
DIE SANIERUNG DES MARIENDOMS IN NEVIGES MIT CARBONBEWEHRTEM SPRITZMÖRTEL

THE RESTORATION OF THE MARIENDOM IN NEVIGES WITH CARBONREINFORCED SHOTCRETE

Sergej **Rempel**, Lehrstuhl und Institut für Massivbau, Aachen, Deutschland
Erich **Erhard**, Torkret GmbH, Essen, Deutschland
Heinz-Günter **Schmidt**, Torkret GmbH, Essen, Deutschland
Norbert **Will**, Lehrstuhl und Institut für Massivbau, Aachen, Deutschland

Die deutsche „Architektur-Ikone des 20. Jahrhunderts“ Gottfried Böhm hat in den 60er Jahren die Wallfahrtskirche „Maria, Königin des Friedens“ entworfen. Die Form der Kirche gleicht einem großen Faltenwerk. Aufgrund der komplizierten und monolithischen Gestalt waren genaue statische Berechnungen unmöglich. Die Folge sind Risse, die wasserführend sind und nicht durch Mörtel verpresst werden können, da eine ständige Bewegung stattfindet. Aus diesem Grund wurde ein Sanierungskonzept mit carbonbewehrtem Spritzmörtel entwickelt. Der gute Verbund der Textilien zum Mörtel sorgt für eine feine Rissverteilung. Somit wird der breite Riss in viele feine aufgeteilt. Die neue Rissbreite ist danach so fein, dass ein Selbstheilungsprozess stattfinden kann.

The German Architect-Icon of the 20th century Gottfried Böhm designed in the sixties the pilgrimage church “Maria, queen of peace”. The form of the church is a folded plate. Because of the complicated and monolithic shape no exact structural analysis was possible. Consequently, concrete cracks appeared, which are water-bearing and cannot be injected with mortar, because of steady movements. Therefore, a new restoration concept with carbon reinforced shotcrete was founded. The good bond-behavior between the textile reinforcement and the shotcrete leads to a fine distribution of the cracks. That means that one big crack can be spread into many small cracks. The width is so small, that a self-healing process can take place.

SCHALENTRAGWERKE AUS SPRITZBETON MIT TEXTILER BEWEHRUNG - AKTUELLE ENTWICKLUNGEN BEI BEMESSUNGS-, HERSTELL- UND PRÜFMETHODIK

SHELL STRUCTURES MADE OF SHOTCRETE WITH TEXTILE REINFORCEMENT – CURRENT DEVELOPMENT OF DESIGN-, PRODUCTION- AND TESTING METHODS

Jan **Bielak**, Lehrstuhl und Institut für Massivbau, Aachen, Deutschland
Josef **Hegger**, Lehrstuhl und Institut für Massivbau, Aachen, Deutschland

Mit Textilbeton bzw. Carbonbeton ist die Verwirklichung von besonders dünnwandigen, frei-geformten Schalenkonstruktionen im Neubau möglich. Die Verwendung von Spritzbeton erlaubt auf aufwändige, doppelwandige Schalungen zu verzichten und den lageweisen Aufbau von engmaschiger Bewehrung umzusetzen. Demonstrator-Projekte wie der Pavillon aus Hyperbolischen-Paraboloid-Schalen und die Tonnenschalen an der RWTH Aachen zeigten in der Vergangenheit bereits die Tauglichkeit der Bauweise und des Materials. Der vorliegende Beitrag diskutiert Aspekte der Bemessung, der Herstellung und der experimentellen Untersuchung anhand ausgeführter Projekte. Darüber hinaus werden Untersuchungen für eine gespritzte Textilbetonschale (Projekt NEST HiLo) vorgestellt.

Textile reinforced concrete and carbon concrete composites enable the implementation of especially thin, free-form shell structures for new structures. The use of shotcrete is one solution to avoid cost intensive double-walled formwork while using multi-layered small-meshed textile reinforcement. Lighthouse-Projects such as the pavilion made from hyperbolic paraboloid shells or the barrel-vault-shells at RWTH Aachen University revealed already the capability of the construction methods and the material. The present paper discusses aspects of design, production and experimental characterization for executed projects. Furthermore, current investigations for a sprayed concrete shell made of textile reinforced concrete (project NEST HiLo) are presented.

