist üblich, abhängig von der Gebirgsart, „Jungen Spritzbeton“, der Klasse J2 oder J3 auszuschreiben.

Da selbst bei derart heiklen Bauvorhaben wie dem Tunnelbau den Kosten eine wesentliche Bedeutung zukommt, werden meist bestbietende Betonlieferanten beauftragt. Dies bedingt den Einsatz kostengünstiger Gesteinskörnungen sowie in vielen Fällen die Verwendung eines marktüblichen Normzements. Der Betonhersteller sucht sich weiters einen Beton-Zusatzmittellieferanten für Fließmittel und Verzögerer.

Die Auswahl des Beschleunigers, erfolgt durch die Tunnelbaufirma meist ohne Abstimmung mit dem Betonlieferanten. Im Rahmen der Erstprüfung wird der bereits festgelegte Beton mit verschiedenen Spritzbetonbeschleunigern getestet. Unter dem Gesichtspunkt der Kostenoptimierung wird jener Beschleuniger gewählt, der im festgelegten Betonsystem gerade noch die Anforderungen an die Spritzbetonklasse erfüllt.

Als Beispiel ist in *Abbildung 1* die Frühfestigkeitsentwicklung eines „J2-Spritzbetons“, wie sie bei der Erstprüfung (Kurve 1) gemessen wurde, abgebildet.

Für den normalen Tunnelvortrieb reichen diese Betoneigenschaften auch aus. Im praktischen Vortrieb können sich die Anforderungen an den Spritzbeton durch schlechtes Gebirge, Wasserandrang oder hohe Auftragsstärken erhöhen.

Kommen zu den unvermeidlichen Schwankungen aller Betonbestandteile noch die erwähnten erschwerten Vortriebsbedingungen, ist ein gerade noch funktionierendes System in der Regel diesen erhöhten Anforderungen nicht mehr gewachsen. In solchen Fällen kommt es fast immer zur Reklamation, die durch eine sorgfältigere Abstimmung aller Bestandteile vermeidbar gewesen wäre.

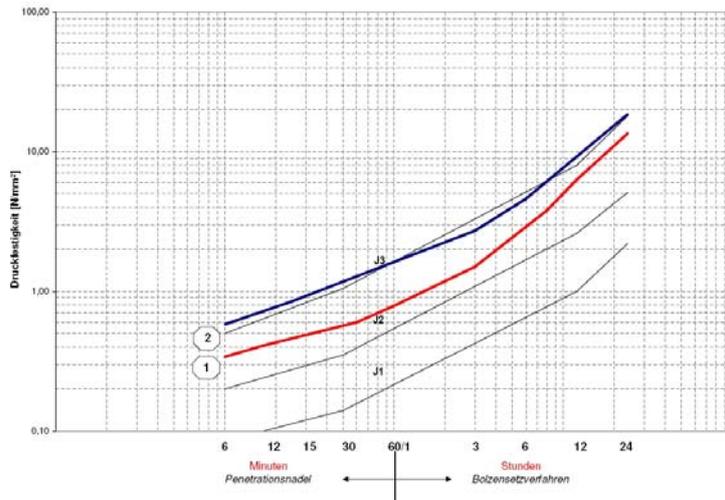


Abbildung 1: Festigkeitsverlauf von beschleunigtem Nassspritzbeton

Aus diesem Grund mussten während einer laufenden Tunnelbaustelle der gelieferte Normzement so modifiziert werden, dass die Festigkeitsentwicklung im applizierten Nassspritzbeton nahe des „J3“-Bereiches (*Abbildung 1*; Kurve 2) zu liegen kam, um eine kostspieligen Unterbrechung des Tunnelvortriebs zu verhindern. Ursache für die erhöhten Anforderungen war der Vortrieb in schlechtem Gebirge, der Spritzbeton-Auftragsstärken bis 30 cm erforderte.

Optimierung des Zementes

Für die Optimierung der Zementeigenschaften war die Entwicklung einer Labormethode notwendig, die die Beurteilung der Zementeigenschaften im Labor erlaubte. Mithilfe der bewährten Vicat-Methode wird die Eindringtiefe der Nadel in Zementleim, versetzt mit dem Fließmittel und Beschleuniger nach 5, 8, 10, 12 und 15 Minuten gemessen. Eine Verringerung der Eindringtiefe über die Zeit weist auf die zunehmende Erhärtung des Zementleims hin. Mit dieser relativen Methode konnten ausgehend von einem Zement bekannter Wirkungsweise im Nassspritzbeton die Einflussparameter untersucht und optimiert werden. Zu den Eigenschaften im applizierten Spritzbeton konnte eine gute Korrelation gefunden werden.

Als wesentliche Einflussparameter wurde

- Die Art des Sulfatträgers (Gips)
- Die Klinkermineralogie, speziell der Alit-Gehalt, die Kristallmodifikation des Kalziumaluminats und der Alkaligehalt
- Die Kornverteilung des Zements in Form der Mahlfeinheit nach Blaine, Kornfraktionen $<40\mu\text{m}$ und $<10\mu\text{m}$ sowie die Steilheit n der Siebkurve im RRS-Netz
- Die Art und Menge des Chromatreduktionsmittel

gefunden.

Grenzen des Bindemittels; betontechnologische Einflüsse

Weitergehende Laboruntersuchungen mit der Vicat-Methode am Zementleim sowie betontechnologischen Untersuchungen zeigten auf, dass die gängige Vorgangsweise der getrennten Auswahl von Gesteinskörnungen, Zement, Betonzusatzmittel und Beschleuniger in den meisten Fällen kaum das volle Potential eines Nassspritzbeton ausschöpfen kann.

Sehrwohl wird jedoch gerade in schwierigen Vortriebsbereichen von den Tunnelbaufirmen höchste Leistungsfähigkeit des Spritzbetons gefordert. Wertvolles Potential des aufwändig optimierten Zements bzw. des Betons bleibt ungenutzt.

