

Kollo quium

Forschung & Entwicklung
für Zement und Beton

2015

Kurzfassungen der Beiträge
4. November 2015

vōz

 **beton**[®]
Werte für Generationen

F&E für Zement und Beton: Bindemittel

Regelwerke für Zement und Beton im Lichte des EuGH-Urteils

Prof. Dr.-Ing. Christoph Müller, VDZ gGmbH

Solidia – eine neue Generation von Bindemittel

DI Anja Ebenschweiger, Lafarge Zementwerke GmbH

Grobmahlung von Rohmehl – ein möglicher Beitrag zur besseren Energieeffizienz?

DI Sabrina Schrotshamer, DI Dr. Martin Peyerl, Smart Minerals GmbH

Neue Prüfmethode zur Beurteilung der Wirksamkeit von Betonzusatzmitteln in beschleunigten Bindemittelsystemen

DI Walter Steinwender, DI Dr. Christoph Stotter, w&p Zement GmbH

F&E für Zement und Beton: Vom Baustoff zu den Bausystemen

Trockenbeton – Anwendungen nach einem neuen Regelwerk

DI Florian Petscharnig, Techn. Büro für Verfahrenstechnik

MasterEase: Eine neue Generation Fließmittel für eine niedrig viskose, stabile Beton-Rheologie

Dr. Jan Kluegge, BASF Construction Solutions GmbH

Reduzierung des Versinterungspotentials von Spritzbeton

M.Eng. Maria Thumann, Prof. DI Dr. Wolfgang Kusterle, OTH Regensburg

DI Michael Hartmaier, Rohrdorfer Zement

Alternative Konzepte der Betonherstellung und deren Dauerhaftigkeit – Forschungsbedarf für die nahe Zukunft

DI Gerald Maier, DI Dr. Martin Peyerl, Mag.(FH) DI Dr. Stefan Krispel,
Smart Minerals GmbH

DI Dr. Jürgen Macht, Kirchdorfer Zementwerk Hofmann GmbH

Lösender Angriff auf Beton – Einflussfaktoren und Prüfmethode

DI Christian Dillig, DI Dr. Martin Peyerl, Mag.(FH) DI Dr. Stefan Krispel,
Smart Minerals GmbH

Eine neue Konstruktionsmethode für Doppelwandelemente aus hochfestem bzw. ultrahochfestem Beton –

Untersuchungen zur Schubtragfähigkeit in der Verbundfuge

Univ.Ass. DI Philipp Preinstorfer, TU Wien, Institut für Tragkonstruktionen

Holz-Beton-Verbunddecke

Prok. DI Alexander Barnas, Kirchdorfer Fertigteilholding GmbH

Ein neuartiges Konzept für Türme von Windenergieanlagen

Univ.Ass. DI Ilja Fischer, TU Wien, Institut für Tragkonstruktionen

Absorptionsbeton - Abschluss des Projektes

DI Thomas Schönbichler,

Cooperative Leichtbeton Werbegemeinschaft GesmbH

DI Christian Rauch, Porr AG

Erhaltung und Sicherheit alternder Infrastruktur

DI Dominik Prammer, DI Marian Ralbovsky, AIT Mobility Department

Prof. Dr. Alfred Strauss, BOKU, Institut für konstruktiven Ingenieurbau

Regelwerke für Zement und Beton im Lichte des EuGH-Urteils

Christoph Müller, VDZ

Der Europäische Gerichtshof (EuGH) hat entschieden, dass zusätzliche Anforderungen an CE-gekennzeichnete Bauprodukte, wie in den deutschen Bauregellisten aufgeführt, unzulässige Handelshemmnisse darstellen und somit gegen europäisches Recht verstoßen. Das Verfahren gegen die Bunderepublik Deutschland hatte nichts mit der Betonbauweise zu tun. Zement und seine Anwendung werden von den Auswirkungen des Urteils voraussichtlich dennoch betroffen sein.

Der EuGH bezieht sich in seinem Urteil vom 16. Oktober 2014 in der Rechtssache C-130/13 konkret auf die Bauproduktenrichtlinie und auf Zusatzregelungen zu drei Produkten in den Bereichen Rohrleitungsdichtungen, Dämmstoffe aus Mineralwolle sowie Tore. Es erscheint jedoch absehbar, dass das Urteil Grundsatzcharakter für alle Bauprodukte, die Bauprodukteverordnung und alle EU-Mitgliedsstaaten hat.

Bauregelliste

Die Bauregelliste (BRL) B Teil 1 soll bis zum 15.10.2016 vollständig aufgehoben werden. Diese Liste enthält Bauprodukte, die aufgrund der Bauprodukteverordnung in den Verkehr gebracht und gehandelt werden dürfen und die eine CE-Kennzeichnung tragen. In der aktuellen BRL 2015/2 wurden bereits Positionen gestrichen, die den Baustoff Zement betreffen.

Diese Änderungen sind ohne negative Folgen für die Praxis. Rechte und Pflichten von Zwischenhändlern werden in Artikel 15 der Bauprodukteverordnung bereits eindeutig geregelt. Harmonisierte Produktnormen gelten durch Zitat im Amtsblatt der EU uneingeschränkt in den Mitgliedstaaten.

Bauaufsichtliche Zulassungen für Zement

Zurzeit beraten die zuständigen Gremien der deutschen Bauministerkonferenz über weitere Konsequenzen des EuGH-Urteils für das deutsche Bauordnungsrecht. Hierbei steht auch das Verfahren der Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen auf dem Prüfstand. Die Ausstellung bzw. Verlängerung von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für nicht im Urteil genannte Produkte der Bauregelliste B Teil 1 wird vorläufig fortgesetzt. Jedoch ist geplant, auch diese Zulassungen langfristig auslaufen zu lassen. Zulassungsanträge sowie Anträge auf Verlängerung einer bauaufsichtlichen Zulassung können deshalb nur noch bis zum 31. Januar 2016 beim DIBt eingereicht werden. Die maximal mögliche Geltungsdauer der bauaufsichtlichen Zulassungen richtet sich nach der am längsten noch laufenden Zulassung in der betroffenen Produktparte. Für Zemente nach EN 197-1 ist dies der 14. April 2020. An die Stelle der bauaufsichtlichen Zulassung wird dann als voraussichtlich einzige Nachweismöglichkeit eine Europäische Technische Bewertung (ETA) treten. Dies gilt z. B. für SR-Zemente (Zemente mit hohem Sulfatwiderstand), die nicht die SR-Definition der EN 197-1 erfüllen.

Bei den allgemeinen bauaufsichtlichen Anwendungszulassungen (abZ-AZ) muss ein Weg gefunden werden, für in Deutschland neue Zemente einerseits einen angemessenen Nachweis der Dauerhaftigkeitseigenschaften des Betons zu führen, gleichzeitig aber auf ein Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) für den Zement zu verzichten. Auch in diesem Fall kommt die ETA als Nachweismöglichkeit in Frage. Gemäß Artikel 19 der Bauprodukteverordnung kann ein Hersteller eine Europäische Technische Bewertung beantragen, wenn

- a) das Produkt nicht in den Anwendungsbereich einer bestehenden harmonisierten Norm fällt;
- b) das in der harmonisierten Norm vorgesehene Bewertungsverfahren für mindestens ein Wesentliches Merkmal dieses Produkts nicht geeignet ist; oder
- c) die harmonisierte Norm für mindestens ein Wesentliches Merkmal dieses Produkts kein Bewertungsverfahren vorsieht.

Eine ETA kann somit unter Bezug auf Fall c) beantragt werden. Das Wesentliche Merkmal, für das die Zementnorm EN 197-1 kein Bewertungsverfahren vorsieht, ist die „Dauerhaftigkeit im Beton“ – ggf. unterteilt nach einzelnen Dauerhaftigkeitseigenschaften (z. B. Carbonatisierung, Frostwiderstand etc.).

Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR)

Anforderungen an Zement und Gesteinskörnungen bzgl. der Vermeidung einer schädigenden AKR sind in den entsprechenden Mandaten der Europäischen Kommission benannt. Eine gemeinsame Arbeitsgruppe der europäischen Normungsgremien für Zement, Gesteinskörnungen und Beton (CEN/TC 51, 154 und 104) war zu dem Schluss gekommen, dass AKR-Regelungen aufgrund ihrer nationalen Ausprägung und Vielfalt bislang nicht in den harmonisierten Produktnormen festgelegt werden können. Die existierenden nationalen Regelungen führen heute zu einer sicheren Vermeidung von AKR-Schäden. Formal werden jedoch die Mandate nicht vollumfänglich erfüllt werden. Daher hat Deutschland nun ein Artikel-18-Verfahren nach BauPVO gegen die europäische Gesteinskörnungsnorm EN 12620-1 eingeleitet. Artikel 18 der BauPVO erlaubt formale Einwände gegen harmonisierte Normen durch einen Mitgliedstaat oder die Kommission, wenn diese der Auffassung sind, dass eine harmonisierte Norm den Anforderungen des dazugehörigen Mandats nicht vollständig entspricht. Die schlussendlichen Konsequenzen aus diesem Verfahren sind derzeit noch nicht absehbar.

Mögliche Konsequenzen für die europäische Normung

Durch die Einführung von Stufen und Klassen in harmonisierten Normen – wie es in der BauPVO vorgesehen ist – können sich alle EU-Mitgliedstaaten mit ihren Anforderungen an die Bauwerkssicherheit wiederfinden. Bisher ist dieses System in einigen Fällen nicht vollständig umgesetzt. Deutschland wird in den kommenden Jahren voraussichtlich konsequenter mit den formalen Möglichkeiten der BauPVO versuchen, die aus deutscher Sicht vorhandenen Defizite in den harmonisierten Produktnormen zu beseitigen. Wenn die Kommission in allen Mitgliedstaaten nach zusätzlichen Anforderungen an CE-gekennzeichnete Bauprodukte „fahndet“, bleibt Deutschland ggf. nicht das einzige Land, das diesen Weg beschreitet.

Solidia – eine neue Generation von Bindemittel

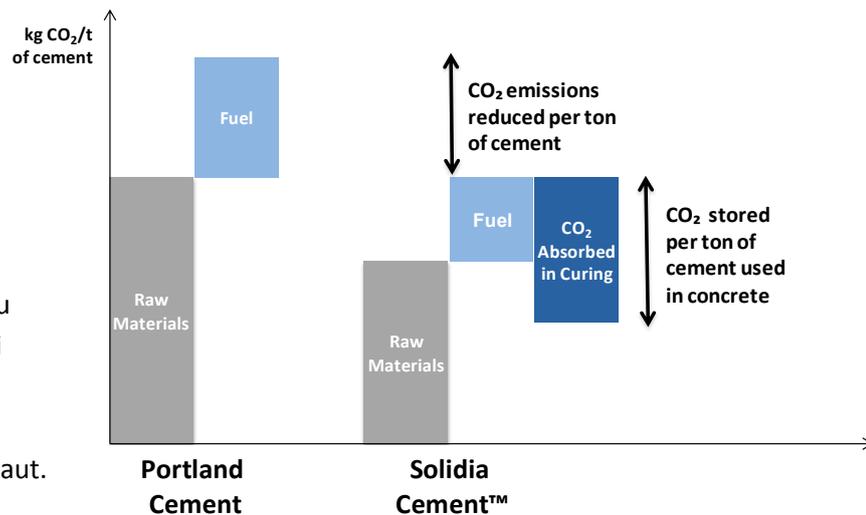
DI Anja Ebenschweiger, Lafarge Zementwerke GmbH

Einleitung

Beton ist der weltweit am häufigsten eingesetzte Baustoff. Die Produktion von Zement, der zur Herstellung von Beton erforderlich ist, verursacht 3-5 % der globalen Kohlendioxidemissionen. Somit ist die Zementindustrie der zweitgrößte CO₂-Emittent der Welt. Im Rahmen des World Business Council for Sustainable Development wurden CO₂ Reduktionziele für 2050 für die gesamte Zementindustrie gesetzt. Die von Solidia Technologies® entwickelte und patentierte Technologie wird helfen, diese Ziele zu erreichen. LafargeHolcim ist dabei einer der wichtigsten Partner von Solidia Technologies® für die Weiterentwicklung und Industrialisierung dieser neuen Technologie auf einem Markt, dessen Produktionsmethoden sich im Laufe von fast 200 Jahren nicht wesentlich geändert haben.

Warum ist Solidia Zement™ einzigartig?

Der neu entwickelte Solidia Zement™ reagiert mit gasförmigem CO₂ anstelle von Wasser und als Reaktionsprodukt entsteht Solidia Beton™. Die veränderte, nicht hydraulische Chemie dieses Zements und der daraus resultierende geringere Energiebedarf für die Herstellung führen zu einer Verringerung der CO₂ Emissionen bei der Zementproduktion von bis zu 30%, zusätzlich wird für die Erhärtung bis zu 300 kg CO₂ / t Zement in die Matrix eingebaut.



