

## VÖZ – Kolloquium 2010

# Forschung und Entwicklung für Zement und Beton

Text | Johannes Steigenberger, [www.zement.at](http://www.zement.at)

Bilder | © VÖZfi



Dr. Johannes Steigenberger, Leiter des Forschungsinstitutes der österreichischen Zementindustrie bei der Eröffnung

Am 3. November 2010 fand das Kolloquium „Forschung und Entwicklung für Zement und Beton“ in der Wirtschaftskammer Österreich statt. Das Kolloquium erfreut sich seit Anbeginn stetig steigender Beliebtheit als High-Tech-Börse der Betontechnologie und Betonanwendung. Das beweist die Teilnehmerzahl: Mit rund 350 Teilnehmern war es das bisher größte und best besuchte Kolloquium seit Bestehen. Stark war auch das internationale Interesse an der Veranstaltung, die Teilnehmer kamen aus Deutschland, der Schweiz, Ungarn und Kroatien.

Der Baustoff Beton zählt mit seinem wichtigsten Ausgangsstoff – Zement – nicht umsonst zum weltweit meist verwendeten Baustoff. Und seine Möglichkeiten sind bei weitem noch nicht ausgeschöpft, vor allem bei Anwendungsmöglichkeiten, die auf der Basis traditioneller Bauweisen neue Zusatznutzungen aufzeigen, z. B. für die Klimatisierung von Gebäuden. Davon zeugte auch im Vorfeld die Preisverleihung zum Wettbewerb „Energiespeicher Beton“ durch Frau Bundesminister Doris Bures.

Für das rege Interesse an unserer Veranstaltung sorgten nicht zuletzt die Vortragenden mit ihren fundierten und aktuellen Beiträgen. Besonders erfreulich ist hier die Zusammenarbeit zwischen Industrie, Wissenschaft und Wirtschaft. Die vielen Anfragen und Rückmeldungen, sowie das große Interesse an den Beiträgen haben uns veranlasst, die Vorträge in Kurzform ins Internet zu stellen ([www.zement.at](http://www.zement.at)) und damit eine Übersicht über die Veranstaltung zu geben.

Die Beiträge des Kolloquiums 2010 waren den folgenden Schwerpunkten:

- Neue Bauverfahren / Technologien
- Neue Zemente, Bindemittel und Zusatzmittel
- Entwicklungen und Baupraxis zuzuordnen.

Die im Folgenden angeführten Kurzfassungen einiger Beiträge sollen die breite Streuung der Themen demonstrieren und zeigen auf, dass die Themen „Zement und Beton“ uns zukünftig weiter beschäftigen werden.

*DI Dr. Johannes Steigenberger,  
Forschungsinstitut der VÖZ*

## Ermüdungsverhalten der Verbundfuge zwischen Aufbeton und Brückentragwerk

Brückenbauwerke werden einer Vielzahl von Lastwechseln ausgesetzt, die ein Ermüden der Werkstoffe hervorrufen können, wobei es bei Beton noch sehr viele Unklarheiten bezüglich der genauen Einflüsse bzw. der Betonschädigung durch Ermüden gibt. An der TU Wien geht man dem Ansatz nach, bei Spannbetonbrücken die schlaffe Bewehrung wegzulassen und auf die Brückenabdichtung zu verzichten. Als Fahrbelag und Verschleißschicht wird eine unbewehrte Betondecke direkt auf die aufgeraute Oberfläche des vorgespannten Tragwerks aufbetoniert.

Um Informationen über das Tragverhalten zu erlangen, wurden Ermüdungsversuche mit 4 Mio. Lastwechseln an vorgespannten Betonträgern mit einer unbewehrten Betonschubfuge durchgeführt (Abb. 1). Für die experimentelle Untersuchung wurden vier Probekörper erstellt, die sich durch die Parameter

- Oberflächenrauigkeit der Verbundfuge (rüttelrau oder rechenrau mit HDW)
- Beanspruchung des Aufbetons (Biegedruck oder Biegezug) unterscheiden.