Bislang sind folgende betontechnologische Einflussgrößen auf die Spritzbetoneigenschaften bekannt:

- Qualität der Gesteinskörnung, besonders der Feinanteil
- Bindemittelgehalt
- Betonzusatzmittel wie Fließmittel und Verzögerer
- Art und Menge des Beschleunigers
- Kombination von Fließmittel und Beschleuniger

Besonders der starke Einfluss der Kombination von Fließmittel und Beschleuniger auf die Festigkeitsentwicklung des jungen Spritzbetons konnte mit der beschriebenen Labormethode herausgearbeitet werden. In *Abbildung 2* ist die Festigkeitsentwicklung am Zementleim mittels der Vicat-Methode mit einem ausgewählten Beschleuniger bei Verwendung von Fließmittel unterschiedlicher Hersteller innerhalb der ersten 15 Minuten dargestellt. Die Beschleunigerwirkung zeigt eine starke Abhängigkeit vom Fließmitteltyp. Diese Ergebnisse gelten nur für eine bestimmte Zementsorte und sind nicht auf andere Zementsorten oder Zemente anderer Hersteller übertragbar.

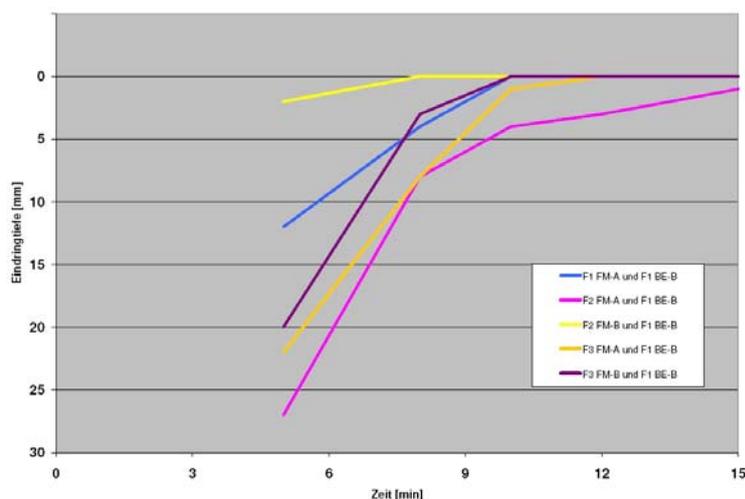


Abbildung 2: Einfluss verschiedener Fließmittel auf die Beschleunigerwirkung

Abgerundet wurden diese Ergebnisse durch betontechnologische Untersuchungen im Labormaßstab. Bei der Auswahl der Betonkomponenten ist auch zu berücksichtigen, dass der Beton im Dickstromverfahren zur Spritzdüse gefördert wird, d.h. gut pumpbar sein muss. Auch diese Laborergebnisse konnten am applizierten Spritzbeton verifiziert werden.

Ausblick

Ein wesentlicher Aspekt der Präsentation der erarbeiteten Zusammenhänge ist, Verständnis für die komplexen Zusammenhänge bei beschleunigtem Nassspritzbeton allen Verantwortlichen im Tunnelbau nahe zu bringen. Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen ist eine Intensivierung der Zusammenarbeit der Tunnelbauer, der Betonherstellern, der Zementlieferanten und nicht zuletzt der Zusatzmittelhersteller dringend notwendig. Denn letztlich sollte es das Ziel aller Beteiligten sein, dem Tunnelbauer einen optimalen, sicheren Spritzbeton für die Vortriebsarbeit zu liefern.

MABA Fertigteilindustrie GmbH:

Erster MABA-Tank errichtet

Die Herstellung von Biogas gilt als zukunftsweisende und umweltverträgliche Technologie. Im Rahmen eines Forschungsprojektes entwickelte MABA FTI einen ersten Behälter zur Gewinnung von Biogas aus Betonfertigteilen mit zukunftsweisendem technologischen Konzept.

Innovative Technologie

In Bruck an der Leitha wurde ein innovatives Pilotprojekt realisiert. Bei diesem vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) im Rahmen des Programms „Fabrik der Zukunft“ und dem Land Niederösterreich geförderten Forschungsprojekt arbeitete die MABA Fertigteilindustrie mit Firma Wopfinger eng zusammen. Während MABA FTI für die Fertigungstechnologie, die gesamte Projektleitung und die Montage verantwortlich zeichnete, brachte Firma Wopfinger eine spezielle Betontechnologie ein.

Auf dieser Grundlage entstand ein wartungsfreies System, das sich am Konstruktionsprinzip von Tübbingungen für den Tunnelbau orientiert. MABA FTI gilt als Spezialist für die Herstellung von Tübbingungen und produzierte diese anspruchsvollen Betonfertigteile unter anderem für den Wienerwald-Bahntunnel oder einen Druckwasserstollen für das Kraftwerk Hiefrau.

Bei der Produktion der Fertigteile kam das Bindemittel Slagstar von Wopfinger zum Einsatz. Dafür wird spezieller, gemahlener Hüttensand verwendet, der bei der Herstellung kein Kohlendioxid abgibt. Der so gefertigte Beton widersteht chemischen Angriffen ohne Beschichtung wesentlich besser als herkömmlicher Beton. Hergestellt wurden die Fertigteile in Präzisionsschalungen mit 32 Quadratmeter Schalungsfläche.

Die Elemente wurden rundum mit Dichtnuten ausgestattet, in die Profile aus EPDM-Material von Dätwyler (Dichtungen für den Tunnelbau) eingelegt sind. An den Seiten werden diese Dichtungen durch Schraubverbindungen komprimiert. An den Ober- und Unterkanten der Wände erfolgt die Komprimierung durch das Eigengewicht der Fertigteile. Um dem hydrostatischen Druck im Inneren des Behälters standzuhalten, kamen umlaufende externe Spannglieder von VT-Vorspanntechnik, Salzburg zum Einsatz. Voraussetzung für die spätere Gas- und Flüssigkeitsdichtheit sind geringe Maßtoleranzen der Wände.

22 Elemente mit 11,6 Meter Höhe

Das Forschungsprojekt zur Entwicklung eines Biogasbehälters für Bruck an der Leitha mit einem Fassungsvermögen von 3.000 Kubikmetern repräsentiert einen Wert von einer Million Euro. Die Errichtung erfolgte durch das Montageteam der MABA Fertigteilindustrie. Es übernahm auch die Herstellung der Bodenplatte und das Vergießen der Betondecke.

Der Biogasbehälter misst 19 Meter im Durchmesser. 22 Elemente mit 11,6 Meter Höhe, 18 Zentimeter Dicke und einem Einzelgewicht von 16 Tonnen waren für die Behälterwand erforderlich. Etliche Rohrdurchführungen mit Flanschen und ein Mannloch für die jährliche Inspektion wurden bereits bei der Fertigteilproduktion berücksichtigt. Durch die Ausführung der Decke aus vergossenen Betonfertigteilen ist im Gegensatz zu anderen Konstruktionen ein zentrales Rührwerk möglich. Das bringt einen optimalen Wirkungsgrad. Der MABA-Tank ist flüssigkeitsdicht bis zwei bar und gasdicht bis zu einem Überdruck von 15 mbar.