Solidia Zement™ besteht ebenso wie Portlandzement aus Calziumsilikatphasen, jedoch weniger kalkreichen als herkömmlicher Portlandzement. Da die gleichen Rohmaterialien, nur in unterschiedlichem Verhältnis, zur Herstellung von Solidia Klinker eingesetzt werden, kann dieses Produkt in vorhandenen Zementanlagen produziert werden. Solidia Technologies® und LafargeHolcim haben gemeinsam bisher zwei industrielle Großversuche mit großem Erfolg durchgeführt.

Wie wird Solidia Zement™ verarbeitet?

Solidia Zement™ kann wie klassischer Portlandzement verarbeitet werden: er wird mit Wasser, Zuschlägen und Zusatzmitteln gemischt und geformt. Die fertigen Produkte kommen dann in eine Nachbehandlungskammer, wo die Erhärtung durch Beaufschlagung mit CO₂ erfolgt. Das Wasser, das nur für die Formgebung und nicht für die Erhärtung verwendet wird, kann während der CO₂-Nachbehandlung aufgefangen und als Recyclingwasser wieder verwendet werden.

Für welche Zielgruppe ist Solidia Zement™ besonders gut geeignet?

Die erste Zielgruppe für den Absatz von Solidia Zement™ ist die Fertigteilindustrie, vor allem Hersteller von Pflastersteinen, Betonsteinen und Betondachsteinen. Neben dem umweltrelevanten Aspekt der verringerten CO₂-Emissionen bietet das Material auch andere Vorteile für die Kunden:

– Das Produkt erreicht bereits nach weniger als einem Tag seine Endfestigkeit (da die gesamte Festigkeitszunahme während der CO₂-Aushärtung erfolgt), sodass der Kunde sofort nach der Aushärtung mit der Nachbearbeitung oder Auslieferung des Produkts beginnen kann.

– Durch die besonderen chemischen Eigenschaften von Solidia Zement™ werden Ausblühungen, die zu häufigen Ursachen für Kundenbeschwerden gehören, fast vollständig verhindert.

– Die hellere Farbe ermöglicht eine einfachere und bessere Pigmentierung und ergibt kräftigere Farben.



Um diese Merkmale zu bestätigen, wurden im Jahr 2015 fünf Versuchsproduktionen bei Kunden in Europa durchgeführt, die positives Feedback von der Industrie und vielversprechende Ergebnisse geliefert haben.

Ausblick in die Zukunft

Solidia Zement™ und die zugehörige Technologie, die es ermöglichen, die CO₂ Emissionen deutlich zu verringern, können wegweisend für die weitere Entwicklung der Zementindustrie im Bereich Nachhaltigkeit sein. Die zusätzlichen Eigenschaften wie die komplette Festigkeitsentwicklung innerhalb von 24 Stunden, die Solidia Zement™ auszeichnen, machen das Produkt - neben dem positiven Umweltaspekt - interessant für die Fertigteilindustrie.

Grobmahlung von Rohmehl – ein möglicher Beitrag zur besseren Energieeffizienz?

DI Sabrina Schrotshamer, DI Dr. Martin Peyerl

Der erste energieintensive Schritt bei der Herstellung von Zement ist die Feinmahlung der Rohstoffe (Kalkstein, Mergel, ...). Werden diese Ausgangsmaterialien gröber als derzeit üblich gemahlen, kann ein hohes Maß an Energieeinsparung erzielt werden. Grundvoraussetzung ist dabei die Erhaltung der hohen Qualität des bisher erzeugten Zementes. Die Umsetzbarkeit dieser Maßnahme beruht auf der grundsätzlichen Annahme, dass eine ausreichend hohe Reaktionsfähigkeit der Rohmehlmischung bei der Klinkerherstellung auch durch ein grobes Rohmehl gegeben ist. Weitere energieintensive Schritte sind die Brennprozesse Vorcalcinierung und Sinterung. Durch Erforschung der Einflussfaktoren auf die Klinkerqualität, insbesondere die Temperaturen und die Verweilzeiten während des Brennvorgangs, kann in Zukunft mit wirtschaftlichen Überlegungen der Herstellungsprozess hinsichtlich des Energieaufwandes weiter optimiert werden, zum Beispiel durch leichte Erhöhung der Brenntemperaturen und Verwendung eines gröber gemahlene Rohmehls.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass durch Verwendung eines groben Rohmehls als Ausgangsstoff und eine niedrigere Sintertemperatur für eine energieeffizientere Zementproduktion Abweichungen im Prozess der Vorcalcinierung, des Sinterungsvorgangs und der Phasenbildung (Klinkerqualität) entstehen. Um die relevanten Unterschiede festzustellen, wurde im Rahmen eines von der FFG geförderten Forschungsprojektes der Produktionsprozess an drei verschiedenen Rohmehlsorten (normal, für Calciumaluminatreichen und Calciumaluminat-armen Klinker) mit je zwei Mahlfeinheitsgraden (Standard-fein und grob) im Labormaßstab simuliert. Im Anschluss erfolgte die Untersuchung der Klinker auf die Phasenausbildung. Der wesentliche Vorteil dieser Analysen im Labormaßstab liegt darin, dass viele Variablen und Wechselwirkungen, welche das Produktionsvorgehen unkontrolliert lenken, ausgeschlossen werden können und gezielt der Einfluss der Grobmahlung auf bestimmte Parameter untersucht werden kann. Nachfolgend ist die Projektdurchführung stichwortartig aufgelistet:

- Ermittlung der Kornverteilung der einzelnen Ausgangsstoffe (Kalk, Mergel, Ton, Korrekturstoffe für Al, Si, Fe) im Rohmehl und Vergleich der Grobmahlung und Standard-Feinmahlung
- Einfluss der Grobmahlung auf weitere Prozessschritte (Vorcalcinierung, Sinterung) sowie auf die Qualität des produzierten Klinkers (Phasenausbildung, Mahlbarkeit) – Stichwort „Brennbarkeit“:
 - Variation der Vorcalcinierungstemperatur
 - Variation Sintertemperatur
 - Variation der Verweilzeit
- Nutzung der Ergebnisse zur Vorhersage der Brennbarkeit und zur Optimierung des Herstellungsprozesses

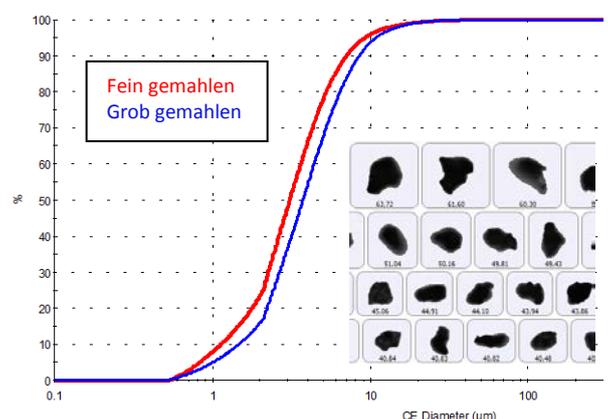


Abbildung 1: Partikelverteilung N-Rohmehl

Die Messung der Partikelverteilung der Rohmehle widerspiegelt die Mahlbarkeit der einzelnen Rohmehlkomponenten. So zeigt Kalkstein aufgrund seiner üblichen leichten Mahlbarkeit nur wenig Unterschied zwischen Grob- und Feinmahlung, hingegen zeigt SiO₂ aufgrund seiner bekanntlich schweren Mahlbarkeit eine größere Differenz in der Partikelgrößenverteilung. Die Ergebnisse der Brennversuche können mitunter auf diesen Unterschied zurückzuführen sein.

Die Vorcalcinerungsversuche zeigen bei allen drei Rohmehlsorten bei dreistufiger Erhöhung der Temperatur von 800 auf 900 °C einen starken Rückgang des CO₂-Gehalts, welcher als Maß für den Dissoziationsgrad gemessen wurde. In Optimierungsversuchen wurde der CO₂-Gehalt auf ca. 10 % eingestellt – dies entspricht in etwa den üblichen Dissoziationsgraden in Zementwerken.

Der Brennvorgang erfolgte bei drei verschiedenen Sintertemperaturen im Bereich von 1300 bis 1450 °C. Das Ergebnis zeigt in der Regel bei steigender Sintertemperatur steigenden Alit-, fallenden Belit- und fallenden Freikalk-Gehalt. Zusätzlich wurden zwei verschiedene Verweilzeiten (15 Min. und 90 Min.) ausgewählt. Bei Verlängerung der Verweilzeit hat das Rohmehl mehr Zeit zur Klinkerphasenbildung, wodurch diese vollständiger abläuft als bei 15 Min. Mit diesen Versuchsreihen konnte unter anderem erkannt werden, ab welchem Zeitpunkt das Rohmehl ausreagiert hat und keine Veränderung der Klinkerphasen mehr stattfindet. Zudem wird sehr gut der Unterschied zwischen grob und fein gemahlene Rohmehlen dargelegt. So benötigen die Klinker aus grob gemahlene Rohmehl in der Regel etwas mehr Verweilzeit oder eine höhere Temperatur, um auf die gleiche Klinkerphasenausbildung wie die fein gemahlene Rohmehle zu kommen. Durch Auswahl der gewünschten Klinkerphasenausbildung kann mit diesen Ergebnissen die Verwendung von grobem Rohmehl, niedrigeren Sintertemperaturen oder kürzeren Verweilzeiten optimiert werden. Im weiteren Projektverlauf werden noch Optimierungsschritte am grob gemahlene Rohmehl durchgeführt.



Abbildung 2: Klinker

Die im Rahmen dieses Projektes gewonnenen Erkenntnisse liefern die Grundlage für eine noch energieeffizientere Zementherstellung durch Verwendung von gröber gemahlene Rohstoffen. Durch die Variation der Herstellungsparameter kann sehr gut der Ablauf der Klinkerphasenbildung erkannt werden. Es wird damit Interessierten die Möglichkeit gegeben, die hier gewonnenen Erkenntnisse auf ihre Zemente und Herstellungsprozesse umzulegen und wirtschaftliche Überlegungen anzustellen, wie z. B. „Ist durch den Einsatz von grob gemahlene Rohmehl und einer leichten Verlängerung der Brenndauer eine Energieeinsparung erzielbar?“.

Neue Prüfmethode zur Beurteilung der Wirksamkeit von Beton- zusatzmittel in beschleunigten Bindemittelsystemen

Dipl.-Ing. Walter Steinwender, w&p Zement GmbH

Dipl.-Ing. Dr. Christoph Stotter, w&p Zement GmbH

Einleitung

An Bindemittel für die Herstellung von beschleunigtem Naßspritzbeton zur Vortriebssicherung im Tunnelbau werden hohe Anforderungen an die Produktgleichmäßigkeit gestellt. Zur Qualitätssicherung wurden in der Vergangenheit Prüfverfahren entwickelt, die produktionsbegleitend während der Zementmahlung Aussagen über die Wechselwirkung von Zement und Betonzusatzmittel ermöglichen. Die Schwierigkeit dabei war, diese Parameter mit den Eigenschaften im Beton und in weiterer Folge mit dem im Naßspritzverfahren applizierten beschleunigten Beton auf der Baustelle zu korrelieren.

Derzeit wird bei der w&p Zement GmbH dafür ein modifiziertes Vicat-Verfahren verwendet, bei dem das Erstarrungsverhalten des Zements in Verbindung mit Fließmittel und Beschleuniger während der ersten 15 Minuten geprüft wird. Bei Bedarf kann zusätzlich am erhärteten Vicat-Körper die Druckfestigkeit nach 3 Stunden „abgeschätzt“ werden. Aktuell kommen im Tunnelbau immer öfter „versinterungsarme“ Betonkonzepte zur Anwendung und aus ökonomischer Sicht nimmt zusätzlich die Vortriebsgeschwindigkeit zu. Daher reicht die bislang praktizierte Untersuchungsmethodik nicht mehr aus, um die neuen Anforderungen an die Gleichmäßigkeit des Zements vollständig zu beschreiben. Diese sind neben dem Erstarrungsverhalten die konstante Festigkeitsentwicklung des beschleunigten Naßspritzbetons innerhalb des kritischen Zeitraumes von der Beschleunigerzugabe bis zu 6 Stunden.

Im Folgenden wird ein neues Verfahren beschrieben, das den Erhärtungsverlauf im beschleunigten Bindemittelleim produktionsbegleitend misst und dabei einen Vergleich mit der Festigkeitsentwicklung des Naßspritzbetons auf der Baustelle zulässt. Ein innovativer Nebeneffekt dieser Methode ist die Möglichkeit der Optimierung von Zusatzmittelkombinationen, d.h. eine bessere Abstimmung von Fließmittel und Beschleuniger – ein Potential das bei der Betonherstellung bislang leider kaum genutzt wird.

