

## FORSCHUNGSBERICHT 2016, OTH REGENSBURG

### AUTOREN MIT EINRICHTUNG

Wolfgang Kusterle, OTH Regensburg  
Dirk Sindersberger, OTH Regensburg

### TITEL

Betonfeuchtemodell für Tunnelinnenschalen in Österreich (TUNNELFEUCHTE)

### ABSTRACT

Die Feuchtigkeit in oberflächennahen Schichten der Tunnelinnenschalen ist neben der Temperaturentwicklung und Dehnungsbehinderung maßgebend für das Abplatzverhalten der Schale im Brandfall. Die Feuchte ändert sich mit den Umgebungsbedingungen. Die Feuchteverteilungen und Änderungen über den Jahreszyklus sind derzeit weitgehend unbekannt. Um ein Modell zu entwickeln ist es notwendig anhand zuverlässiger Messdaten einen Überblick über die Feuchteverteilung in Abhängigkeit des Tunnelklimas zu bekommen. Die Messung in verschiedenen Tiefenstufen im Tunnel und in der Klimakammer erfolgt mit spezifischen Sensoren und Datenerfassungseinheiten. Die Sensoren müssen für den Einsatz im Beton richtig ausgewählt und geschützt werden. Aufbauend auf diesen realen Messdaten soll dann ein bauphysikalisches Modell entwickelt werden.

### BERICHT

Tunnelbrände sind oft durch einen sehr raschen Temperaturanstieg und Brandtemperaturen über 1200°C gekennzeichnet. Die Innenschale ist dabei weitgehend dehnungsbehindert. Freie und chemisch gebundene Feuchte im Beton kann nicht schnell genug entweichen und führt zum Aufbau eines Drucks, der zu fortschreitenden explosivem Abplatzen von oberflächlichen Teilen und Schichten führen kann. Daher ist zur Beurteilung der gefährlichen Querschnittsschwächung der Feuchtegehalt im Beton ein wichtiges Entscheidungskriterium für den Einsatz von kostenintensiven Schutzmaßnahmen.

Die Feuchte im Beton ist nach längerem Bauwerksbestand hauptsächlich von den Umgebungsbedingungen, das heißt Relativer Luftfeuchte, Temperatur, Luftgeschwindigkeit und Spritz- bzw. Schadwasserzutritt abhängig (Abb. 1). Äußere Schichten folgen den jahreszeitlichen Schwankungen der Feuchte, Kernbereiche bleiben relativ konstant. Es ist wichtig die Feuchteverteilung über den Querschnitt zu ermitteln um später Versuchskörper (Abb. 2) z.B. nach ÖBV-Richtlinie „Erhöhter baulicher Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke“ dahingehend im Brandversuch untersuchen zu können.

Um das gefordertes Modell zu entwickeln ist es notwendig anhand zuverlässiger Messdaten einen Überblick über die Feuchteverteilung in Abhängigkeit des Tunnelklimas zu bekommen. Die Messung in verschiedenen Tiefenstufen im Tunnel und in der Klimakammer erfolgt mit spezifischen Sensoren und Datenerfassungseinheiten. Die Sensoren müssen für den Einsatz im Beton richtig ausgewählt und geschützt werden. Aufbauend auf diesen realen Messdaten soll ein bauphysikalisches Modell entwickelt werden.

Eine direkte Feuchtemessung im Betongefüge ist unter den geforderten Randbedingungen im Tunnel nach derzeitigem Kenntnisstand nicht zufriedenstellend möglich, da die meisten

Sensoren empfindlich auf flüssiges Wasser bzw. stark alkalische Wässer reagieren. In dem Vorhaben werden die lokalen Klimadaten in kleinen Bohrlöchern bestimmt und daraus der Feuchtegehalt in Massen-% abgeleitet.

Sensorsysteme mit kompakten Auswerte- und Speichereinheiten sollen in verschiedenen Tunnelsituationen und in Vergleichskörper in Klimakammern montiert werden (Abb. 3). Dadurch ist es möglich ein Bild über die Feuchteverteilung im Jahreszyklus in unterschiedlichen Tiefen zu bekommen. Außerdem kann der Einfluss der Betonrezeptur abgeschätzt werden. Mit den Daten kann eine Feuchteprognose mit einem bauphysikalischen Modell für Innenschalen mit Regenschirmabdichtung erstellt werden.