Insgesamt nahm die Realisierung dieses Pilotprojektes vom Beginn der Entwicklung bis zur Fertigstellung eineinhalb Jahre in Anspruch. Dazu meint Dr. Bernhard Rabenreither, Geschäftsführer der MABA Fertigteilindustrie GmbH: „Wir sehen unser Engagement im Bereich Biogasanlagen als einen strategischen Schritt zur Förderung und Entwicklung umweltfreundlicher und nachhaltiger Technologien.“

Vor Ort wurde von MABA FTI die Bodenplatte hergestellt und geschliffen, um eine millimetergenaue ebene Aufstandsfläche für das Versetzen der Wandelemente zu ermöglichen. Anschließend erfolgte das Einfräsen der Nuten für die Dichtungen. Die Länge der Seitenwände stellte eine besondere

Herausforderung für die Montagegruppe dar. Um ein Durchbiegen der Fertigteile zu verhindern, wurde ein eigenes Stahlgerüst konstruiert, das die Kräfte bei der Montage aufnimmt. Mit dieser Technik konnte jedes Element mit 32 Quadratmeter Fläche innerhalb einer Stunde versetzt werden. Eine Woche nach Montagebeginn waren Wände und Decke fertig montiert. In der nächsten Woche folgten der Verguss der Deckenelemente und die Wärmedämmung der Wände, um die nötige Betriebstemperatur mit möglichst geringem Energieeinsatz zu erzielen. Die dritte Montageweche war für die Befestigung der Vorspannglieder reserviert.

Mitte August fand die Gas- und Wasser-Dichtheitsprüfung statt, Ende August 2008 wurden das Rührwerk eingebaut und die Elektro-Anschlüsse hergestellt. Damit war der erste Biogasbehälter aus Betonfertigteilen bereit für die weiteren Einbauten.

Interessante Zukunftsperspektiven

Beim Biogasbehälter der MABA Fertigteilindustrie handelt es sich um ein standardisiertes Produkt, dem bedeutende Zukunftsperspektiven eingeräumt werden. Nach Expertenmeinung kann je 500 Hektar Agrarfläche mit Nahrungsmittelproduktion eine Biogasanlage mit je drei Behältern allein aus der Reststoffverwertung wirtschaftlich betrieben werden. Da Österreich über 7,5 Millionen Hektar Agrarfläche verfügt, ergibt das ein theoretisches Potenzial von 15.000 Anlagen mit insgesamt 45.000 Behältern.

Mit der von MABA FTI entwickelten Technologie können derzeit Behälter zwischen 2.000 und 4.000 Kubikmeter Fassungsvermögen errichtet werden. Seine Leistungsfähigkeit hat dieses technisch höchst anspruchsvolle Konzept in Bruck an der Leitha bereits bewiesen. Bei diesem Einsatz widerstehen die Fertigteile massivsten chemischen Angriffen ohne zusätzliche Beschichtung. Außerdem wurde die Flüssigkeits- und Gasdichtheit nachgewiesen. Der neue MABA-Tank eignet sich daher auch für andere Zwecke hervorragend, beispielsweise als Wasserspeicher oder Güllebehälter.

Bildunterschriften:

| | |
|---|--|
|  | <p>Bild 1: Montagebeginn – das erste Wandelement wird versetzt</p> |
|---|--|



Bild 2:
Ein eigens konstruierter Montagerahmen
ermöglicht das maßgenaue Versetzen



Bild 3:
Nach rund 22 Arbeitsstunden ist die
Behälterwand fertig



Bild 4:
Nach der Außenwand-Dämmung folgt das
Einhängen der Deckenelemente



Bild 5:
Nach dem Anbringen der Spannseile ist der
MABA-Tank fertig für die Druckprüfung

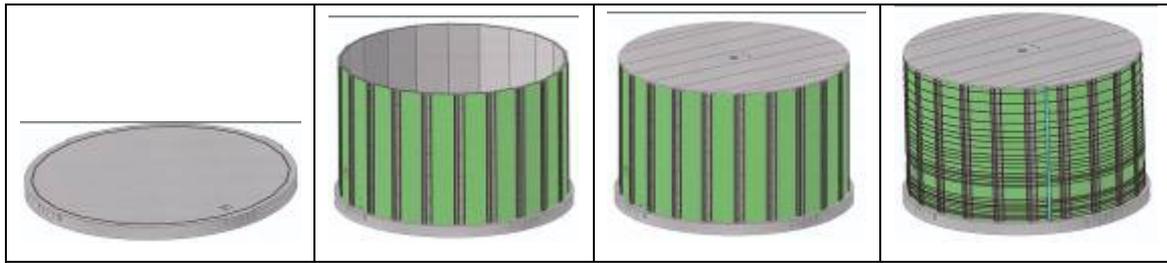


Bild 6:

Montageablauf des ersten MABA-Tanks im Überblick: 1. Bodenplatte mit gefräster Dichtungsnut, 2. Wand + Außendämmung, 3. Decke, 4. fertig mit umlaufenden Spanngliedern

Fotos: MABA FTI

Abdruck honorarfrei

Taktile Bodenleitsysteme Kolloquium Forschung und Entwicklung für Zement und Beton

Dipl.Ing.René PRASSÉ Ebenseer Betonwerke

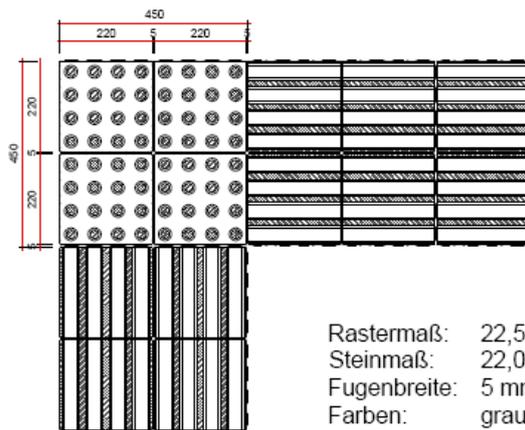
Taktile Bodenleitsysteme werden für dauerhafte und frost-tausalzbeständige Ausführungen vorteilhaft und wirtschaftlich mit maschinell gefertigten Betonsteinelementen hergestellt. Die dazu geltende Ausführungsnorm ist die ÖNORM V 2102-1 vom 2003.06.01 für Wege in Baulichkeiten und im öffentlichen Raum bei Fahrgeschwindigkeiten bis max.80 km/h. Die in Bearbeitung befindliche Europäische Norm ist ebenfalls in den Neuentwicklungen bereits berücksichtigt.