Prüfmethode und Verfahrensentwicklung

Bei der Methodenentwicklung wurde ein kommerziell verfügbares Verfahren weiterentwickelt, dass mittels Ultraschallwellentransmission zu jedem beliebigen Zeitpunkt Aussagen über den Hydratationszustand von Bindemittelleim zulässt [1]. Zum Einsatz kam das Ultraschallmesssystem Vikasonic von Schleibinger Geräte Teubert u. Greim GmbH, siehe Abbildung 1.

Als Probenbehälter für den Leim wird ein Vicat-Ring verwendet. Das Eigengewicht und Bauform des Transmitters gewährleistet die Ankopplung, auch wenn der Zementleim während der Messzeit schwindet. Gemessen wird die Impulslaufzeit.

Die für die Beurteilung verwendete Schallgeschwindigkeit v_p errechnet sich aus dem bekannten Schallweg s und der Impulslaufzeit der Longitudinalwelle t_p nach folgender Gleichung [2].

$$v_p = \frac{s}{t_p} \left[\frac{m}{s} \right]$$



Abbildung 1: Ultraschallmesssystem [3]

Im Vordergrund der Methodenentwicklung standen dabei sowohl eine Optimierung in der Handhabbarkeit der Probeneinbringung als auch eine robuste Ankopplung des Probenmaterials an den Transmitter im bereits erstarrten Zustand des beschleunigten Bindemittelleims. Dazu wurde die Prüfeinrichtung mit einem neuen Probenhalter ergänzt.

Versuchsdurchführung und Ergebnisse

Als Bindemittel wurden zwei speziell für den Tunnelbau abgestimmte Produkte der w&p Zement GmbH eingesetzt. Diese sind GlocknerZement CEM I 52,5 R SpB in Kombination mit dem Betonzusatzstoff SuperMix C (AHWZ GC-HS). Im Messprogramm wurden verschiedene Zusatzmittelkombinationen (Fließmittel, Verzögerer und Beschleuniger) bei einem W/B-Wert von 0,38 untersucht.

Ziel der Untersuchung war es, eine Korrelation zwischen der Schallgeschwindigkeit und der 1-axialen Druckfestigkeit für beschleunigte Bindemittelsysteme zu finden. Dazu wurde parallel die Festigkeitsentwicklung am Zementleim gemäß ÖVBB RILI Spritzbeton, 2009 geprüft und den konkreten Messwerten des Ultraschallprüfverfahrens zugeordnet.

Die Untersuchungsergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt. Darin ist ersichtlich, dass die Entwicklung der Druckfestigkeit von beschleunigtem Bindemittelleim ab 0,5 N/mm² mittels des verwendeten Ultraschallprüfverfahrens mit ausreichender Genauigkeit durch Regression beschrieben werden kann.

Eine praxisrelevante Fragestellung ist, ob die mittels Ultraschallwellentransmission festgestellte Festigkeitsentwicklung Aussagen über die Festigkeitsentwicklung im „Jungen Spritzbeton“ zulässt und somit für die Qualitätssicherung von Zement geeignet ist.

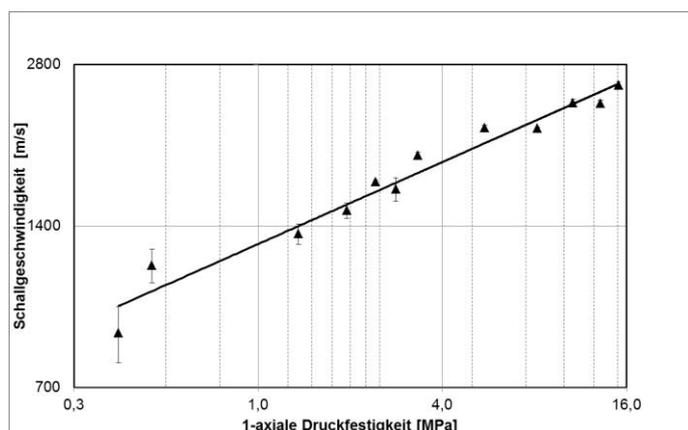


Abbildung 2: Korrelation der Schallgeschwindigkeit mit der 1-axialen Druckfestigkeit

Die Antwort darauf findet man in Abbildung 3. Hier sind ähnliche Trends im Festigkeitsverlauf von Spritzbeton und der im Labormaßstab untersuchten Bindemittelprobe zu erkennen. Diese Erkenntnis dient als Grundlage für die Anwendung der Ultraschallprüfung zur Qualitätssicherung von Zement für beschleunigten Naßspritzbeton.

Ein zusätzlicher Nebeneffekt ist die Möglichkeit den Erstarrungs- und Erhärtungsverlauf eines Bindemittels mit unterschiedlichen Zusatzmittelregimen zu testen.

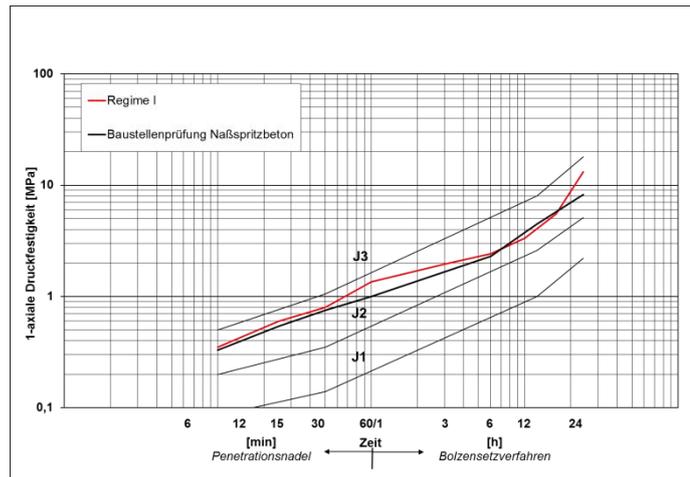


Abbildung 3: Festigkeitsentwicklung von beschleunigten Bindemitteln im Vergleich zu jener von „Jungem Spritzbeton“

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind für zwei Zusatzmittelregime in Abbildung 4 gegenübergestellt. Dabei weist Regime II im Vergleich zu Regime I ein Erstarren auf niedrigem Festigkeitsniveau auf. Erst zwischen 3 und 6 Stunden kommt es zu einem signifikanten Anstieg der Festigkeit. Daher kann dieses Verfahren bereits im Vorfeld wichtige Hinweise ohne aufwändige Spritzversuche für die Betonzusatzmittelauswahl liefern.

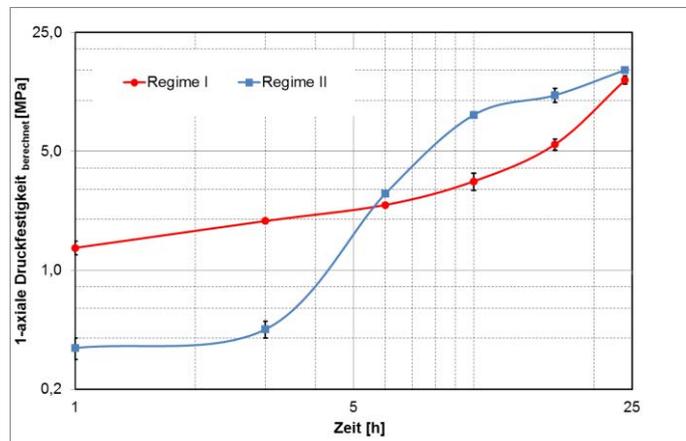


Abbildung 4: Einfluss des Zusatzmittelregimes auf die Frühfestigkeitsentwicklung eines beschleunigten Bindemittelsystems

Ausblick und Zusammenfassung

Zusammenfassend kann auf die sehr gute Eignung der Ultraschalltransmission im Hinblick auf die praxisnahe Wirkungsüberprüfung von Betonzusatzmitteln hingewiesen werden. Sie ist einfach in der Handhabung und beschreibt das komplexe Zusammenwirken von Zement und Zusatzmittel im kritischen Bereich unter 6 h ausreichend. Dies konnte am Beispiel der Prüfung eines weiteren Zusatzmittelregimes verdeutlicht werden. Aus der Gesamtheit der präsentierten Messserien wird die Bedeutung dieser Methode für den Einsatz im Bindemittellabor offensichtlich, insbesondere bei der Qualitätssicherung und Entwicklung von Spezialzementen für beschleunigten Naßspritzbeton im Tunnelbau [4].

Literatur

- 1) Herb T.: Indirekte Beobachtungen des Erstarrens und Erhärtens von Zementleim, Mörtel und Beton mittels Schallwellenausbreitung, Dissertation an der Universität Stuttgart, 2003.
- 2) Xu Q.: Chemische Wirkung von Erstarrungsbeschleunigern auf die frühe Hydratation des Portlandzements, Dissertation an der Bauhaus-Universität Weimar, 2005.
- 3) Schleibinger Geräte Teubert u. Greim GmbH: Ultraschallmessgerät, http://www.schleibinger.com/cmsimple/?Festigkeitsentwicklung:Ultraschall_Messger%E4t, Oktober 2015.
- 4) Paulini P.: Beurteilung des Erhärtungs- und Ansteiferverhaltens von Spritzbeton, Spritzbeton-Tagung 2012.

Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Baustoffe, Betontechnologie, Mauer- und Putzmörteltechnologie, Pflasterarbeiten

Trockenbeton – Anwendungen nach einem neuen Regelwerk

Trockenbeton bzw. richtigerweise Beton aus Trockenbeton wird in einigen Bereichen des Betonbaues erfolgreich angewendet, wobei stets eher kleine Betonmengen benötigt werden und dennoch hochwertige Betonqualitäten notwendig sind. Einige Anwendungsbeispiele werden hier kurz vorgestellt.

Die für Beton üblichen Normen, wie EN 206 bzw. die für die nationale Umsetzung formulierte ÖNORM B 4710-1 können aufgrund von wesentlichen Abweichungen nicht angewendet werden:

Für die Betonherstellung sind der Hersteller des Trockenbetons und der Verwender zuständig

Die Prüfungen, sowohl Erstprüfung als auch Konformitätsprüfungen werden also nicht vom **einem** Betonhersteller durchgeführt

Der Nachweis von Betoneigenschaften durch Beurteilung der Frischbetoneigenschaften, vorzugsweise des W/B-Wertes und des Luftgehaltes z.B. nach Tabelle NAD 10 ist nicht immer möglich und sinnvoll

In der ÖNORM B 4710-1 wird daher im Abschnitt Anwendungsbereich formuliert:

Für Trockenbeton können ergänzende Anforderungen und andere Prüfverfahren festgelegt werden.

Die ÖBV-Richtlinie Trockenbeton wurde von einem Arbeitskreis, in dem Hersteller, Anwender, Auftraggeber und Prüfstellen vertreten waren, erarbeitet und im November 2014 herausgegeben. Diese Richtlinie regelt die Anforderungen an Trockenbeton und daraus hergestellten Beton:

vor der Wasserzugabe (Trockenbeton)
nach der Wasserzugabe (Frischbeton)
am Festbeton
die Typprüfung
die Qualitätssicherung durch den Trockenbetonhersteller und den Verwender
die Durchführung von Identitätsprüfungen auf Veranlassung durch den Bauherrn

und gibt zusätzlich Hinweise für den Einbau von Beton aus Trockenbeton.

Allgemein beideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Baustoffe, Betontechnologie, Mauer- und Putzmörteltechnologie, Pflasterarbeiten

Bei den Klasseneinteilungen müssen für Trockenbeton einige Besonderheiten berücksichtigt werden, wie z.B. die mögliche Anwendung von Alternativverfahren bei der Konsistenzprüfung (Haegermann) oder der Druckfestigkeitsermittlung (Prismen 4 x 4 x 16 cm), wobei immer die Korrelation zu den festgelegten Verfahren nachzuweisen ist.

Bei den Expositionsklassen werden bevorzugt die Nachweise am erhärteten Beton gefordert und nur bei Klassen, wo diese Nachweise nicht möglich sind, müssen vom Trockenbetonhersteller die Zementgehalte und maximalen W/Z-Werte eingehalten werden. Einige Klassifizierungen, wie z.B. die beliebte Form der Betonkurzbezeichnungen, sind bei Trockenbeton nicht möglich.

Für die Nachweise der Qualitätssicherung durch den Verwender wurden die Überwachungsklassen ÜK 1 bis ÜK 3 neu festgelegt. Abhängig von der Anwendungsart (konstruktiv oder nicht konstruktiv) und allenfalls erforderlichen Expositionsklassen muss der Verwender bei der Betonherstellung Nachweise und Prüfungen durchführen.

Bei der Herstellung von Beton aus Trockenbeton muss der Verwender die Vorgaben des Trockenbetonherstellers hinsichtlich Mischerart und maximale Wasserzugabe berücksichtigen und dokumentieren.

Bei den Ausgangsstoffen für Trockenbeton gibt es keine wesentlichen Abweichungen zum Normalbeton nach ÖNORM B 4710-1, wobei die Anwendung des k-Wert-Konzeptes allerdings nicht vorgesehen ist.