#### WEITERE INFORMATIONEN

Projektbeginn Sommer 2015

#### LITERATUR

1.  
KUSTERLE, Wolfgang et al:  
Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton. Straßenforschung Heft 544, Wien, 2004.
2.  
KUSTERLE, Wolfgang; LINDLBAUER, Wolfgang; ZEIML, Matthias; MUCHSEL, Herbert:  
Fire Resistance of Concrete Tunnel Linings – Conclusions from Large-Scale Tests.  
Proceedings ConMat 05, Vancouver 22-24. August, 2005.
3.  
ÖBV-Richtlinie: „Erhöhter baulicher Brandschutz mit Bauen für unterirdische Verkehrsbauwerke“ , Wien, April 2015.
4.  
EN 1991-1-2: Eurocode 1 – Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkung auf Tragwerke (konsolidierte Fassung); 2013 01 15.
5.  
Gruber, R., Oberhofer, M.: Feuchte in Tunnelinnenschalen. Bachelorarbeit, OTH-Regensburg, 11/2015.
6.  
Brameshuber, W.; Raupach, M.; Spörel, F.; Schröder, P.; Rahimi, A.; Dauberschmidt, C.; Warkus, J.; Reichling, K.: Beanspruchung von Bauwerksbeton in der Expositionsklasse XF2. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2013.

#### KONTAKTKASTEN

Fakultät Bauingenieurwesen, Labor für Betontechnologie, EnResBau

Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. habil. Wolfgang Kusterle

Ivan Paric, M.Eng.

Fakultät Elektro- und Informationstechnik, Labor für Sensorik

Prof. Dr. rer. nat., Dipl.-Phys. Mikhail Chamonine

Fakultät Elektro- und Informationstechnik, Mechatronic Research Unit

Prof. Dr. Gareth Monkman PhD, MSc

Dipl.-Phys. (Univ.) Dirk Sindersberger

Fakultät Allgemeinwissenschaften & Mikrosystemtechnik

Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Oliver Steffens

Geldgeber: FFG, ASFINAG BAU MANAGEMENT GMBH, ÖBB Infrastruktur AG

Kooperationspartner -

Projektlaufzeit in Monaten 24

Fördersumme 197.000.-

Link zur Projekthomepage -

BILD-, GRAFIKUNTERSCHRIFTEN, TABELLENÜBERSCHRIFTEN (INSG. MAX. 3)



Abb. 1: Die Verteilung der Feuchte in den Innenschalen von Verkehrstunnels ist noch weitgehend unbekannt.

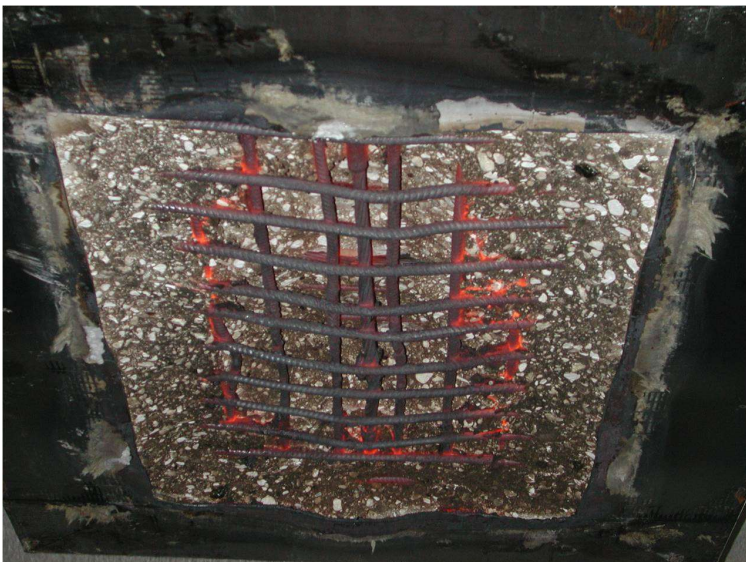


Abb. 2: Stahlbetonversuchsplatte nach Brandversuch mit tiefen Betonabplatzungen

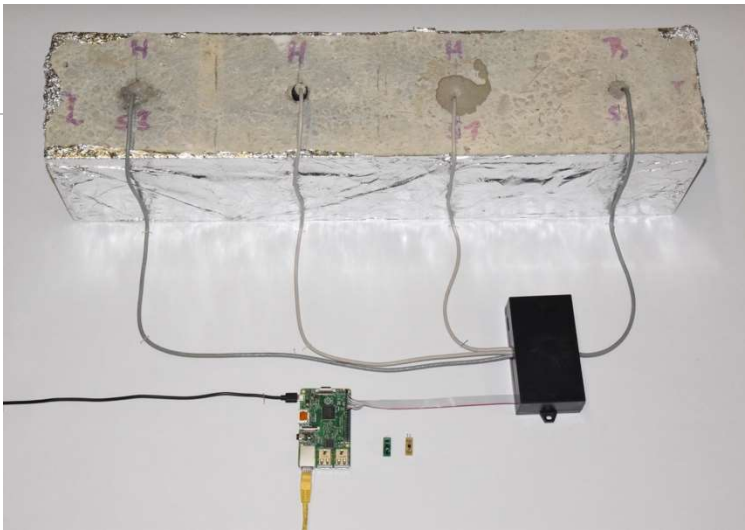


Abb. 3: Demonstrator mit Sensorsystem und Messdatenerfassung