Die Versuchskörper wurden einer Dauerschwingbelastung ausgesetzt und danach durch Aufbringen einer statischen Last bis zum Erreichen der Traglast beansprucht. Die Belastung für den Dauerschwingversuch wurde gemäß ÖNORM EN 1992-1-1 ausgelegt. Von Interesse war, ob die Verbundfuge die auftretende Schubbeanspruchung auch nach 4 Millionen Belastungswechsel noch aufnehmen kann, bzw. ob Anzeichen einer Ermüdung feststellbar sind.

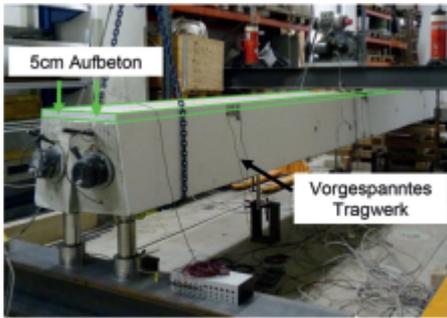


Abb. 1: Versuchsaufbau

Die Kernaussage der Versuche ist, dass es weder bei der Dauerbelastung noch bei dem statischen Versuch zu einer messtechnisch erfassbaren bzw. optisch sichtbaren Schädigung der Verbundfuge gekommen ist. Die Schubkräfte konnten ohne nennenswerten Fugenversatz durch Haftverbund und Reibung übertragen werden. Auf die unterschiedliche Oberflächenbehandlung der Verbundfuge der Versuchskörper weisen keine Anzeichen hin. Bei einer Beanspruchung des Aufbetons auf Biegezug wurde durch den vorgespannten Tragwerksbeton eine günstige Risse verteilende Wirkung erzielt. Durch das Aufbringen der Mittellast vor dem Schwingversuch wurden Risse in der Aufbetonschicht erzeugt, die sich teilweise während des Schwingversuchs und später im statischen Versuch in den Tragwerksbeton fortgesetzt haben.

Die Zunahme der Verformung in Feldmitte mit fortschreitender Dauer des Ermüdungsversuches ist eher auf Kriechen durch die erforderliche Mittellast als auf eine Schädigung durch die Ermüdungslastwechsel zurückzuführen.

Somit weist das System einer Spannbetonbrücke mit integriertem Fahrbelag ohne Verbundmittel in der Fuge bei sorgfältiger Ausführung sehr gute Eigenschaften hinsichtlich Ermüdung, Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit (Rissbreite und Rissabstände) auf.

*Autoren: DI Johannes Berger;  
o.Univ.-Prof. DI Dr.-Ing. Johann  
Kollegger, M.Eng., TU Wien*

### Tunnelauskleidung aus geschliffener weißer Spritzmörtelschicht

Ein ausreichender Hellbezugswert, eine gute Reinigungsfähigkeit und eine glatte Oberfläche sind wesentliche Eigenschaften von Tunnelanstrichen, es treten jedoch immer wieder Schadensfälle (z. B. Ablöseerscheinung) auf. Als eine mögliche Lösung bietet sich eine zementgebundene weiße Spritzmörtelschicht an, welche einerseits alle relevanten Oberflächeneigenschaften erfüllt und andererseits in ihrer Beständigkeit vergleichbar mit herkömmlichen Konstruktionsbetonen ist.

Die Nachweisführung der geforderten Eigenschaften erfolgte in mehreren Stufen beginnend mit der Materialauswahl, der Beurteilung der Verarbeitbarkeit, den Frischbetonkennwertbestimmungen und abschließend der Ermittlung der Festbetoneigenschaften bzw. Reproduzierbarkeit. Parallel dazu wurde seitens der ausführenden Firma eine maschinentechnische Ausstattung zum Schleifen der aufgetragenen Spritzmörtel entwickelt.

Zur Beurteilung der Reinigungsfähigkeit wurden Probelplatten wiederholt künstlich verschmutzt und anschließend gereinigt. Abb. 2 zeigt die Herstellung der künstlichen Verschmutzung, Abb. 3 die Durchführung der Reinigung analog der Tunnelreinigung von Verkehrsbauwerken.