Darüber hinaus sind die Wünsche, Anregungen und Bedürfnisse der unterschiedlichen österr. Blinden- und Sehbehinderten Vereinigungen und Vereinen berücksichtigt worden. In mehreren 1:1 Versuchen mit „Begehungen“ auf Musterflächen mit zahlreichen Testpersonen wurden die Ergebnisse abgesichert.

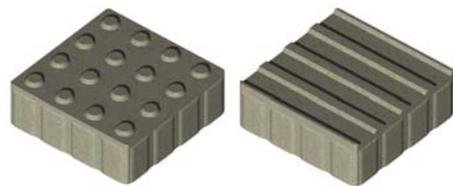
Das erweiterte taktile Blindenleitsystem ist auf die neue Generation der Taststöcke mit einem Ball am Ende angepasst. Die dafür breitere Rille und die entsprechenden Noppen der Kreuzungsplatte sind darauf abgestimmt. Durch das Rastermaß von 22,5 cm wird das Mindest- Breitenmaß mit zwei Steinen nebeneinander erfüllt, ist aber gleichzeitig beliebig zu verbreitern



Das dargestellte Blindenleitsystem für den Bahnbetrieb - vor allem für die Bahnsteige - sind in einer eigenen Typengenehmigung mit eisenbahnrechtlichem Bescheid österreichweit zur Anwendung zugelassen. Für die sehschwachen und sehbehinderten Bahnbenutzer sind die taktilen Leitsysteme bevorzugt auch farblich anthrazit vom anderen grauen Bahnsteigpflaster hervorgehoben, so wie der jetzt weiß gehaltene Warnstreifen.



Rastermaß: 22,5 x 22,5 x 8 cm
Steinmaß: 22,0 x 22,0 x 8 cm
Fugenbreite: 5 mm
Farben: grau und anthrazit



In dem Bescheid sind die notwendigen Richtungsänderungen und Anzeigen z.B. für Abgänge genau fixiert und auch planlich beispielhaft dargestellt.

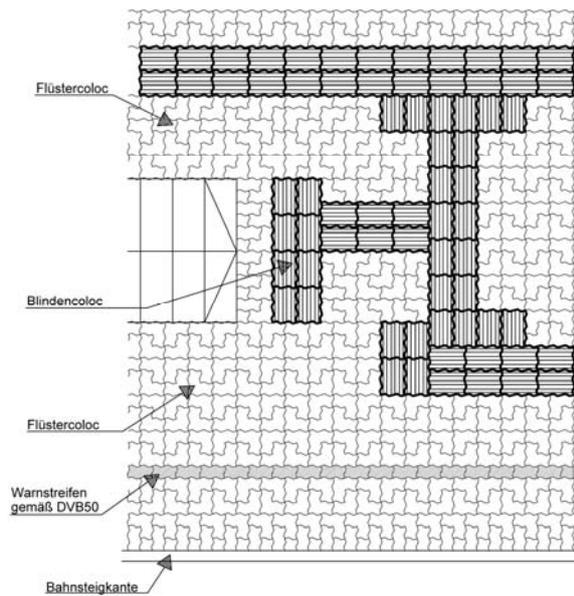
Unser CAD-Service hat mit den entsprechenden Fachdienststellen der Bundesbahn aber auch der Kommunen bereits umfangreiche Detaillösungen erarbeitet und kann daher selbstständig in Zusammenarbeit mit Planungsbüros Lösungsvorschläge bieten.

Die Systeme können im Steinverband in ungebundener Regelbauweise im Sandbett mit verlegt werden, aber auch nachträglich in bestehende Pflaster- oder Asphaltflächen eben eingelassen werden.

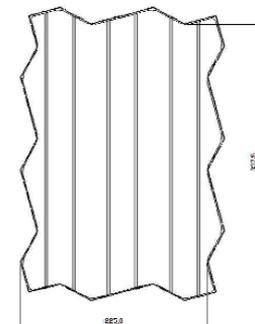
Oberflächlich aufgebraachte Kunststoff- Systeme sind erhaben und bringen vor allem für gebrechliche und sehbehinderte Menschen die Gefahr des Stolperns und Stürzen.

Die Markierung von Einstiegstellen auf Höhe der Fahrertür von Bussen und Straßenbahnen erleichtern wesentlich die Benützung öffentlicher Verkehrsmittel für blinde und sehbehinderte Menschen

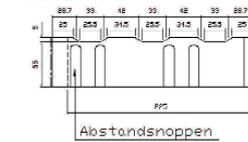
Beim Nachrüsten von Blindenleitsystemen ist es oft notwendig seitlich des Leitsystems mindest eine Reihe „glatter“ ungefasten Steine zu verlegen um das Erspüren des Überganges von gefasteten Steinen zu gerillten Steinen besser wahrzunehmen.



GRUNDRISS



ANSICHT



68 cm +/- 11 cm
11,25
Abstand gemäß DVB 50
bzw. HL Richtlinien



Wir danken vor allem den vielen Mithelfern, die uns bei der Entwicklung so konstruktiv geholfen haben .

Kolloquium 2008

Forschung und Entwicklung für Zement und Beton

Schutzmaßnahmen an Betonoberflächen – Merkblatt Oberflächenvergütung von Beton Veröffentlichung – Kurzfassung des Merkblattes

DI Florian Petscharnig

Technisches Büro für Verfahrenstechnik

Beton ist ein wertvoller Baustoff für vielfältige Anwendungen, hohe Anforderungen und entsprechende Dauerhaftigkeit. In einigen Anwendungsbereichen reicht allerdings die Leistungsfähigkeit, vor allem der Betonoberfläche nicht aus, sodass zusätzliche Maßnahmen zur Verbesserung der Oberflächenqualität notwendig sind. Der Baustoff Beton kann mit anderen Produkten in Kombination angewendet werden, dadurch wird die Leistungsfähigkeit für jeden Anwendungsfall optimal erreicht.