HERAUSFORDERUNG DER SPRITZBETONANWENDUNG BEI ÜBERDRUCKBAUSTELLEN AM BEISPIEL DES DRUCKLUFT- VORTRIEBES „TUNNEL KARL-FRIEDRICH-STRASSE“ IN KARLSRUHE

CHALLANGES OF WET MIX SHOTCRETE APPLICATION IN AN HYPERBARIC ATMOSPHERE, USING THE EXAMPLE OF THE TUNNEL KARL-FRIEDRICH- STRASSE IN KARLSRUHE

Thomas **Wechner**, BeMo-Tunnelling GmbH, Innsbruck, Österreich

Der Tunnelvortrieb unter der Karl-Friedrich-Straße muss, um das anstehende Grundwasser zu verdrängen, in einer Überdruckatmosphäre ausgeführt werden. Der ständig herrschende Überdruck im Vortriebsbereich stellt eine besondere Herausforderung an den Spritzbeton dar. Die erhöhten Anforderungen betreffen die Pumpbarkeit, die Luft- und Wasserdichtheit, sowie die hervorragende Verarbeitbarkeit. Um den Spritzbeton auf trockene, kohäsionslose Sande und Kiese der Ortsbrust auftragen zu können, wurde ein spezieller Vorspritzmörtel entwickelt. Dies machte ein schnelles und flächiges Anhaften des Betongemisches an das anstehende Gebirge möglich. Die notwendigen und gewünschten Spritzbetoneigenschaften erforderten die Beimengung von Kunststoffasern, Microsilica sowie eine Beschränkung des Größtkorns. Darüber hinaus mussten von Düsenführern genau definierte Spritzregeln bzw. vorgeschriebene Abläufe eingehalten werden. Die Anwendung und Entwicklung von Spritzbetone für Überdruckvortriebe ist einer der Schwerpunkte dieses Vortrages. Zudem wurden umfangreiche Untersuchungen zur Luftdichtheit der Spritzbetonschale durchgeführt. Der Einsatz effektiver Maßnahmen zur Abdichtung der Spritzbetonaußenschale hinsichtlich Druckluftverlusten wurde erprobt und großflächig umgesetzt.

The Tunnel Karl Friedrich Strasse is being executed by the means of the New Austrian Tunnelling Method in a hyperbaric atmosphere. The overpressure atmosphere creates special challenges for the wet mix shotcrete application such as pumpability, air- and watertightness as well as an excellent workability. To be able to apply shotcrete onto dry and noncohesive soil a novel shotcrete-mix was designed. This new mix guarantees a quick and plan sealing of the open face with an initial lining. By adding aggregates such as microsilica, synthetic fibers and optimizing the size of the grain, those new shotcrete properties could be achieved. In addition, special application procedures had been developed for the nozzleman. Furthermore, methods to seal the shotcrete lining had been tested and applied in great extent. The development and application of a new shotcrete mix, as well as sealing methods, will be the main content of this paper.

ENTWICKLUNG EINES STAHLFASERARMierten SPRITZBETONS FÜR DEN BAU VON DAMMRINGEN

DEVELOPMENT OF STEEL FIBER REINFORCED SHOTCRETE FOR THE CONSTRUCTION OF SEALING RINGS, SO-CALLED "DAMMRINGE"

Thomas **Müller**, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, München; Deutschland
Andreas **Schaab**, HOCHTIEF Infrastructure GmbH, TCC- Materials, Frankfurt, Deutschland

Der Tunnel Bad Cannstatt durchfährt mit beiden Einzelröhren unausgelaugten anhydrit-führenden Gipskeuper. In den Übergangsbereichen vom anhydritfreien zum anhydrit-führenden Gebirge sollen Abdichtungsbauwerke, so genannte Dammringe, errichtet werdend die verhindern sollen, dass Quellprozesse durch neue Wasserwegigkeiten in Gang gebracht werden. Die Abdichtungsbauwerke waren ursprünglich als bewehrte Ortbetonkonstruktionen mit einer Stärke von 1,0 m geplant und sollten die Spritzbetonschale auf eine Länge von 5 Metern unterbrechen. In der Ausführung werden diese Ortbetonbauwerke nun durch stahlfaserbewehrten Spritzbeton ersetzt werden. In relativ knapp bemessener Zeit wurde dazu eine den speziellen Anforderungen entsprechende Rezeptur entwickelt. Diese musste die Vorgaben für einen dauerhaften, dichten Spritzbeton erfüllen, der auch noch unter Beanspruchung möglichst frei von Rissen ist.