Die Beurteilungen wurden unter Praxisbedingungen an einem Versuchstunnel durchgeführt und erbrachten den Nachweis einer hohen Reproduzierbarkeit sowie der Einhaltung des Schwindmaßes. Zusätzlich konnte prüftechnisch eine



Abb. 2: Herstellung der künstlichen Verschmutzung



Abb. 3: Reinigung der Probelkörper

Gleichwertigkeit hinsichtlich Chloriddiffusion mit üblichen Konstruktionsbetonen belegt werden.

Die Ergebnisse der Bestimmung der lichttechnischen Kennwerte erfüllen die Anforderungen des in Österreich gültigen Regelwerkes RVS 09.02.41. Der festgestellte Helligkeitsverlust aufgrund der zyklischen Verschmutzung/Reinigung ist sehr gering, die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes ist durch einfaches Nachschleifen möglich.

Tunnelauskleidungen aus geschliffenen weißen Spritzmörtelschichten stellen eine effiziente und dauerhafte Alternative zu herkömmlichen Tunnelanstrichsystemen dar, da Sanierintervalle wesentlich verlängert werden können und aufgrund der maschinellen Arbeitsausführung bzw. der geringeren Anzahl an Arbeitsschritten nur kurze Tunnelsperren erforderlich sind.

*Autor: Mag. (FH) DI Dr. Stefan Krispel,  
Forschungsinstitut der VÖZ*

### Einfluss vom Temperatur und Schwinden auf Risse bei der Erhärtung des Betons

Ziel eines Forschungsvorhabens war es, einen Beton für wasserundurchlässige Bauwerke (Weiße Wannen) zu entwickeln, der trotz der Verwendung der üblichen für die Beständigkeit und den Baufortschritt erforderlichen Bindemittelgehalte und W/B-Werte eine geringere Rissneigung aufweist. Damit soll es möglich sein, zielsicher wasserundurchlässige Bauwerke mit weniger rissweitenbegrenzender Bewehrung herstellen zu können, bzw. die Gefahr der Wasserdurchlässigkeit dieser Bauteile durch schädliche Risse zu reduzieren.

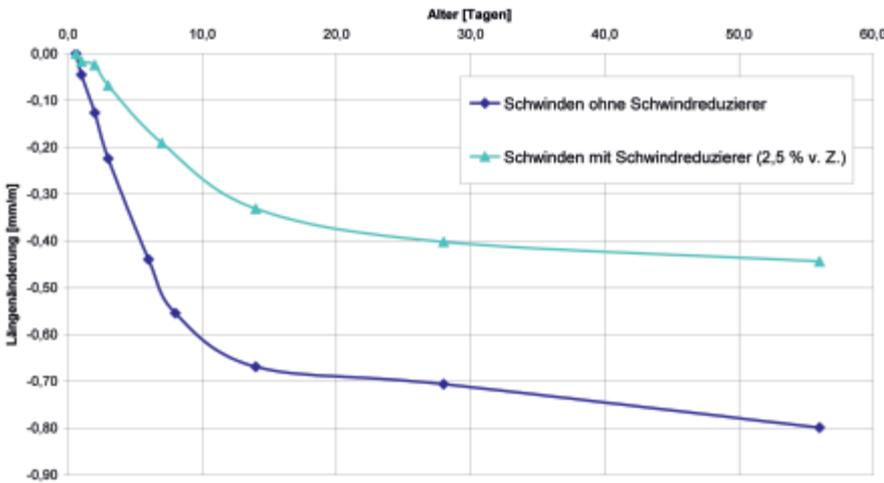


Abbildung 4: Schwinden von Mörtelprismen mit und ohne Schwindreduzierer bei identer Lagerung

Bei der Hydratation tritt meist der höchste Temperaturgradient bei der höchsten Temperatur im Bauteil auf. Beide Werte sind umso größer, je dicker das Bauteil ist. Die gesamte Hydratationswärme und somit die in einem Bauteil entstehende Höchsttemperatur ist weitgehend von Bindemittelgehalt sowie Bindemittelart abhängig. Zu Rissen kommt es, wenn die auftretende Zugspannung die zu diesem Zeitpunkt vorhandene Zugfestigkeit erreicht. Um oberflächennahe Risse durch Temperaturspannungen zu vermeiden, sind die Temperaturgradienten im Querschnitt, durch Schutz des Bauteils gegen zu rasche Abkühlung der Oberfläche, niedrig zu halten.