Die Qualitätssicherung für Trockenbeton wird in der Richtlinie in Tabellen sowohl hinsichtlich Häufigkeit beim Trockenbetonhersteller, auf der Baustelle und durch die Fremdüberwachung, wie auch hinsichtlich Prüfverfahren, Prüfanforderungen und Toleranzen festgelegt.

Die Typprüfung von Trockenbeton muss immer von einer akkreditierten Prüfstelle durchgeführt werden und vom Trockenbetonhersteller muss auch ein Überwachungsvertrag mit einer Inspektionsstelle abgeschlossen werden. Unter diesen Voraussetzungen ist es auch möglich, ein ÜA-Zeichen für Trockenbeton zu beantragen.

Für bestimmte Anwendungen kann also nunmehr auch Trockenbeton als überwachter Baustoff verwendet werden, wobei für die Zukunft auch weitere Entwicklungen möglich sind.

MasterEase: Eine neue Generation Fließmittel für eine niedrig viskose, stabile Beton- Rheologie

Jan Klügge

BASF Construction Solutions, E-EBE/B - R64-5, 68199 Mannheim, Germany

Zusammenfassung

Seit der Einführung von Polycarboxylether basierten Kammpolymeren (PCE) vor mehr als 25 Jahren haben diese die Grenzen der technisch zugängigen Betonspezifikationen dramatisch verschoben. Heute können wir Gebäude höher, mit größeren Festigkeiten und größerer Dauerhaftigkeit bauen als jemals zuvor. Die herausragende Verflüssigungsleistung und die Verbesserung der Betonfrühfestigkeit durch PCEs ermöglichte deutlich reduzierte Wasser/Binder- Verhältnisse und niedrige Klinkerfaktoren in modernen Betonmischungen. Heute geht der Trend aufgrund von Nachhaltigkeitsüberlegungen zu Betonrezepturen mit hohen Anteilen von Betonzusatzstoffen wie Schlacke, Flugasche oder Kalksteinmehl. Allerdings weisen solche Mischungen oft eine hohe Klebrigkeit oder Viskosität auf, die bei der Verarbeitung des Betons gerade im Fertigteilerwerk zu Problemen führen kann. Auf Basis der neuen chemischen Grundstruktur der Polyarylether (PAE) haben wir eine neue Fließmitteltechnologie entwickelt, die nun weltweit ihre ersten Anwendungen findet. Im Vergleich zu konventionellen PCE basierten Fließmitteln reduzieren PAEs die Thixotropie des Betons erheblich. Gleichzeitig weisen sie eine ebenso gute Frühfestigkeit und Verflüssigungsleistung auf.

Die rheologischen Eigenschaften von Beton haben einen deutlichen Einfluss auf die Pumpbarkeit und das Einbauverhalten von Beton. Die neuen Hochleistungs-Fließmittel ermöglichen vereinfachtes Einbauverhalten und damit Zeit- und Kostenersparnis für den Verwender. Die Verarbeitbarkeit des Betons wird üblicherweise mittels Ausbreitmaß oder für hochfließfähige Betone als Fließmaß bestimmt. Dennoch sind –bei gleichem Ausbreitmaß – für den Verarbeiter oft erhebliche Unterschiede in der Handhabbarkeit des Betons festzustellen. Diese Unterschiede lassen sich oft auf rheologische Eigenschaften zurückführen. In der vorliegenden Arbeit werden rheologische Kenngrößen wie Thixotropie, Fließgrenze und dynamische Viskosität verschiedener Betonmischungen mit verschiedenen Fließmitteln verglichen. Die Betonmischungen werden in einer Life-Cycle Analyse verglichen. Es zeigt sich, dass die neue Fließmitteltechnologie besonders dazu geeignet ist, auf Nachhaltigkeit optimierten Betonrezepturen mit hervorragenden rheologischen Eigenschaften auszustatten.

Grafiken / Bilder:

- 1) Vergleich dynamische Viskosität und Viskositätsentwicklung über die Zeit
- 2) Glättbarkeit in Fertigeilanwendung

Keywords

Sustainable construction, high range water reducers, life-cycle analysis, admixture innovation, carbon footprint, concrete performance

Nachhaltiges Bauen, Hochleistungsfließmittel, Life-Cycle Analyse, innovative Betonzusatzmittel, CO₂ Bilanz, Betoneigenschaften

Autorenangaben

Dr. rer. nat. Jan Klügge
BASF Construction Solutions

Salzachstr. 2-12
68199 Mannheim

+49 15209374588
jan.kluegge@basf.com

Seit 2012 Leiter europäisches Marketing Fertigbeton der BASF Construction Solutions in Zürich und Mannheim; von 2010 bis 2012 Leiter globale Entwicklung construction systems der BASF, Trostberg. Davor 5 Jahre für die BASF in Shanghai zuständig für die Entwicklung von Betonzusatzmitteln für Asien. Promotion 2004 an der TU Muenchen in organischer Chemie, davor Studium der Chemie in Darmstadt und München.

Der Fokus der industriellen Forschungs- und Entwicklungsprojekte liegt auf nachhaltigem Bauen und technisch hochwertigen Lösungen für die Betonindustrie. Dies umfasst neue Betonzusatzmittel, neue Anwendungen für Hochleistungsbetone und neue Bindemittelsysteme.

Reduzierung des Versinterungspotentials von Spritzbeton

Maria Thumann, OTH Regensburg

Michael Hartmaier, Rohrdorfer Zement

Wolfgang Kusterle, OTH Regensburg

Tunnelbauwerke sind gegen den Eintritt von Bergwasser zu bemessen und zu schützen. Bei hohen Überlagerungen und Wasserdrücken wird in der Regel ein nicht druckwasserhaltendes Entwässerungs- und Abdichtungssystem gewählt. Bei der zweischaligen Tunnelbauweise wird zwischen der Außenschale (z.B. Spritzbeton) und der Innenschale (z.B. Ortbeton) eine Abdichtungsbahn aufgebracht, an der das Wasser abgeführt und schließlich in Drainageleitungen gesammelt und aus dem Bauwerk abgeleitet wird (Abbildung 1). Häufig treten jedoch Kalkablagerungen (Versinterungen) in den Rohren auf, die den ungestörten Abfluss des Wassers behindern bzw. blockieren. Die Folgen können ein Anstieg des Bergwassersdrucks hinter der Innenschale und/oder Wassereintritt in den Tunnel sein. Zur Vermeidung von Schäden am Bauwerk und aus Gründen der Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit müssen die Drainagerohre regelmäßig gereinigt werden. Die Wartungsmaßnahmen sind sehr kostenintensiv und führen zu Verkehrsbehinderungen in den hoch ausgelasteten Verkehrstunnelbauwerken. Um die Wartungsarbeiten langfristig gering zu halten wurde in der ÖBV-Richtlinie „Spritzbeton“ [1] bereits 2009 eine eigene Anforderung zum Reduzierten Versinterungspotential eingeführt.

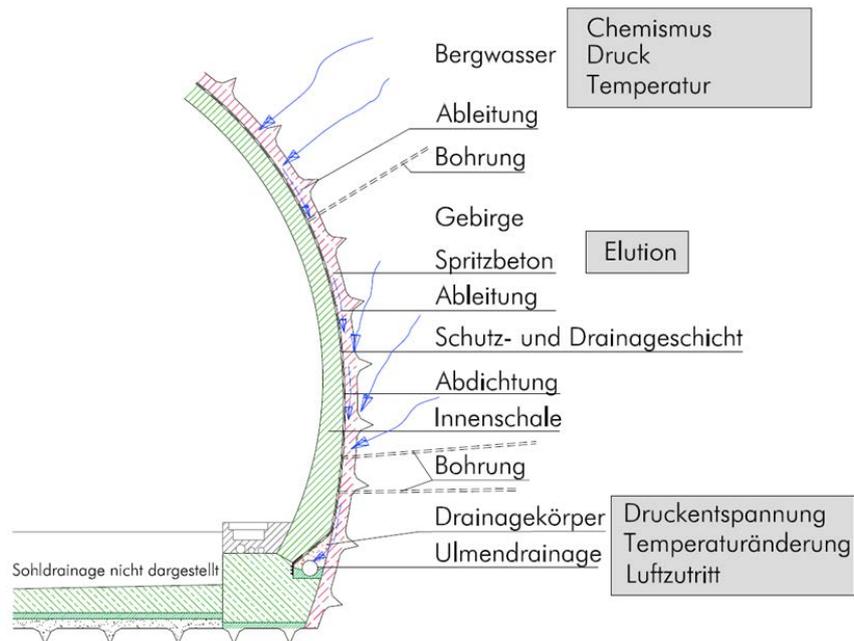


Abbildung 1: Der Weg des Bergwassers in die Ulmendrainage [2]

Zur Verringerung von Versinterungen wurden bereits verschiedene Lösungsansätze untersucht, sowohl konstruktive, wie die Ausführung des Entwässerungssystems, als auch verfahrenstechnische, wie der Einsatz von Härtestabilisatoren. Ein anderer Ansatz wird in einem bayerischen Forschungsprojekt gewählt, um bereits die Entstehung von Versinterungen zu verringern. Die Gründe für die Entstehung von Versinterungen sind vielfältig. Es spielen sowohl die chemische Zusammensetzung des Bergwassers, die Umgebungsbedingungen als auch der Kontakt des Bergwassers mit zementgebundenen Materialien eine Rolle. Auf dem Weg in die Ulmendrainage gelangt das Bergwasser über Abschlauchungen und

Risse/Fehlstellen im Spritzbeton zunächst zur Abdichtungsbahn und kommt dabei in Kontakt mit zementgebundenen Materialien aus denen versinterungsrelevante Stoffe (z.B. Calciumhydroxid) herausgelaut werden können (Abbildung 1). Calciumhydroxid ist für den Korrosionsschutz der Bewehrung erforderlich, kann aber auch die Versinterungsneigung erhöhen.

Das Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung von Spritzbetonrezepturen mit einem möglichst geringen Anteil an leicht löslichem Calciumhydroxid und damit einer Verringerung des Versinterungspotentials unter Berücksichtigung der Anforderungen an den Spritzbeton bezüglich Frühfestigkeit und Dauerhaftigkeit. Zunächst wurden in Laborversuchen unterschiedliche Mischungen auf ihr Auslagverhalten untersucht. Die Auslagversuche wurden nach dem ÖBV-Merkblatt „Festlegung des Reduzierten Versinterungspotentials“ [3] durchgeführt. Einen Großteil der Versuche umfasste die Variation mit unterschiedlichen Bindemitteln. Dazu wurde ein Teil des Zementes durch sowohl genormte als auch nicht genormte Zusatzstoffe substituiert. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Verringerung der Calciumauslaugung möglich ist [4]. Zum einen spielen dabei der geringere Anteil an Klinker im Bindemittel, und damit an Calciumhydroxid, eine Rolle, zum anderen auch Füllereffekte und chemische Effekte. Zum Beispiel reagieren puzzolanische Stoffe während der Hydratation mit dem Calciumhydroxid zu festigkeitsbildenden Bestandteilen. Der Einfluss des Beschleunigers und des Spritzverfahrens wurde in ersten Ansätzen mit Mörtelspritzversuchen untersucht. Es zeigte sich eine gute Übertragbarkeit der Ergebnisse der Laborversuche auf die Mörtelspritzversuche [4]. Basierend auf diesen Ergebnissen wurden erfolgsversprechende Rezepturen für Spritzversuche ausgewählt. Die Frühfestigkeitsklasse J2 konnte mit den Mischungen mit einem verringerten Zementgehalt (280 kg/m^3) und AHWZ oder Hüttensand (140 kg/m^3) erreicht werden. Im Allgemeinen werden in Österreich bereits Spritzbetonrezepturen mit verringertem Zementgehalt und AHWZ für Rezepturen mit einem reduzierten Versinterungspotential eingesetzt.

Ein weiterer Schwerpunkt des Forschungsprojektes liegt in der Untersuchung der Einflüsse auf die Ergebnisse von oben genanntem Prüfverfahren. Dazu mussten Parameterstudien bei der Prüfdurchführung durchgeführt werden. Einige bisher nicht genügend bekannte Einflüsse wurden erkannt. Weitere Prüfungen zum Erkennen aller Einflüsse und zur Veränderung der Auslaugung über die Zeit sind im Laufen.

- [1] Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik: Richtlinie Spritzbeton. Wien (12.2009).
- [2] Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik: Richtlinie Tunnelentwässerung. Wien (04.2010).
- [3] Österreichische Bautechnik Vereinigung: Festlegung des Reduzierten Versinterungspotentials. Merkblatt. Wien (07.2012).
- [4] Thumann, M., Saxer, A., Hartmaier, M., Kusterle, W.: Versinterungspotential von Spritzbeton - Laboruntersuchungen und Kleinspritzversuche zur Reduzierung der Calciumfreisetzung. In: Kusterle, W. (Hrsg.): Spritzbeton-Technologie 2015: Eigenverlag.