Anwendungsbereiche

Zwei wesentliche Anforderungen können beim Beton die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit aufzeigen, einerseits extreme mechanische Beanspruchungen an der Betonoberfläche, andererseits chemische Angriffe, vor allem durch Säuren und Laugen.

Zusätzlich ist betreffend Oberflächengestaltung die optische Bearbeitung (Farbgebung) von Beton zu erwähnen.

Mechanische Beanspruchungen kommen vor allem im Bereich von Böden vor, aber auch bei anderen Bauteilen im Industrie- oder Kraftwerksbau kann eine Vergütung der Betonoberfläche notwendig sein. Oberflächenvergütungen werden bei Beton auch zur Staubfreimachung oder einfacheren Reinigung angewendet.



Chemische Angriffe auf Beton kennen wir im Bereich der Landwirtschaft, in der Lebensmittelindustrie - wie Molkereien, Brauereien oder bei der Herstellung von Fruchtsäften, in der chemischen Industrie, Metallurgie oder sonstigen Spezialbereichen.

Chemische Angriffe gibt es auch bei Kläranlagen, wo jedoch üblicherweise Beton ohne Oberflächenschutz verwendet wird.

Betontechnologische Grenzen

In der ÖNORM B 4710-1 werden die betontechnologischen Möglichkeiten zur Herstellung beständiger Betone beschrieben.

Um mechanischen Angriffen ausreichend Widerstand bieten zu können, werden die Betone in den Expositionsklassen XM1, XM2 oder XM3 hergestellt. Die Beständigkeit wird üblicherweise mit dem Verfahren nach Böhme beurteilt, also hinsichtlich Abrieb an der Oberfläche.

Die Beständigkeit bei chemischen Beanspruchungen ist für Beton nach ÖNORM B 4710-1 durch die Expositionsklassen XA (XA1 bis XA3) geregelt, wobei die dafür maßgebenden Angriffsmedien in der Tabelle 2 dieser ÖNORM angeführt sind.

Auszug aus der Tabelle 2 der ÖNORM B 4710-1

| ANGRIFFSART | CHEMISCHES MERKMAL | REFERENZ-PRÜFVERFAHREN | XA1 | XA2 | XA3 |
|--------------|------------------------------------|------------------------|------------------|----------------------|------------------------------|
| Treibend (T) | SO ₄ ²⁻ mg/l | ÖNORM EN 196-2 | von 200 bis 600 | über 600 bis 3.000 | über 3.000 bis 6.000 |
| Lösend (L) | pH-Wert | ISO 4316 | von 6,5 bis 5,5 | unter 5,5 bis 4,5 | unter 4,5 bis 4,0 |
| Lösend (L) | CO ₂ mg/l angreifend | ÖNORM EN 13577 | von 15 bis 40 | über 40 bis 100 | über 100 bis zur Sättigung |
| Lösend (L) | NH ₄ ⁺ mg/l | ÖNORM ISO 7150-1 | von 15 bis 30 | über 30 bis 60 | über 60 bis 100 |
| Lösend (L) | Mg ²⁺ mg/l | ISO 7980 | von 300 bis 1000 | über 1.000 bis 3.000 | über 3.000 bis zur Sättigung |
| Lösend (L) | °dH | ÖNORM EN 13577 | von 0 bis 3 | - | - |

Grenzwerte für die Expositionsklassen bei chemischem Angriff durch Grundwasser

Es wird zwischen lösenden (XAL) und treibenden (XAT) Angriffen unterschieden, wobei bei treibenden Angriffen durch Sulfate die Verwendung von Bindemittel mit erhöhter Sulfatbeständigkeit vorgeschrieben wird.

Für die Expositionsklasse XA3 wird gemäß Tabelle NAD 10 der ÖNORM B 4710-1 Hochleistungsbeton HL-SW gefordert, oder aber es müssen geeignete Maßnahmen an der Betonoberfläche angewendet werden. Hier fordert also die ÖNORM B 4710-1 die Anwendung von Produkten für die Oberflächenvergütung von Beton.

Angriffe auf der Betonoberfläche

Bei mechanischen Angriffen sind nicht das Angriffsmedium und die Konzentration entscheidend, es ist meistens die Festigkeit im Bereich der Oberfläche zu definieren. Entscheidend ist aber nicht nur die Druckfestigkeit, vielfach sind Verschleißprüfungen z.B. nach Böhme gefordert.

Im Hinblick auf die chemische Beanspruchung werden beispielhaft tabellarisch einige Stoffe angeführt, gegen die der ungeschützte Beton keine ausreichende Beständigkeit aufweist.

Stoffe, die den Beton chemisch angreifen

| | | | |
|------------------|-------------------------------------|-----------------------|---|
| Aluminiumchlorid | stark angreifend, Stahlkorrosion | Mineralwasser | Angriff durch Kohlensäure |
| Aluminiumsulfat | stark angreifend | Natriumchlorid | ev. schwacher Angriff, Verstärkung d. Frosteinwirkung |
| Ameisensäure | schwach angreifend | Natriumhydroxid < 10% | kein Angriff |
| Ammoniak | langsam angreifend | Natriumhydroxid > 10% | angreifend |
| Ammonnitrat | angreifend, fördert Stahlkorrosion | Natriumnitrat | schwach angreifend |
| Bier | angreifend durch Säuren | Natriumsulfat | Angriff bei nicht sulfatbeständigem Beton |
| Buttermilch | schwach angreifend | Ölsäure | kein Angriff |
| Buttersäure | stark angreifend | Oxalsäure | kein Angriff |
| Essigsäure | angreifend | Perchlorsäure 10%ig | angreifend |
| Fette und Öle | angreifend bis stark angreifend | Phenol | schwach angreifend |
| Fettsäuren | schwach angreifend | Phosphorsäure | schwach angreifend |
| Flusssäure | stark angreifend | Salmiak | langsam angreifend |
| Fruchtsäfte | angreifend | Salpetersäure | stark angreifend |
| Gärfutter | angreifend | Salzsäure | stark angreifend |
| Huminsäuren | schwach angreifend | Saure Wasser | angreifend in Abhängigkeit vom pH-Wert |
| Harnstoff | Schädigung nach längerer Einwirkung | Schwefeldioxid | angreifend bis stark angreifend |
| Kohlensäure | angreifend | Schwefelsäure | stark angreifend |
| Kunstdünger | zum Teil stark angreifend | Schwefelwasserstoff | schwach angreifend - kann oxidiert werden |
| Maische | schwach angreifend | Sauermilch | schwach angreifend durch Milchsäuren |
| Margarine | schwach angreifend | Urin | Schädigung nach längerer Einwirkung |
| Milch sauer | schwach angreifend | Weinsäure | schwach angreifend |
| Milchsäure | schwach angreifend | Zuckerlösung | schwach angreifend |
| Mineralöl | dringt in den Beton ein | Zitronensäure | schwach angreifend |

Die Reaktion an der Betonoberfläche hängt vor allem von der Konzentration und Einwirkdauer der jeweiligen Stoffe ab.