Schwinden im Beton wird dadurch verursacht, dass die bei der Hydratation entstehenden Reaktionsprodukte einen kleineren Raum einnehmen und dem Beton bei der Hydratation durch Verdunstung Wasser entzogen wird. Haupteinflussfaktoren des Schwindes sind daher Austrocknungsverhalten, Wassergehalt und Bindemittelgehalt des Betons.

Aufgrund der Anforderungen an die Beständigkeit können viele der auf die Rissbildung Einfluss nehmenden Parameter, wie erforderlicher Mindestzementgehalt und dessen Auswirkung auf Hydratationswärme und Schwinden, nicht wesentlich verändert werden. Im gegenständlichen Forschungsvorhaben wurde der Einfluss verringerter Schwindspannungen auf die zu schädlichen Rissen führenden Zwängspannungen

im Bauteil untersucht. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der Schwindversuche. Es ist zu erkennen, dass durch den Einsatz von schwindreduzierenden Zusatzmitteln die Schwindspannungen um knapp 50 % reduziert werden können.

Durch diese Versuche konnte gezeigt werden, dass bei nahezu unveränderten Betonfestigkeiten die durch Temperatur und Schwinden entstehende Zugspannung und somit die Rissgefährdung im Bauwerk deutlich reduziert werden kann.

Autor: DI Martin Peyerl, Forschungsinstitut der VÖZ

### Ökobilanz eines Autobahnabschnittes

Weltweit rückt die Verminderung des Ausstoßes von Treibhausgasen immer mehr in den Fokus der Politik. Im Jahr 2007 betrug die Zielabweichung in Österreich, unter Berücksichtigung des Emissionshandels sowie der Bilanz aus Neubewaldung und Entwaldung, noch immer rund 6,9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Die größten Verursacher sind

die Sektoren Industrie/produzierendes Gewerbe (30,5%) und Verkehr (26,1%).

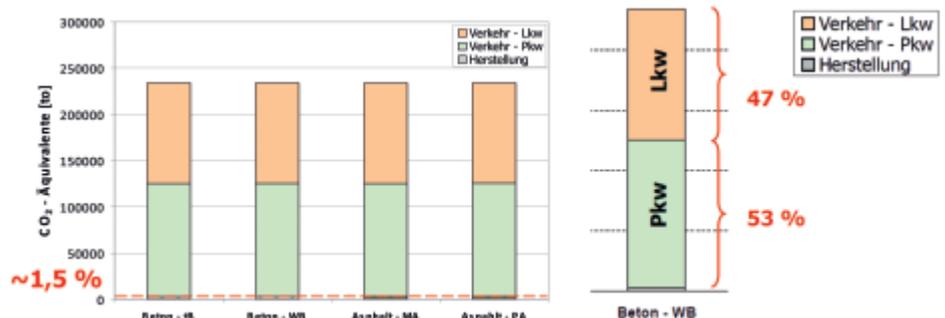
Die Bauindustrie ist bemüht ihren Beitrag zu leisten und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu senken, z. B. durch Nutzung möglicher Einsparungspotenziale im Autobahnstraßenbau.

In einer deutschen Studie [Milchowski, 2010] werden die potenziellen Umweltauswirkungen aus Herstellung und Nutzung eines 1 km langen Autobahnabschnitts mit vier unterschiedlichen Oberbauvarianten (verschiedene Betondecken und Asphaltdecken) in einer Ökobilanz miteinander verglichen, d.h. über eine Nutzungsdauer von 30 Jahren alle stofflichen und energetischen Beiträge der einzelnen Prozesse hinsichtlich des Treibhauspotenzials bilanziert.

Dabei zeigte sich, dass die Betonbauweise bei der Herstellung deutlich größere CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweist als vergleichbare Asphaltbauweisen (energieintensive Herstellung des Zements). Betrachtet man aber den Herstellungs- und Erhaltungsaufwand der beiden Bauweisen, dann besteht bei der Treibhausgasemission kein signifikanter Unterschied, was auf die wartungsarme Betonbauweise zurückzuführen ist.