Alternative Konzepte der Betonherstellung und deren Dauerhaftigkeit – Forschungsbedarf für die nahe Zukunft

DI Gerald Maier, DI Dr. Martin Peyerl, Mag. (FH) DI Dr. Stefan Krispel

Die Betonherstellung in Österreich basiert gemäß ÖNORM B 4710-1 „Beton – Festlegung, Herstellung, Verwendung von Konformitätsbewertung“ auf einem deskriptiven Ansatz. Dies bedeutet, dass aufbauend auf Erfahrungen bestimmte Kriterien festgelegt wurden, bei deren Einhaltung davon ausgegangen wird, dass eine entsprechende Erfüllung der Leistungsanforderungen an den Beton gegeben ist. Die festgelegten Kriterien sind die Einhaltung eines Mindestbindemittelgehaltes, eines maximal zulässigen W/B-Wertes (Wasser/Bindemittel-Wertes) und, falls erforderlich, Luftgehalt bzw. Luftporenkennwerte des Betons.

Neue Bindemittelarten bzw. ökologische Vorgaben, aber auch veränderte technische Anforderungen an Bauwerke verlangen des Öfteren den Nachweis der Gleichwertigkeit von alternativen Betonzusammensetzungen. Die neue europäische Rahmennorm zur Betonherstellung (EN 206) ermöglicht neuerdings den Einsatz alternativer Konzepte (Konzept der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit [ECPC] und Konzept der gleichwertigen Leistungsfähigkeit von Kombinationen aus Zement und Zusatzstoff [EPCC]). Die Einführung und Umsetzung dieser Konzepte wurde, da europäisch nur eine generelle Rahmennorm für Beton existiert, den einzelnen Ländern überlassen. Es fehlen in Österreich wie auch in anderen europäischen Ländern Grenzwerte, Prüfverfahren und eine festgelegte Vorgehensweise zur Beurteilung der vorgegebenen Gleichwertigkeit von alternativen Betonzusammensetzungen gegenüber dem bisher eingesetzten deskriptiven System.

Mit einem von der FFG geförderten, 4-jährigen Forschungsvorhaben werden diese fehlenden Parameter erarbeitet. Als Grundlage zur Schaffung einer Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Konzepte werden mit in Österreich üblichen Bindemittelkombinationen und Zusammensetzungen gemäß ÖNORM 4710-1 Dauerhaftigkeitskennwerte (z.B. Karbonatisierungswiderstand gem. CEN/TS 12390-12) ermittelt. Die erworbenen Erkenntnisse über Grenzwerte und Prüfverfahren werden in weiterer Folge für die Entwicklung eines Beurteilungssystems zum Nachweis der Gleichwertigkeit von alternativen Konzepten der Betonherstellung herangezogen und können zukünftig für Vergleiche im Dauerhaftigkeitsverhalten von unterschiedlichen Betonzusammensetzungen dienen. Da die Qualität des Betons insbesondere bei Einsatz alternativer Konzepte der Herstellung, neben den verwendeten Ausgangsstoffen stark von der zielsicheren Einhaltung der Zugabemengen und eines entsprechenden Produktionsprozesses abhängig ist, wird der Einsatz einer zusätzlichen Beurteilung, nämlich die Homogenität des Frischbetons, angedacht. Diese Untersuchungen eines ausreichenden Homogenisierungsgrades stellen sowohl national als auch, so weit bekannt, international ein Novum dar.

Der Einsatz alternativer Konzepte der Betonherstellung betrifft nahezu alle Akteure der Bauwirtschaft, wie Zement- bzw. Zusatzstoffhersteller, Zusatzmittelproduzenten, Betonhersteller, Betonverwender (Bauindustrie und Baugewerbe), aber auch Planer und Bauherren.

Hauptziel des Forschungsvorhabens ist, dass eine Vergleichbarkeit aller Konzepte (herkömmlicher deskriptiver Ansatz und die alternativen Konzepte ECPC bzw. EPCC) geschaffen wird und dass bei Anwendung dieser Konzepte die geforderte Dauerhaftigkeit nachweislich vorhanden ist. Dies bedeutet weiters, dass durch eine entsprechend nachgewiesene Dauerhaftigkeit langlebige Bauwerke errichtet werden können und demgemäß Instandsetzungsintervalle verlängert bzw. Instandsetzungskosten reduziert werden können. Weiters können durch klare Vorgaben (Erarbeitung von Grenzwerten, Festlegung von Prüfverfahren) einerseits alternative bzw. neue Betonzusammensetzungen beurteilt bzw. bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit eingeordnet werden und andererseits können Betonhersteller, basierend auf ihren jeweiligen Roh- bzw. Ausgangsstoffressourcen, die für sie technisch und wirtschaftlich geeigneten Konzepte auswählen. Für den Planer und den Bauherrn (z.B. Infrastrukturbetreiber) wird zum einen die Möglichkeit der Beurteilung projektspezifischer Betonzusammensetzungen (z.B. Lebensdauervorgabe) geschaffen und zum anderen die Sicherheit der Baustoffqualität, auch bei den neuen Betonkonzepten, aufrechterhalten.

Lösender Angriff auf Beton – Einflussfaktoren und Prüfmethode

DI Christian Dillig, DI Dr. Martin Peyerl, Mag. (FH) DI Dr. Stefan Krispel

Beton ist bei grober Betrachtungsweise ein Zweiphasengemisch, bestehend aus Zementstein und Gesteinskörnungen. Die Herstellung eines gegen chemisch lösenden Angriff widerstandsfähigen Betons erfordert ein möglichst dichtes Betongefüge mit einer widerstandsfähigen Bindemittelsteinmatrix, eine widerstandsfähige Gesteinskörnung sowie eine möglichst dichte Kontaktzone zwischen den beiden Phasen.

Ein möglichst dichtes Zementsteingefüge wird durch einen niedrigen Wasser-Bindemittelwert bzw. oberflächennah durch entsprechende Nachbehandlung und durch eine geeignete Wahl der Bindemittelzusammensetzung erreicht.

Die Erhöhung der Packungsdichte führt, bei Wahl einer möglichst widerstandsfähigen Gesteinskörnung, ebenfalls zu einer Minimierung des Schadensrisikos infolge eines lösenden Angriffs.

Grundsätzlich existieren in Österreich derzeit keine Prüfverfahren zur direkten Beurteilung des chemischen Angriffs an unterschiedlichen Betonrezepturen. Auf Basis von langjährigen Erfahrungen sind Anforderungen an Betonzusammensetzungen bei gewissen definierten chemischen Angriffsarten definiert. Im Rahmen eines von der FFG geförderten Projektes wurde untersucht, welches Verfahren zur Beurteilung einer gleichwertigen Beständigkeit von alternativen Betonrezepturen gegen lösenden Angriff im Labormaßstab am besten geeignet ist.

Zur Simulation eines lösenden Angriffs wurden zwei Betonrezepturen in Anlehnung an die Expositionsklasse HL-SW (bzw. XA3L, gemäß ÖNORM B 4710-1) und eine Betonrezeptur in Anlehnung an die Expositionsklasse XA2L (gemäß ÖNORM B 4710-1) hergestellt. Es erfolgte die Verwendung von Gesteinskörnungen mit karbonatischen, quarzitischen und dolomitischen Ursprung.

Wasser-Bindemittel-Werte von 0,31 (HL-SW bzw. XA3L) bzw. 0,45 (XA2L) wurden mit Portlandzement CEM I 42,5N WT 27 C₃A-frei (430 kg/m³) unter Zugabe von Mikrosilika (47 kg/m³) sowie mit Portlandhüttenzement CEM II/A-S 42,5N WT 27 C₃A-frei (430 kg/m³) unter Verwendung von hydraulisch wirksamen Zusatzstoff (47 kg/m³) bzw. mit Portlandhüttenzement CEM II/A-S 32,5R (320 kg/m³) mit unter Verwendung eines hydraulisch wirksamen Zusatzstoffes (51 kg/m³), bestehend aus Hüttensand, Kalkstein und Flugasche, eingestellt.

Die Lagerung von Probekörpern bei konstantem pH-Wert (4,0 – 4,5 für Rezepturen HL-SW bzw. XA3L, 4,5 – 5,5 für Rezepturen XA2L) erfolgte einmal in verdünnter Essigsäure, ein weiteres Mal in verdünnter Salpetersäure.

Nach und während der Lagerung der Betonproben wurden ausgewählte Prüfungen durchgeführt, welche die Beurteilung einer gleichwertigen Beständigkeit gegen lösenden Angriff ermöglichen sollen.

In Abbildung 1 sind beispielhaft nach Lagerung ermittelte Massenverluste von Probekörpern in Abhängigkeit von der Gesteinskörnungsart dargestellt.

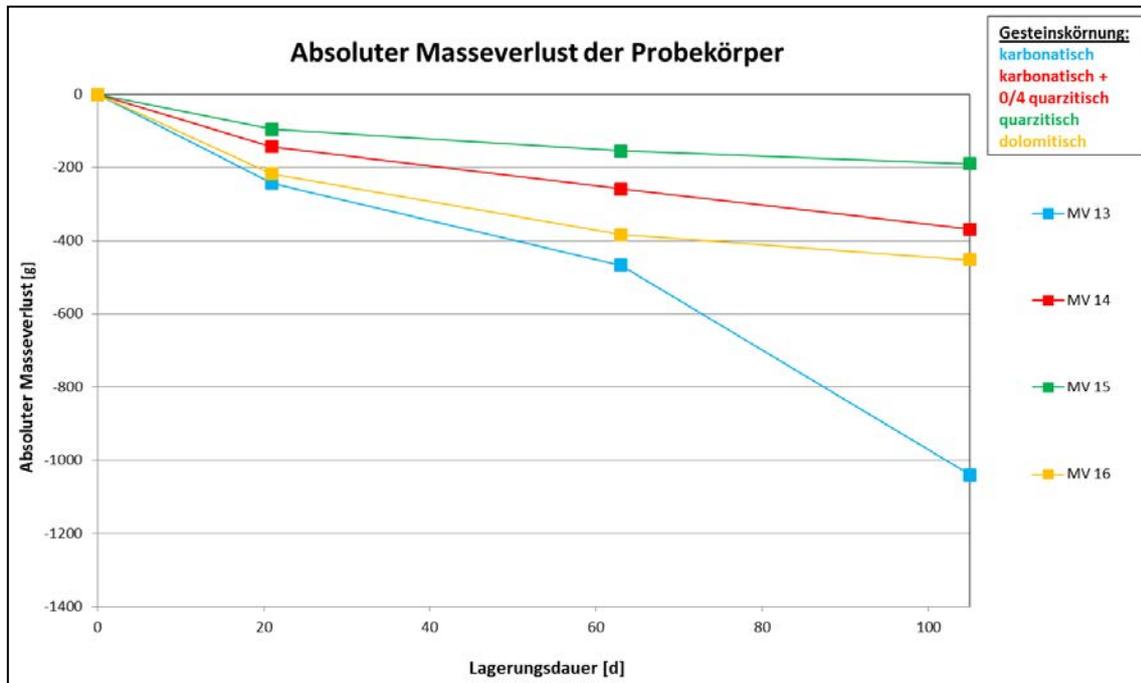


Abbildung 1: exemplarisch: ermittelte Massenverluste infolge lösenden Angriffs

Ein Zusammenhang zwischen der aus dem Beton ausgelösten Masse infolge des chemisch simulierten Angriffs und der verwendeten Gesteinskörnungsart ist, bei u.a. gleicher verwendeter Bindemittelmatrix, zu erkennen. So zeigt sich, dass der Masseverlust bei den Probekörpern mit einer karbonatischen Gesteinskörnung ab einer Lagerungsdauer von 60 Tagen stark zunimmt.

Eine neue Konstruktionsmethode für Doppelwandelemente aus hochfestem bzw. ultrahochfestem Beton

Untersuchungen zur Schubtragfähigkeit in der Verbundfuge

Philipp Preinstorfer, Johann Kollegger

Technische Universität Wien – Institut für Tragkonstruktionen

Forschungsbereich für Stahlbeton- und Massivbau

Karlsplatz 13, E 212-2

A-1040 Wien, Österreich

philipp.preinstorfer@tuwien.ac.at



1. Einführung

Fertigteile in Form von Doppelwänden sind leistungsfähige und weit verbreitete Bauteile im Bauwesen. Die Wandplatten der vorgefertigten Doppelwandelemente werden in Dicken von 50-70 mm hergestellt. Diese Abmessungen ergeben sich einerseits aus der erforderlichen Betondeckung zur Außenseite, um die Bewehrung vor Umwelteinflüssen zu schützen und eine entsprechende Verbundwirkung zu erzielen, sowie andererseits aus der erforderlichen Verankerung der Verbindungsmittel der Doppelwandelemente. Durch die Verwendung von hochfestem Beton (HPC) oder ultrahochfestem Beton (UHPC) für die Herstellung der Doppelwandelemente ist es möglich, die Betondicken auf weniger als 30 mm zu reduzieren.