Anforderungen an die Oberflächenvergütung und geeignete Werkstoffe

Oberflächenvergütungen für Beton müssen mindestens zwei Anforderungen erfüllen. Einerseits muss die Verbindung zur Betonoberfläche gewährleistet werden, andererseits muss die Beständigkeit gegen die Angriffsmedien erfüllt werden.

In Abhängigkeit von der Anwendung müssen aber auch untenstehende Anforderungen beachtet werden, wie:

Wasserdampfdiffusionsfähigkeit
 Begrenzung der Karbonatisierung
 Wasserundurchlässigkeit
 Frost- und/oder Frost/Taumittelbeständigkeit
 Gesundheitsgefährdung

Als Schutz der der Betonoberfläche gegen das Eindringen von Wasser und darin gelöster Schadstoffe werden Hydrophobierungen, Imprägnierungen und Versiegelung angewendet. Anstriche ermöglichen eine optische Veränderung der Betonoberfläche und bieten ebenfalls Schutz gegen das Eindringen von Feuchtigkeit und Schadstoffen, im Speziellen von CO₂ als Karbonatisierungsbremse. Schutz gegen mechanische und chemische Beanspruchungen können allerdings nur mit Beschichtungen gewährleistet werden.

Aus der unten angeführten Liste der Produktgruppen können für den jeweiligen Anwendungsfall geeignete Produkte ausgewählt werden. Spezielle Hinweise über die Anwendungsmöglichkeiten, allfällige Einschränkungen oder auch Besonderheiten bei der Vorbehandlung des Untergrundes oder der Verarbeitung der Produkte sind in den technischen

Merkblättern der Hersteller angeführt. Da es sich vielfach um bauchemische Produkte handelt, bei denen umfangreiche Erfahrungen bei der Ausführung notwendig sind, sollte die Anwendung ausschließlich durch Fachleute durchgeführt werden.

Wasserglas

Silane, Siloxane und Silikonharze

Acrylate und andere Dispersionen

Epoxide

Pol yurethane

Polyeste r

Polym etacrylate

Chlor-Kautschuk

Bitum inöse Stoffe

Anforderungen an den Untergrund und Untergrundvorbehandlung

Beton muss einerseits die statisch erforderliche Festigkeit für den jeweiligen Bauteil aufweisen, andererseits auch die jeweilige Expositionsklasse erfüllen, da ja die Schutzschichten zumindest örtlich beschädigt werden können.

Grundsätzlich muss die Betonoberfläche sauber, ölfrei, ausreichend rau und tragfähig sein, bei einigen Systemen ist die Feuchtigkeit bzw. auch Feuchtigkeitseindringung unterhalb der Oberflächenvergütung (Dampfdruck) zu berücksichtigen.

Als Maßnahmen für die Untergrundvorbehandlung eignen sich Strahlverfahren, wie etwa Kugelstrahlen oder auch händische Methoden, wie Schleifen oder Bürsten. Üblicherweise ist eine Abreißfestigkeit von 1,5 N/mm² nach der Untergrundvorbehandlung nachzuweisen.



Werden Schutzschichten erneuert, also auf eine bereits vergütete Betonoberfläche aufgebracht, muss dieser Untergrund hinsichtlich Verträglichkeit beurteilt und die Haftung am Beton geprüft werden. Die Oberfläche ist unbedingt aufzurauen.

Hinweise zur Ausführung und Grenzen der Anwendbarkeit

Die Produkte müssen sorgfältig durchgemischt werden, wobei bei mehrkomponentigen Produkten das Mischungsverhältnis exakt eingehalten werden muss. Ob Grundierungen anzuwenden sind, hängt vom jeweiligen Vergütungssystem ab.

Oberflächenvergütungen werden auf die entsprechend vorbereiteten Betonflächen durch Streichen, Rollen, Spritzen oder Spachteln aufgebracht.

Die Erhärtungsgeschwindigkeit der Produkte hängt von jeweiligen System, vor allem aber von der Temperatur bei der Verarbeitung ab. Die Standzeiten zwischen den Applikationen von mehreren Schichten, besonders aber vor der tatsächlichen Belastung sind unbedingt einzuhalten.

Besonders zu berücksichtigen sind Fugen oder Risse im Untergrund, aber auch Feuchtigkeit und UV-Beanspruchung (Vergilbung, Versprödung) können zu Mängeln in der Oberflächenvergütung führen.



Durch die Kombination mit Produkten für die Oberflächenvergütung kann der wertvolle Baustoffe Beton für beinahe alle Anwendungen optimiert werden. In einem Merkblatt der Betonindustrie und einigen Herstellern von Produkten für die Oberflächenvergütung von Beton wird die Thematik der Vergütung von Betonoberflächen dargestellt. Zusätzlich wurde für den Bereich Landwirtschaft und die dort vorhandene Problematik des Betonschutzes das ÖKL-Merkblatt 86 Baustoffe in der Landwirtschaft – Oberflächenvergütung für Beton aufgelegt.

Zusammenfassung des Vortrages

„Die neue ÖNORM B4706 als nationale Umsetzung und Ergänzung der europäischen Instandsetzungsnorm EN 1504“

In den vergangenen Jahren sind sukzessive 9 der 10 Teile der EN 1504-Reihe „Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität“ erschienen. Die produktspezifischen Teile dieser Reihe sind harmonisierte Normen und werden mit 1. Jänner 2009 in Europa verbindlich.

Während bei der EN 1504 neben den allgemeinen Teilen hauptsächlich Produkte im Vordergrund stehen, verstand sich die B4706 und ihre Vorgängerin, die B4200 6. Teil seit Jahrzehnten als baupraktische Anwendungsnorm. Nicht Produkte dominierten sondern die fachgerechte Planung und Ausführung der Instandsetzungsmaßnahme. So gesehen gab es nur wenige Berührungspunkte der beiden Normenwerke, trotzdem musste die B4706 vor Ablauf der Koexistenzperiode am 1. Jänner 2009 komplett überarbeitet und ergänzt werden.