Das größte Einsparungspotenzial liegt jedoch in der Reduktion des Treibstoffverbrauchs, da ungefähr 98,5 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der 30 jährigen Verkehrsbelastung resultieren (dabei macht der Schwerlastverkehr nur ca. ein Sechstel der Verkehrsbelastung aus, ist aber für 47 % der potenziellen Umweltauswirkungen verantwortlich. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Studien über den Einfluss der Oberflächeneigenschaften (Rollwiderstand, Unebenheit und

CO<sub>2</sub>-Emission während Herstellungs- und Nutzungsphase der untersuchten Bauweisen [Milachowski, 2010].



Steifigkeit) von Straßenbelägen veröffentlicht und zeigen, dass diese Parameter der Fahrbahn den Treibstoffverbrauch zwischen 5 und 10 % beeinflussen. Legt man diese Erkenntnisse auf die Ökobilanz um, würde eine 2%ige Reduktion der gesamten Verkehrsemission jene Emissionen, die durch Herstellung und Erhaltung verursacht wurden, aufwiegen. Demnach kommt einer „treibstoffsparenden“ Bauweise eine deutlich größere Bedeutung zu als bisher angekommen.

*Autor: DI Dr. Michael Wagner,  
Forschungsinstitut der VÖZ*

### Tribologische Analysen – Neue Methoden in der Oberflächenanalyse von Waschbeton

Tribologie ist seit 1966 als integraler Begriff für das Gebiet der „interagierenden, d.h. aufeinander einwirkenden Oberflächen unter Relativbewegung“ geprägt. Ein tribologisches System umfasst nach DIN 50320 vier Elemente: den festen Grundkörper; den festen, flüssigen oder gasförmigen Gegenkörper; den Zwischenstoff (Schmierstoff,

Staub, andere Verunreinigungen); das Umgebungsmedium (Luft, andere Gase, Vakuum, Flüssigkeiten). In Hinblick auf diese Definition können die Fahrzeuge auf der Fahrbahn als ein Tribosystem betrachtet werden. In einem vereinfachten Ansatz lässt sich die Griffigkeit auf 2 Hauptursachen zurückführen:

- tribomechanische Wechselwirkungen aus dem Kontakt Fahrbahn(-struktur) und Reifen(profil), wesentlich bestimmt durch verschleißbedingte Glättungseffekte, sowie
- inhärente (Mikro-)Aufrauung („Selbstscharfung“) der eingesetzten mineralischen Stoffe.

Die Untersuchung bzw. Charakterisierung der Fahrbahngriffigkeit als „Output“ eines Tribosystems kann in drei Gruppen unterteilt werden:

- A. Direkte Untersuchung von Reibungseffekten der betreffenden Materialkombination (Makrobereich);
- B. Strukturanalysen der Oberfläche (Mikrobereich);
- C. Chemische Untersuchungen (Nanobereich).

Kontaminationen der Fahrbahnoberfläche entsprechen im weitesten Sinne dem Zwischenstoff im Tribosystem. Während im Sinne der Griffigkeit die Wirksamkeit großer Mengen eines Zwischenstoffes (z.B. Regenwasser, Schneematch) vor allem stoffbezogene rheologische Parameter wesentlich sind, spielen im Übergang zu den Festkörpern (Fahrbahn bzw. Reifen) insbesondere Eigenschaften der Grenzflächen (zuweilen auch als „dritter Körper“ bezeichnet) eine Rolle. Bei der Beurteilung der Einflussfaktoren auf die Griffigkeit aus tribologischer Sicht werden alle Analysen von Experten im Kontext betrachtet. Die Interdisziplinarität der tribologischen Systembeurteilung findet hier ihren Einsatz.

*Autoren: DI Dr. Ameneh Schneider<sup>1</sup>,  
DI Dr. Johannes Böhm<sup>1</sup>,  
Prof. Friedrich Franek<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Austrian Center of Competence for Tribology, Wiener Neustadt, Austria

<sup>2</sup> Vienna University of Technology, Institute of Sensor and Actuator Systems, Vienna, Austria

**Die haben die Härte.**

Die Qualitätszemente von Lafarge.

[www.lafarge.at](http://www.lafarge.at)

**LAFARGE**  
bringing materials to life