2. Doppelwandelemente aus UHPC

Die Materialforschung in Bezug auf hochfeste bzw. ultrahochfeste Betone hat in den letzten Jahren weitreichende Fortschritte vollzogen. Demgegenüber steht jedoch die Tatsache, dass das tatsächlich erschlossene Anwendungsgebiet für diese Hochleistungsbetone noch sehr beschränkt ist, was vor allem an den fehlenden normativen Regelungen, sowie auch an dem verhältnismäßig aufwendigem und damit teurem Herstellungsprozess liegt. Ungeachtet dessen sind ein mögliches Anwendungsgebiet für diese Hochleistungsbetone die hier vorgestellten Doppelwandelemente aus HPC/UHPC.

Hochleistungsbetone (high performance concretes / ultra high performance concretes) besitzen, wie der Name bereits impliziert, neben den sehr hohen Festigkeiten noch zahlreiche andere Eigenschaften, die sie gegenüber Normalbetonen abgrenzen. Allen voran sei hier das überaus dichte Gefüge des Betons erwähnt, welches zu exzellenten Dauerhaftigkeitseigenschaften führt. Dadurch ist es möglich die erforderliche Betondeckung von Betonbauteilen bei Verwendung von Hochleistungsbetonen auf ein Minimum zu reduzieren.

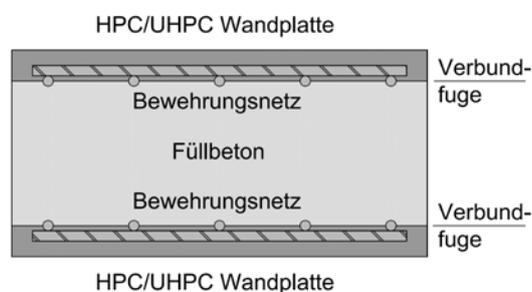


Abb. 1 Konstruktionsprinzip einer neuartigen Doppelwand aus HPC/UHPC

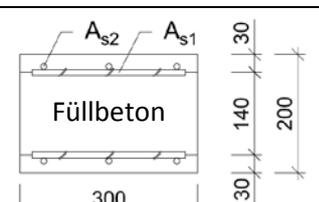
Ein Nachteil dieser Betone für das hier vorgestellte Bauteil liegt in den sehr fein abgestimmten Bestandteilen der Zuschlagsstoffe, die als Resultat eine sehr glatte Oberfläche zur Folge haben. Die übertragbare Schubkraft in den Fugen ist maßgeblich von der Oberflächenbeschaffenheit abhängig (Schubkraftübertragung zufolge Adhäsion sowie Reibung [1]). Dadurch ist es nicht möglich einen entsprechenden Verbund zwischen den Wandplatten aus HPC/UHPC und dem Füllbeton aus Normalbeton herzustellen. Eine künstliche Verzahnung soll dieser Problemstellung Abhilfe schaffen.

Die Grundidee sieht vor, dass die erforderliche konstruktive Bewehrung in den vorgefertigten Doppelwandelementen nur zum Teil in die äußeren Wandplatten eingebettet ist und somit aus den Wandplatten in den Füllbeton ragt (siehe Abb. 1).

3. Untersuchungen zur Schubtragfähigkeit in der Fuge

Um die in Kap. 2 getroffenen Annahmen zu überprüfen, wurden Scherversuche im Labor des Instituts für Tragkonstruktionen durchgeführt. Der Versuchsaufbau wurde in Anlehnung an bereits durchgeführte Scherversuche an der TU München [1] entwickelt (siehe Abb. 2 links).

Das Versuchsprogramm kann in Tab. 1 abgelesen werden. Variiert wurden jeweils die Einbindetiefe der Bewehrung sowie der Bewehrungsdurchmesser. Um einen Referenzwert zu erhalten, wurde Versuchskörper VK 1 gänzlich unbewehrt ausgeführt.

Versuchskörper (Grundriss)	Bewehrung		Einbindetiefe [mm]	
	Quer (A_{s1})	Längs (A_{s2})		
	1	/	/	
	2	Ø 14/75	Ø 8/75	3,00
	3	Ø 10/75	Ø 10/75	5,00
	4	Ø 10/75	Ø 10/75	10,00
	5	Ø 10/75	Ø 10/75	15,00

Tab. 1 Versuchsprogramm – Scherversuche Versuchsreihe 1

4. Versuchsergebnisse

Die Versuchsauswertung konnte die theoretischen Überlegungen weitestgehend bestätigen. Der unbewehrte Referenzkörper VK1 versagte bereits bei einem Lastniveau von 30 kN [Abb. 2 rechts - A]. Das Versagen stellte sich schlagartig ein nachdem die Adhäsion überwunden war, da aufgrund der glatten Oberfläche keine Reibungskraft aktiviert werden konnte. Versuchskörper VK 3 zeigte die besten Ergebnisse. Die übertragbare Schubkraft von ~ 125 kN infolge Adhäsion und mechanischer Verzahnung [Abb. 2 rechts - B] konnte weiter gesteigert werden, bis der Versuchskörper schließlich bei ~ 475 kN [Abb. 2 rechts - C] versagte. Diese erhöhte Schubtragfähigkeit in der Fuge ist im Wesentlichen auf den Aufbau einer Reibung infolge der künstlichen Verzahnung der Fuge zurückzuführen.

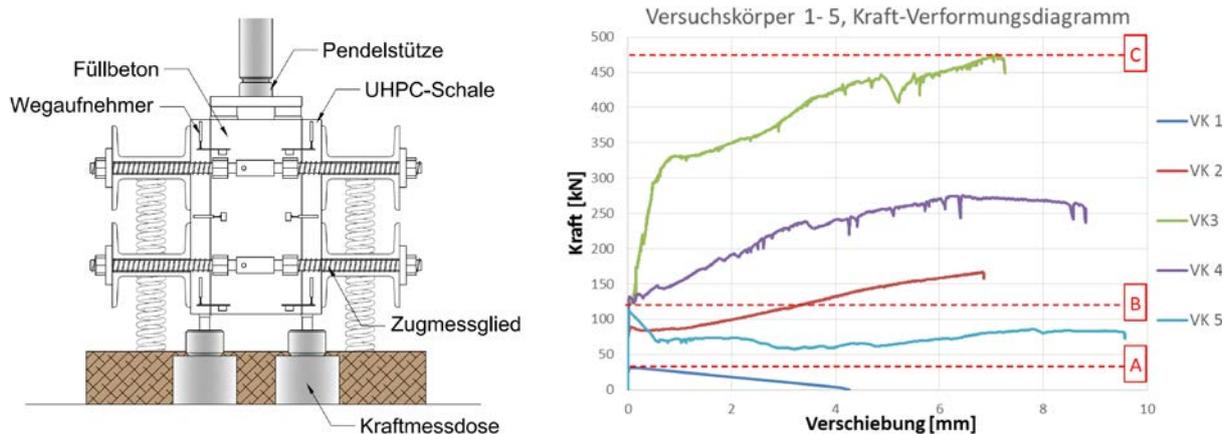


Abb. 2 links Versuchsaufbau Scherversuch rechts Kraft-Verformungsdiagramm VK 1-5

Literatur:

- [1] N. Randl, *Untersuchungen zur Kraftübertragung zwischen Alt- und Neubeton bei unterschiedlichen Fugenrauigkeiten*, Innsbruck, 1997.
- [2] R. Reinecke, *Haftverbund und Rissverzahnung in unbewehrten Betonschubfugen*, München, 2004.

ENTWICKLUNG EINER HOLZ-BETON-VERBUNDECKE

Alexander Barnaš

Die geschichtlich gewachsene Trennung der Baukonstruktion in klassische, materialspezifische Gewerke (Holzbau, Mauerwerks- und Betonbau, Stahlbau) verliert bei heutigen Ingenieuren immer mehr an Bedeutung – Glas, Stahl, Holz und Beton werden zukünftig vermehrt entsprechend ihrer jeweiligen Materialeigenschaften und Vorteilen kombiniert. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen haben sich zwei führende Unternehmen der österreichischen Fertigteilindustrie, die Mayr Melnhof Holz AG und die Kirchdofer Fertigteilholding, zu einem Joint Venture zusammengeschlossen: in der MMK Holz Beton Fertigteil GmbH wird das Know-how beider Firmen zusammengeführt und für die weitere Entwicklung des Holz-Beton-Verbundbaus genutzt.

In einem ersten Schritt werden in einem 3-jährigen Forschungsprojekt universell einsetzbare, standardisierte und industriell gefertigte Holz-Beton-Verbundplatten entwickelt. Bislang ist der Holz-Beton-Verbundbau eine Nische, die meist projektbezogen, in technisch kaum standardisierten Formen und nur für spezifische Anforderungen angewendet wird.

Die nunmehr entwickelte XC - Decke kombiniert die positiven Materialeigenschaften von zugfestem Holz und druckfestem Beton in idealer Weise. Pilotprojekte haben gezeigt, dass die XC - Deckenelemente sowohl im konstruktiven Holzbau, als auch bei klassischen Massivbauten eingesetzt werden können. Derzeit werden Vergleichsuntersuchungen unterschiedlicher Deckenbauweisen, wissenschaftlich begleitet durch die TU Graz, ausgewertet. Dabei hat sich bereits bestätigt, dass die vorgefertigten XC - Deckenelemente das Potential haben ein hohes Maß an Marktakzeptanz zu erreichen. Ihr Einsatz in der Baubranche soll ähnlich selbstverständlich werden, wie heute die Verwendung von vorgespannten Hohldielen oder verleimten Brettsperrholzplatten.

Ein neuartiges Konzept für Türme von Windenergieanlagen

Ilja Fischer, Maria Charlotte Schönweger, Johann Kollegger

*Technische Universität Wien – Institut für Tragkonstruktionen
Forschungsbereich für Stahlbeton- und Massivbau
Karlsplatz 13, E 212-2
A-1040 Wien, Österreich
Ilja.fischer@tuwien.ac.at*



Die Forderung nach einer Energiewende führte dazu, dass immer mehr Strom aus nachhaltigen also erneuerbaren Energiequellen wie der Windenergie gewonnen werden soll. Deshalb werden immer mehr Windenergieanlagen (WEA) mit immer höheren Energieförderleistungen errichtet. Dies bedeutet jedoch unweigerlich, dass die WEA, üblicherweise als Turmbauwerke ausgeführt, mit immer höheren Nabenhöhen errichtet werden müssen. Die damit steigende dynamische Belastung macht somit die Ermüdung zu einem maßgebenden Bemessungskriterium. Bei der heutzutage üblichen Bauweise für große WEA werden Turmbauwerke aus vorgespannten vollwandige Stahlbetonfertigteilen errichtet. Diese weisen die jedoch eine geringeren Ermüdungswiderstand im Vergleich zu einer Ort betonbauweise auf. Nichtsdestotrotz, hat sich die Fertigteilbauweise auf Grund der schnellen Montage und der daraus resultierenden Wirtschaftlichkeit am Markt etabliert.

Aus diesem Grund wird derzeit am Institut für Tragkonstruktionen der TU Wien eine Bauweise für Türme von Windenergieanlagen aus Halbfertigteilen entwickelt. Das Bauverfahren soll die Vorteile der Ort betonbauweise (hohe Dauerfestigkeit) mit jenen der Fertigteilbauweise (Wirtschaftlichkeit) kombinieren, um effizient Türme mit großen Nabenhöhen errichten zu können. Hierbei soll der Einsatz von einfachen handelsüblichen Doppelwandelementen (DWE) diese neue Bauweise charakterisieren. Die einzelnen Elemente sollen dabei zu einem sich verjüngenden Turmbauwerk mit polygonalem Grundriss zusammengesetzt werden. Das Turmbauwerk soll sich aus Ringsegmenten zusammensetzen, welche am Boden aus einzelnen Doppelwänden zusammengesetzt werden, die im weiteren Verlauf übereinander positioniert einen Turm ergeben. Bei der Planung der DWE kann die Geometrie so optimiert werden, dass der Transport auf die Baustelle so einfach wie möglich realisierbar ist. Dort angekommen setzt man die DWE auf einem Vormontageplatz zu Segmente zusammen. Hierbei können die Elemente mit einem vordefinierten Winkel geneigt werden. Das erste Segment wird direkt auf einem vorher hergestellten Fundament platziert. Die weiteren Segmente werden mit drei, in den Doppelwänden integrierten, Blöcken auf den vorhergehenden positioniert. Die Lagerung auf drei Punkten erlaubt es etwaige Herstellungsauigkeiten in der Neigung des Turms auszugleichen. Nach dem Platzieren jedes einzelnen Segments wird dieses ausbetoniert und dadurch mit den vorhergehenden Segmenten fest verbunden. Das Heben und das Verfüllen, der bereits fertig montierten Segmente, soll dabei in solch einer Arbeitsgeschwindigkeit erfolgen, dass es sich um einen kontinuierlichen Prozess handelt. Dadurch soll ein bewehrter Füllbeton ohne Fugen entstehen.