Die ÖNORM-Arbeitsgruppe hat die Neuauflage als Chance genutzt, um

- die genormten Regeln zu aktualisieren (Stand der Technik)
- nationale Festlegungen zu treffen, wo die EN Freiraum bietet und
- notwendige Ergänzungen anzubringen

Erster Schritt war eine Straffung der Gliederung mit dem Ziel einer noch klareren Struktur. Die neue Norm besteht neben dem Vorwort und den Anhängen aus 8 Kapiteln:

Kap.1 – Anwendungsbereich.

Kap.2 – Normative Verweise und

Kap.3 – Begriffe

wurden aktualisiert.

Kap.4 – Feststellung des Bauwerkszustandes

regelt die Vorgangsweise bei der **Diagnose**. Von Vorarbeiten über detaillierte Beschreibung der Feststellung der Baustoffgütern über Sonderprüfverfahren bis zur abschließenden Dokumentation ist für diesen Verfahrensabschnitt alles enthalten.

Kap.5 – Beurteilung

zeigt den Weg bis zur Erstellung des **Befundes**.

Kap.6 – Konzept und Planung

ist mit der Erarbeitung von grundlegenden **Therapieschritten** vergleichbar.

Kap.7 – Instandsetzungsarbeiten: Anforderung und Durchführung

Ist mit der **Therapie** selbst vergleichbar und nimmt den breitesten Raum in dieser Norm ein. Abweichend vom Grundsatz eine für sich alleine „lesbare“ Norm ohne zu viele Querverweise zu schaffen, wurde bei den Anforderungen an die ausführenden Unternehmen und bei den über die CE-Kennzeichnung hinausgehenden Nachweise für Instandsetzungsprodukte auf die ausführlichen Festlegungen der Richtlinie „Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton – 2007“ der ÖVBB verwiesen und die dort verliehenen Gütezeichen als gültige Nachweise für die Einhaltung der ÖNORM B 4706 definiert.



Die genaue Beschreibung der Ausführung (was ist beim Auftreten von genau definierten Schadensbildern oder Kennwerten zu tun), Karbonatisierung, chloridhaltiger Beton, Rissverfüllung, Umbau, Teilerneuerung, Verstärkung und Dokumentation des Instandsetzungsergebnisses sind die weiteren wichtigen Themen in Kapitel 7, womit dieses das Herzstück der ggst. Norm darstellt.

Kap.8 – Baustoffe

fasst die Anforderungen an die verwendeten Baustoffe bezüglich der Normen und Richtlinien zusammen.

Die neue ÖNORM B4706 stellt somit eine wichtige nationale Ergänzung und Umsetzung der europäischen Instandsetzungsnormenreihe dar und sichert bei genauer Beachtung gute und nachhaltige Instandsetzungserfolge.

Aufgestellt:

DI Wolfgang TALMANN

St.Pölten, 30.Oktober 2008

35 Jahre Betondeckenbau auf Autobahnen
12.000.000 m² Betondecken
Erfahrung aus gutem Grund

Österreichische Betondecken Arge
A-8055 Graz, Lagergasse 346
Tel.: + 43 (316) 220 180, Fax + 43 (316) 220 188
E-Mail: franz.lecker@betondeckenbau.at
Homepage: www.betondeckenbau.at



Straßen Betondeckenbau 12.000.000 m²



40 Kreisverkehre in Beton 78.000 m²



Zement- Kalkstabilisierungen 3.900.000 m²

New Yersy
Ortbetonwände
920 km



Die ÖSTERREICHISCHE BETONDECKEN-ARGE, bestehend aus den Firmen Alpine Bau, Teerag-Asdag und Habau, ist ein österreichweit tätiges Unternehmen unter der techn. Geschäftsführung von Hrn. Franz Lecker.

Mit unseren Standbeinen Betondeckenbau, Betonkreisverkehrbau, Ortbetonleitwandbau und Stabilisierung sind wir in der Lage einen Großteil des überregionalen sowie regionalen Bedarfes unserer Partnerfirmen abdecken zu können.

Ein Bau spartensegment d es Bereich es Betondeckenarge ist die Zement- Kalkstabilisierung. Diese wird im Baumischverfahren hergestellt. Mit dieser Baumethode sind wir seit 2004 mit ungläublichen 3.900.000 m² Stabilisierung stark auf dem heimischen Markt bei Großprojekten aber auch im kommunalen Straßenbau vertreten.

Wir freuen uns daher, sie darüber informieren zu dürfen, Ihnen eine innovative Form der Straßensanierung anbieten zu können.

„Warum brauche man eine Bindemittelstabilisierung“

Nicht jeder im Bestand angefundene Frostkoffer, der in den vorigen Generationen eingebaut wurde, entspricht noch den heutigen Anforderungen und dem Stand der Technik. Bzw. wurde damals mit viel mehr Zeit und Ruhe gebaut. Heute muß der Baustoff innerhalb kürzester Zeit die höchste Belastung erfahren können.

In erster Linie ist die Stabilisierung ein **kontrolliertes Bauverfahren**, bei der vor Baubeginn das Resultat in einer **homogenen gleichbleibenden Qualität** feststeht. Dies gilt auch speziell bei bereits bestehenden und zu sanierenden Bauvorhaben bei denen, der anstehende Frostkoffer durch die Bodenverfestigung eine auf hohem Niveau durchgängige Festigkeit erreicht.

Diese **gleichbleibende Homogenität** ist im Zeitalter des Qualitätsmanagement wichtig. Vor allem ist der kostengünstige ressourcenarme Einsatz der Grund, warum er dem einfachen Bodenaustausch vorzuziehen ist.

Nachfolgend beschreiben wir mit Bildern den Einsatz für **Stabilisierungen**:

Bodenverbesserung: => Kalkstabilisierung.

Dabei gilt als Faustregel, dass um den Boden Wasser zu entziehen 3% – 5% Masseprozent Kalk /m³ benötigt werden was ca. 50 Kg/m³ Bindemittel entspricht.

Je nach Boden aufgrund variiert die Menge Bindemittel, so wird Brandkalks sowie auch Kalkhydrat oder Kalkzement verwendet. Schon mit 1kg Brandkalk kann man bis zu 0,5 lt. Wasser binden. Wer das nicht viel findet soll mal versuchen bei einem m³ Beton ca. 25 lt. Wasser zuzugeben.



Bodenverfestigung Stabilisierung im Baumischverfahren :

Zum überwiegenden Teil kommt in Österreich das Baumischverfahren zur Anwendung. Erüchtigt wird bei der Sanierung von bestehender Decken der bestehende Frostkoffer bzw. das anstehende Material. Je nach Art und Beschaffenheit des zu stabilisierenden Untergrundes werden unterschiedliche Bindemittel eingesetzt. Egal ob der Bestand aus Sand oder Schotter besteht, ob kontaminiert oder nicht kontaminiert wird, Sie erhalten einen

- günstigen
- gleichmäßig hochbelastbaren
- frosttausalzbeständigen
- Frostkoffer.



Je nach Weiterverwendung aber auch in Bezugnahme auf die Tragfähigkeit erfolgt die Entspannung durch Mikrorisse oder durch Kerben.

Eine nähere Erklärung dieses Bauverfahrens erfolgt am Beispiel einer Zementstabilisierung.

Das Baumischverfahren erfolgt mit einer Einbaukolonne, die sich als Linienbaustelle auf einer Länge von rund 500m entlang bewegt.

Der Einbau erfolgt über die ganze Fahrbahnbreite, um Längspressfugen zu verhindern.



Der Einbauzug setzt sich aus der Zementstreueinheit, Wasserwagen, Fräsen, Walzenzug, Gräder und Walzenzug zusammen.

Die **Zementstreueinheit** streut den vorab gefüllten Zement mit einer elektronischen meterabhängigen Wiegeeinheit. Üblicherweise wird bis zu 120m an Bindemittel vorgelegt und dieses Band für Band ausgestreut.

Wer der Maschine nicht traut kann dies auch nachmessen.

Dies ist natürlich eine Neuerung und neben den ständigen Kontrollrechnungen ein Mittel zur Kontrolle des Gerätes.

Pro Tag können um die 15 Silozüge eingebaut werden, was einer Tagesleistung von ca. 2.600m³ bzw. 13.000 m² entspricht.



Um das Wasser bei dem Fräß- Mischvorgang genau dosieren zu können, muß es in Wasserwägen vorweg mitgeführt werden. Nach den Eignungsprüfungen sind 5- 6% Wasser für die Mischung zu verwenden. Mit der Eigenfeuchtigkeit vom Material das gegen die Staubentwicklung meist vorgewässert ist, benötigt man noch ca. 50 kg/m³. Dies entspricht ca. 210m³ Wasser /Tag. Zusätzlich ist mit 200m³ Wasser zu rechnen, um die zu fräsende Fläche vorzuwässern bzw.- um die Stabilisierung bis zum Aufbringen des Verdunstungsschutzes feucht zu halten.



Das Hauptgerät beim Baumischverfahren ist die Stabilisierungsfräse, in unserem Fall verwenden wir die Fräse WR 2000, die dem neuesten Stand der Technik, sowie auch an Verlässlichkeit in Bezug auf Robustheit entspricht. So ist lt. RVS ein Mischwirkungsgrad von 85 % gefordert und dieser wird vom WR 2000 bei weitem übertroffen.



Die Zugabe an Wasser / Emulsion erfolgt automatisch und wird in die Fräskammer eingedüst. Dabei wird das Wasser dosiert aus dem Wasserwagen der vom WR geschoben wird gesaugt.

Die Fräskammer bzw. der Mischraum ergibt sich je nach Tiefe der Fräsung automatisch. Je tiefer die Fräsung desto größer die Fräskammer bzw. Mischraum.

Unmittelbar nach dem Fräsen muß die gefräste Schicht mit einer 13 to Walze gewalzt werden. Diese Verdichtung ist notwendig, damit nicht zu viel des aufgelockerten Materials mit dem Grader abgetragen wird und nach der Endverdichtung das Material für die Höhenlage fehlt. Die höhenmäßige richtige Herstellung der Stabilisierung erfolgt über einen 3D gesteuerten, sehr leistungsfähigen Grader. Zum Thema der Höhenlage der Stabilisierung möchte ich im Anschluß noch referieren.



Hinter dem Grader erfolgt die Endverdichtung mit einem zusätzlichen Walzenzug. Bei sandigen Böden hat sich als dritte Walze die Gummirad bewehrt.

Als Richtmaß sollte vom Einsetzen der Fräse bis zum Endabwalzen der Stabilisierung nicht mehr als 1 Stunde vergehen.

Bevor der Verdunstungsschutz aufgebracht wird, muß die Stabilisierung noch auf ihre richtige Höhenlage abgenommen werden. Dies ist Teil des Abnahmeprozesses. Bis die höhenmäßige Abnahme des vom AG beauftragten Vermessers erfolgt ist, kann noch kein Verdunstungsschutz aufgebracht werden, um eventuelle Höhenkorrekturen zu ermöglichen. Bis dahin wird die Stabilisierung mit Wasser feucht gehalten. Der Feuchtigkeitsfilm ist auch später notwendig, um eine bessere Gerinnung der Emulsion zu ermöglichen.



Der Verdunstungsschutz ist lt. RVS mit 0,20 kg/ m² Bitumenemulsion aufzubringen. Zur Zeit ist die RVS in Prüfung und im Zuge dieser Prüfung sind alternativen zur Emulsion wie z.B.: ein Verdunstungsschutz möglich.

Für die Stabilisierung besteht eine höhenmäßige Toleranz von $\pm 1,5$ cm, hierfür ist natürlich wichtig, dass bereits die Vorleistung Lage und Höhenmäßigkeit stimmen

Bei zu niedriger Mechstab. kann auch bei der Graderung bei der Stabilisierung kein Materialausgleich geschaffen werden.

Bei zu hoher Lage der Mechstab. besteht ein hoher Graderungsaufwand, um die Materialien wie der höhenmäßig anzupassen.

Weiter ist zu beachten, dass bei geschütteten Zuschlagstoffen die Höhenlage der Vorleistungen auf ± 0 zu erfolgen hat.

Während bei gewachsenen Böden je nach Bindemittelzugabe für die Höhenlage der Stabilisierung 1 bis 2 cm einzurechnen sind, da die Stabilisierung höher wird als die Vorleistung.



Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Stabilisierung mit Bindemittel ein Bauverfahren ist, daß schon lange Tradition hat, und neuerdings vor allem bei den Bodenverbesserungen sprich „KALK“ eine verstärkte Anwendung findet.