Bei der vorher beschriebenen Bauweise ergeben sich einige technische sowie statisch konstruktive Herausforderungen. Zu diesen zählt die statisch konstruktive Verbindung der einzelnen Wände untereinander. Diese muss eine geforderte Formstabilität gewährleisten, so dass das eingerichtete Segment, während des Hebens mit dem Kran sowie während der Betonage nicht unzulässig deformiert wird. Dies kann über Schweißverbindungen, welche an den Seiten der Außenschalen der DWE angeordnet sind, bewerkstelligt werden. Des Weiteren müssen die vertikalen sowie horizontalen Fugen die sich zwischen den Elementen bzw. Segmenten ergeben so abgedichtet werden, dass der Füllbeton nicht ausrinnen kann. Hierfür können entweder Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) Profile oder Mörtel für die vertikalen und eine Schalung für die horizontalen Fugen verwendet werden.

Auch das Einbringen der Anschlussbewehrung zwischen den Elementen bzw. Segmenten in horizontaler als auch vertikaler Richtung ist mit geometrischen Herausforderungen verbunden, die mit Seilschlaufen als nachgiebige Bewehrung bewältigt werden können. All diese Details wurden im Zuge der Errichtung eines ca. 16 m hohen Prototypen ausgetestet, siehe Abb. 1.



Abb. 1 Prototyp errichtet mit dem neuen Bauverfahren für Turmbauwerke aus Doppelwandelementen

Dieses Bauverfahren ist vor allem für WEA mit Nabenhöhen größer als 100 m von Interesse. In diesem Sektor wirtschaftlich sinnvoll und vorherrschend sind Türme aus vollwandigen Betonfertigteilen. Sie haben die Nachteile, dass einerseits spezialisierte Fabriken notwendig sind, um die schalen- bzw. ringförmigen vollwandigen Fertigteile herzustellen und andererseits die maximale Geometrie der Teile durch das Verkehrsnetz (z.B. Brückendurchfahrtshöhen) limitiert ist. Durch das Ausreizen der maximal möglichen Fertigteilgrößen müssen die vollwandigen Elemente mit kostspieligen Sondertransporten an den Bestimmungsort gebracht werden und eine etwaige Lagerung erfordert viel Fläche. Im Gegensatz hierzu können DWE derzeit an vielen Standorten produziert werden. Der Transport erfolgt mit üblichen Sattelschleppern. Da die Elemente eben sind können sie sowohl im Werk als auch auf der Baustelle platzsparend gelagert werden. Ein Vergleich der zu hebenden Segmentmassen zeigt, dass die Segmente aus DWE maximal ein Drittel der vollwandigen Segmente wiegen und dadurch bei gleichem Gewicht drei Mal so hohe Segmente versetzt werden können bzw. kleineres Hubgerät verwendet werden kann. Natürlich ist man durch die Verwendung von Ortbeton wetterabhängig, jedoch erhält man im Vergleich zu der Vollfertigteilbauweise, die über die vertikale Vorspannung standsicher ist, eine Bauweise die durch ihren monolithischen Kern und die schlaffe Bewehrung auch ganz ohne Vorspannung bemessen werden kann und somit bei gleichem Materialverbrauch einen höheren Ermüdungswiderstand aufweist.

Nach den bisherigen Erfahrungen durch den Bau des Prototyps ist zu erwarten, dass das beschriebene Herstellungsverfahren einer kurzen Bauzeit bedarf, wirtschaftlich ist und sich somit neben den bisher üblichen Bauweisen etablieren kann. Der Bau des Prototyps wurde durch eine finanzielle Unterstützung im Rahmen der Prototypenförderung „PRIZE“, abgewickelt durch die „austria wirtschaftsservice“ GmbH, ermöglicht.

Cooperative Leichtbeton Werbegemeinschaft GmbH
A-1061 Wien, Gumpendorferstraße 19 - 21
Kontaktperson: DI Thomas Schönbichler
Mobil: 0664 423 77 52, e-mail: thomas.schoenbichler@aon.at
www.leichtbeton.at
FN 185356 h UID: ATU48450705



**An das
Forschungsinstitut der Vereinigung
Der Österreichischen Zementindustrie
Reisnerstrasse 53
A- 1030 Wien**

Kontaktperson: DI. T.Schönbichler

Betrifft: Anmeldung zu einem Kurzbeitrag beim Kolloquium am 4.11.2015 zu dem
Forschungsprojekt „Absorptionsbeton – Abschluss des Projektes zum Schutz von Perso-
nen und Bauwerken“

ein, von der FFG als Branchenprojekt gefördertes und im Juni 2015 abgeschlossenes Projekt.

„Absorptionsbeton – Abschluss des Projektes zum Schutz von Personen und Bauwerken“
Der ursprüngliche Beweggrund: Schäden an Personen und Bauwerken hat an Aktualität nicht verloren, im Gegenteil.

Durch verschiedene Umstände steigen nicht nur die Belastungen durch den Verkehr, sondern auch die Auswirkungen durch Verkehrsunfälle und extreme Naturereignisse, wie es der Sommer des Jahres 2015 zeigt. Wesentlich dabei ist, dass im Gebirge die, bisher über den Sommer gefrorenen Felschichten immer tiefer auftauen und damit der Sprengkraft in Folge der Frost und Tauwechsel immer mehr Vorschub leisten. Die konkrete Bauherrnseitige Fragestellung an die Cooperative Leichtbeton Werbegemeinschaft GmbH und die PORR-TM/TE mit dem Ansatz, derart auftretende kinetische Energie, wie sie bei solchen Geschehnissen frei gesetzt wird, mit Hilfe von Leichtbetonen zu dissipieren, zeigt hiermit ihre weitreichende Bedeutung. Der zweite Fokus bei diesem Projekt richtete sich auf die weit höheren Anforderungen zum Schutz von Personen bei Anprallereignissen. Sowohl die Ergebnisse aus dem ersten Teil wie auch die Überlegungen im zweiten Teil dieser Projektreihe sollen letztendlich dazu beitragen, bei Gebäuden und auch Personen eine Verminderung der Auswirkungen bei Auf- und Anprallereignissen zu ermöglichen.

Im Interesse der Sicherheit

Das Thema ist für die Verantwortlichen der öffentlichen Hand natürlich weiterhin von großem Interesse wie die aktive Mitarbeit von Vertretern der ÖBB, der ASFINAG und des Landes Salzburg in einem Steuerrungsausschuss zeigt. Im Oktober 2013 wurde der Cooperative Leichtbeton Werbegemeinschaft GmbH als Förderwerber die Bewilligung zu dem mit 60% von der FFG geförderten Projekt erteilt. Als Sponsoren trugen die Leichtgesteinshersteller Liapor und Technopor, Der Textilfaserhersteller Lenzing AG und der Zusatzmittelhersteller BASF einen Teil der erforderlichen Barmittel bei. Die Firmen KFTH (Kirchdorfer Fertigteilhaolding), Porr AG und Aichinger Hoch- u. Tiefbau GmbH brachten den ebenso bedeutenden Beitrag der sogenannten Inkind- Leistungen ein. Als Wissenschaftliche Partner wurden die TU-Graz, Abteilung VSI und die Universität Innsbruck, AB Materialtechnologie gewonnen, die technische Betreuung erfolgt durch das Büro Dr. W. Lindlbauer.

Die vorrangigen Ziele dieses Projektes waren die Weiterentwicklung der, aus dem Vorgängerprojekt gewonnen hochenergieabsorbierenden Leichtbetonzusammensetzungen, die Steigerung der Effizienz des Absorptionsverhaltens durch die Erhöhung des Absorptionsweges und die Neuentwicklung einer Prüfform, die eine Beurteilung der Wirksamkeit des erhöhten Absorptionsweges möglich machte. Dazu sollte das bereits entwickelte Simulationstool die Beweise für die Wirksamkeit der Maßnahmen bringen. Neben den technischen Aspekten sind dabei auch vergleichende wirtschaftliche Aspekte mit berücksichtigt worden.

Dynamische Prüfungen als Auswahl für die Verbesserung

Zuerst wurde an Hand von Mörtelversuchen eine selektive Auswahl von unterschiedlichen Fasertypen vorgenommen, die dann in die Verbesserung der Leichtbetonzusammensetzungen – in Hinblick auf Anrissverhalten – einfluss. Mittels eines neu entwickelten Prüfstandes war es unter Laborbedingungen möglich, die unterschiedlichen Materialkennwerte zu erfassen. Diese so erhaltenen Kennwerte dienen, neben den quasistatischen Werten, als Eingangsparameter für das bereits entwickelte Simulationsprogramm, um Anprallereignisse simulieren zu können.

Neue Prüfform und Leichtbetonzusammensetzungen im Großversuch

Neben den theoretischen Elementen stellten auch bei diesem Projekt die praktischen Umsetzungsversuche einen wesentlichen Teil dieses Projektes dar. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf die großtechnische Reproduzierbarkeit, auf die Fördererbarkeit und die Verarbeitbarkeit der im Labor entwickelten Leichtbetonzusammensetzungen gelegt. Zu diesem Zwecke wurden die neuen Prüfkörper im Maßstab 1:3 in drei unterschiedlichen Werken hergestellt. Es zeigte sich, dass sowohl die Mischung der Re-

zepturen mit teilweise sehr hohen Luftgehalten, als auch die Verarbeitung in einem Fertigteilwerk, einem Transportbetonwerk und einem Kleinsteinwerk kein Problem darstellten. Die Erkenntnisse aus den Laborversuchen zur Vermeidung von Rissen an den Hohlkörpern wurden auch bei den Großversuchskörpern erfolgreich umgesetzt und müssen auch bei künftigen Entwicklungen berücksichtigt werden. Bei der Produktion der ausgewählten Rezepturen wurden nach wenigen Adaptionsmaßnahmen bei der Dosierung, wurden die Zielvorgaben erreicht und die Großversuchskörper konnten mit einer ansprechenden Optik hergestellt werden.

Die Simulation für die Praxis

Ein wesentlicher Bestandteil dieses Projektes war, zwei Anwendungsbeispiele nämlich den Aufprall eines Steinschlages auf eine Galerie und der Anprall eines Fahrzeuges zu simulieren. Dank unbeschreiblich vieler Rechenstunden und Kapazitäten sind diese auch gelungen. Die Simulation eines Anpralls von einem Fahrzeug zeigt im Vergleich zu einer starren, normalen Betonwand, eine Verbesserung der negativen Beschleunigung von rund 50%. Dabei stellt die zusätzliche Verlängerung des Absorptionsweges einen wesentlichen Sicherheitsgewinn dar.

Freifallversuche als Ergänzung

Nicht zuletzt auch aus diesem Grund entschlossen sich die Projektteilnehmer, besser gesagt die Forschungspartner, aus eigenen Mitteln Freifallversuche zusätzlich durchzuführen. Von der Univ Innsbruck wurde dazu eine Aufprallvorrichtung konstruiert, um die Kraft, die nach dem Aufprall auf den Boden trifft oder durchschlägt erfassen zu können. Auf dem Werksgelände der Fa. Aichinger wurde eine Betonkugel mit 43 cm Durchmesser aus 6 m Höhe auf die zuvor hergestellten Großversuchskörper fallen gelassen. Dabei wurden folgende, zum Teil erwartete Beobachtungen gemacht:

- Je „weicher“ die Leichtbetonzusammensetzung ist, desto mehr bricht der Probekörper in sich zusammen, umso kleiner die Bruchteile.
- Je „spröder“, desto mehr „birst“ der Großversuchskörper, umso größer die Bruchteile.
- Je elastischer der Großversuchskörper konstruiert ist, desto mehr tritt der „rebound“ Effekt ein.

Der Leitfaden für zukünftige Entwicklungen

Es ist das erklärte Ziel dieser Projektreihe, die Basis für zukünftige Produktentwicklungen auf dem Gebiet der Absorption von kinetischer Energie zu legen. Es wurden Rezepturen, Prüfmethode, Prüftechniken, Prüfkörper, Simulationsprogramme entwickelt und viele Großversuche durchgeführt. Der Leitfaden stellt nicht nur die Ergebnisse anschaulich zusammen, es werden auch Anleitungen für die Formulierungen von Anforderungen, Eigenschaften und Ausschreibungen gegeben. Die Ergebnisse stehen der Branche – von der öffentlichen Hand bis zum Produzenten - frei zur Verfügung. Die Cooperative Leichtbeton Werbegemeinschaft GmbH als Antragsteller hilft Ihnen dabei gerne beratend bei der Umsetzung.

Autoren und Vortragende:

Cooperative Leichtbeton Werbegemeinschaft GmbH

A-1061 Wien, Gumpendorferstraße 19 - 21

Kontaktperson: DI Thomas Schönbichler

Mobil: 0664 423 77 52, e-mail: c.leichtbeton@aon.at

www.leichtbeton.at

PORR AG

Technologiemanagement | Technologieentwicklung

7. Haidequerstrasse 1, 1110 Wien

Kontaktperson: DI Christian Rauch

Mobil: 0664 626 59 77, e-mail: christian.rauch@porr.at

Großversuchskörper



Fallversuche



Druckmessplatte



Erhaltung und Sicherheit alternder Infrastruktur

DI Dominik Prammer, AIT Mobility Departement (Vortragender)
Prof. Dr. Alfred Strauss, BOKU Institut für konstruktiven Ingenieurbau
DI Dr. Marian Ralbovsky, AIT Mobility Department
DI Dr. Stefan Lachinger, AIT Mobility Department
Projektpartner: MA29 Brückenbau und Grundbau

Allgemeines und normative Grundlagen

Ein Großteil des Brückenbestandes aus Stahlbeton in Österreich wurde in den 60er, 70er und 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts gebaut. Aufgrund des Alters und anderer vielfältiger Gründe müssen viele dieser Brücken in den nächsten Jahren und Jahrzehnten instandgesetzt werden. Gute Strategien für die Instandhaltung und Konservierung dieser Bauten sind daher von herausragender Bedeutung. In Österreich stehen für die Begutachtung, Prüfung und Erhaltung im Wesentlichen drei Normenwerke zur Verfügung: die RVS 13.03.11 [1] (Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten), die RVS 15.02.11 [2] (Entwurf und Planung, Planungsgrundlagen, Vorkehrungen zur Brückenprüfung und -erhaltung) und die Richtlinie der Österreichischen Vereinigung für Beton- und Bautechnik zur „Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton“ [3]. International sind jedoch neue Regelwerke auf dem Vormarsch, wie der FIB Model Code 2010 [4]. Von Interesse ist nun wie diese Normen grundsätzlich aufgebaut sind und inwiefern sie sich unterscheiden bzw. decken.

Die Grundgedanken zur Planung erhaltender Maßnahmen sind in der ÖBV Richtlinie wie auch im Model Code 2010 äußerst ähnlich. Sie beruhen auf dem Sichten von Bestandsunterlagen, dem Erstellen einer Bestandsaufnahme, der Durchführung von Bauwerksinspektionen wie auch der Beurteilung der Kausalitäten und Entwicklung von Schäden in der Vergangenheit und Zukunft. Die Bestandsaufnahme wird in Österreich auf Basis der RVS 13.03.11 durchgeführt, welche eine laufende Überwachung der Funktionsfähigkeit wie auch periodische Kontrollen und Prüfungen umfasst. Das Instandhaltungsmanagement für neue wie auch bestehende Bauten nach Model Code 2010 ist in Abb. 1 dargestellt. Es wird hier vor allem deutlich dass der Model Code 2010 verstärkt auf ein Life-Cycle-Management setzt. Dies zeigt sich einerseits dadurch dass die Dokumentation sämtlicher Aktionen in der sogenannten „Service Life File“ oder dem „(Re-) Birth Certificate“ von großer Wichtigkeit ist, da diese auch die Basis der Entscheidungsfindung von Instandhaltungsmaßnahmen darstellt. Das „Service Life File“ enthält unter anderem Information und Daten zur: Bauwerksklasse und Instandhaltungsstrategie; Verweise zu wichtigen Institutionen, Plänen und Informationen über die das Bauwerk umgebende Umwelt; Details welche den Inspektions- und Evaluierungsprozess betreffen (beispielsweise Verschlechterungsraten von Schäden, Monitoringdaten, usw.); Details zu Ausführung und Planung von Instandhaltungsmaßnahmen und Orientierungswerte welche die Dauerhaftigkeit des Objekts betreffen. Allgemein kann gesagt werden dass die Daten eine Vorhersage und Bewertung des aktuellen und zukünftigen Brückenzustandes zulassen sollten. Weiters wird im Gegensatz zu gegebenen Regelwerken jede neue Bautätigkeit sofort nach deren Fertigstellung inspiziert um auch diesen Zustand festzuhalten. Andererseits wird der Ingenieur bereits in der Planungs- und Bauphase dazu aufgefordert sich genauere Gedanken bezüglich der Bauwerksklasse, der Inspektions- und Instandhaltungsstrategie zu machen.

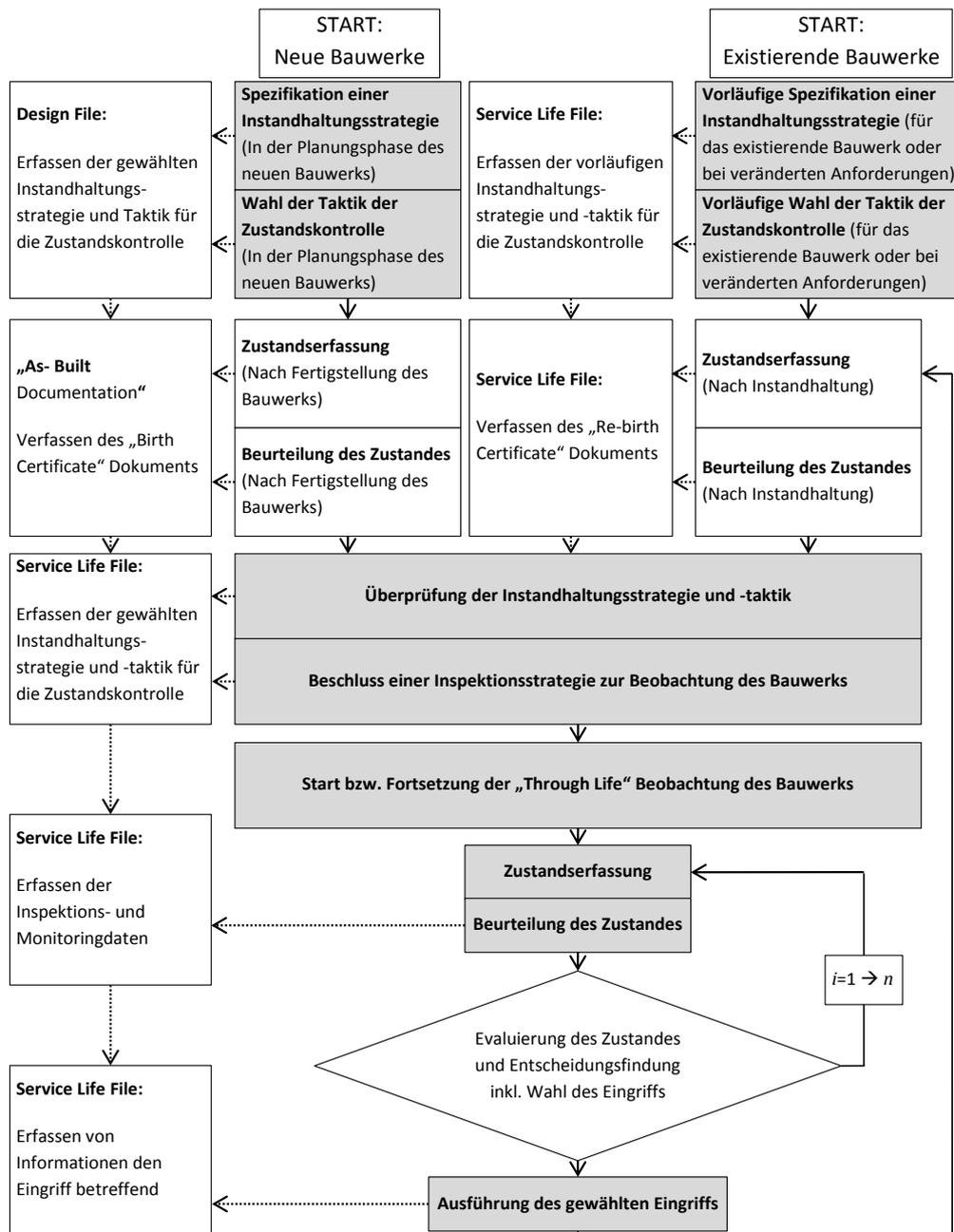


Abb. 1. Instandhaltungsmanagement nach Model Code 2010

Beispiel der Zustandserfassung an einer Brücke mit Korrodierenden Bauteilen

Die Beurteilung des Zustandes in Bezug auf die Dauerhaftigkeit und die Tragfähigkeit des Bauwerks ist von herausragender Bedeutung, das erfordert wie eingangs beschrieben eine geregelte Datenerfassung und Dokumentation. Derzeit wird vom Mobility Departement des AIT gemeinsam mit der Universität für Bodenkultur ein Framework ausgearbeitet welches die Bewertung des aktuellen wie auch zukünftigen Zustands von Brücken zum Ziel hat. Als erstes Beispiel wurde an einem bestehenden Brückenbauwerk (Abb. 3), welches bereits Korrosionsschäden aufweist, flächig die Betondeckung bestimmt und eine Potentialfeldmessung (Abb. 2) vorgenommen. Außerdem wurden punktuelle Aufnahmen zur Feststellung der Betongüte, des Chloridprofils und der Karbonatisierungsfrent gemacht. Korrelationen zwischen punktuellen und flächig verfügbaren Daten wurden untersucht um im nächsten Schritt eine Vorstellung des flächigen Bewehrungszustandes und Chloridgehaltes des Betons zu bekommen.

Zu diesem Zeitpunkt kann bereits eine sehr detaillierte Bewertung der Struktur durchgeführt werden. Die vorhandenen Informationen ermöglichen aber auch eine Vorhersage der Schadensentwicklung auf Basis von empirischen Korrosionsmodellen. So kann ein Überschreiten von relevanten Grenzwerten prognostiziert werden, was wiederum als Entscheidungshilfe für Instandhaltungsmaßnahmen dienen kann. Diese Grenzwerte können einerseits rein die Dauerhaftigkeit des Stahlbetons betreffen wie z.B. den Chloridgehalt in der ersten Bewehrungslage, andererseits können aber auch Grenzwerte welche die Tragfähigkeit der Struktur betreffen definiert werden, das wäre beispielsweise ein minimaler verbleibender Stahlquerschnitt der Bewehrung oder eine maximal tolerierbare Verbundabnahme durch Korrosion. Zur Festlegung dieser Grenzwerte bzw. zur Abschätzung der Auswirkung bestimmter Schäden ist die Verwendung eines Finite-Elemente Modells der Brücke bzw. eines repräsentativen Abschnittes nötig, welches die Simulation bestimmter Szenarien ermöglicht.

In dieser Fragestellung kooperieren das Mobility Department des AIT (Austrian Institute of Technology), das Institut für konstruktiven Ingenieurbau der Universität für Bodenkultur und die MA 29 (Brückenbau und Grundbau).

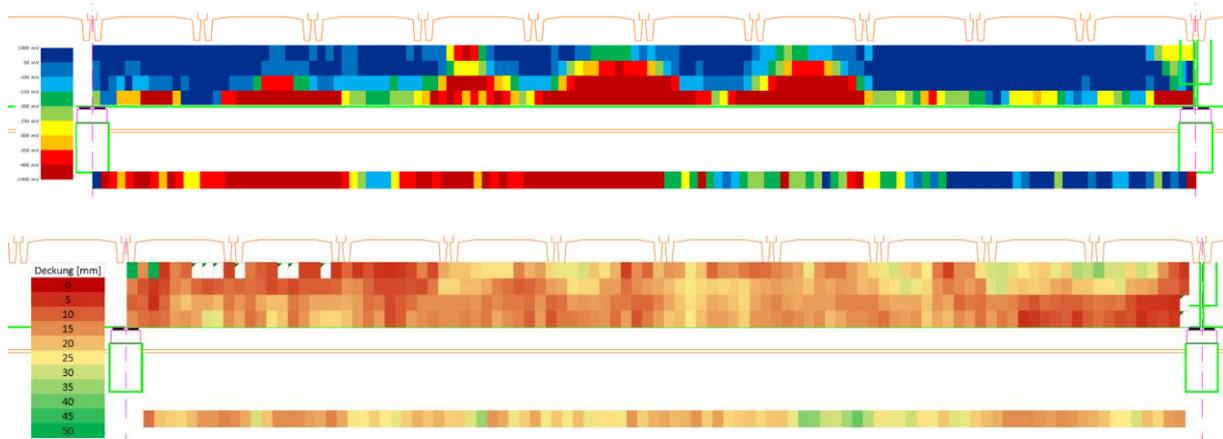


Abb. 2 Darstellung der Potentialfeldmessung (oben) und der Betondeckung (unten) an einem Unterzug



Abb. 3 Schadensbilder der korrodierenden Bauteile

- [1] RVS 13.03.11: *Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten - Straßenbrücken*, 2011
- [2] RVS 15.02.11: *Vorkehrungen zur Brückenprüfung und -erhaltung*, 2003
- [3] ÖBV - ÖSTERREICHISCHE BAUTECHNIK VEREINIGUNG: *Richtlinie: Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton*, 2014
- [4] FIB-FEDERATION INTERNATIONALE DU BETON: *Model Code for Concrete Structures 2010* : John Wiley & Sons, 2013 — ISBN 978-3-433-03061-5