The "Bad Cannstatt Tunnel" passes with two single tubes through unleached gipskeuper containing anhydrite. Watertight structures have to be installed in the transition area between rock with and without anhydrite. The aim is, to prevent ground water from entering the rock, possibly causing swelling processes. A so-called "Dammring" a component of these watertight structures was originally planned as a reinforced in-situ concrete structure with a thickness of 1.0 m and a length of 5.0 m. In relatively short execution time all special requirements considered in the development of the corresponding concrete mix had to be incorporated. The concrete mix design should fulfill the requirements for a high durable and dense shotcrete, which will be free of cracks even under stress.

ENTWICKLUNG EINES KOMPRIMIERBAREN, SPRITZBAREN MÖRTELS ZUR ERZEUGUNG EINER STAUCHZONE FÜR DRUCKHAFTES GEBIRGE

DEVELOPMENT OF A COMPRESSIBLE SPRAYABLE MORTAR TO CREATE A COMPRESSION ZONE FOR SWELLING GROUND

Jürgen **Baumgärtner**, Deutscher Beton- und Bautechnik- Verein E.V., Berlin; Deutschland;
vormals Schretter & Cie GmbH & Co KG, Vils/Tirol, Österreich
Herbert **Zeller**, Schretter & Cie GmbH & Co KG, Vils/Tirol, Österreich
Arno **Goidinger**, DI Hans Goidinger - Bau + Leichtbeton GmbH, Wattens, Österreich

Aufgrund der erfolgreichen Anwendung des komprimierbaren Ringspaltmörtels Compex bei Tunnelbaustellen wurde von den Kunden der Wunsch geäußert, ein gleichwertiges spritzbares Material für den Ausbau der Karvernen oder Kreuzungsbereiche zu bekommen. Zusammen mit einem Schlitzputzhersteller aus Wattens wurde ein gleichwertiges Produkt entwickelt. Mit dem Produkt soll es möglich sein im Spritzverfahren bis zu 20 cm dicke Stauchzonen auch Überkopf zu spritzen. Durch solch ein Material, welches bis ca. 40% ohne signifikante Lastzunahme zusammengedrückt werden kann, würde die Last auf die Innenschale durch druckhaftes Gebirge stark absorbiert und die Dauerhaftigkeit der Innenschale durch die Vermeidung von Rissen stark erhöht.

The customers of the compressible annular gap mortar Compex requested an equivalent sprayable material for the expansion of caverns or intersections. Together with slit plaster manufacturer from Wattens an equivalent product was developed. With that product, it is possible to spray compression zones up to 20 cm thickness even overhead. Such a material, which can be compressed to approximately 40% without a significant load increase, the load on the inner shell would be strongly absorbed by swelling ground and the durability of the inner shell would be increased by the avoidance of cracks.

ENTWICKLUNG EINER ROBOTERGESTÜTZTEN SPRITZBETONTECHNOLOGIE ZUR SCHALUNGSLOSEN GENERATIVEN FERTIGUNG KOMPLEXER BETONBAUTEILE AM DBFL (DIGITAL BUILDING FABRICATION LABORATORY)

DEVELOPMENT OF A ROBOTIC SPRAYED CONCRETE TECHNOLOGY FOR GENERATIVE MANUFACTURING OF COMPLEX CONCRETE STRUCTURES WITHOUT FORMWORK

Eric **Herrmann**, ITE, TU Braunschweig, Deutschland
Hendrik **Lindemann**, ITE, TU Braunschweig, Deutschland
Harald **Kloft**, ITE, TU Braunschweig, Deutschland

Das Baugewerbe befindet sich im Umschwung. Die Einführung von Building Information Modeling (BIM) führt die Bauindustrie zwar planerisch ins digitale Zeitalter, doch wird die digitale Prozesskette auf der Baustelle noch nicht fortgeführt. Insbesondere die architektonische Freiheit und Präzision, die das digitale Entwerfen ermöglicht, kann mit den derzeitigen Bautechniken nicht umgesetzt werden. Die logische Konsequenz ist die Entwicklung neuer digitaler Fertigungsprozesse für das Bauwesen. In der Forschung am Institut für Tragwerksentwurf (ITE) der TU Braunschweig wird die Digitalisierung der Fertigung im Bauwesen seit Jahren vorangetrieben. Im Zentrum der Forschungen steht das sogenannte „Digital Building Fabrication Laboratory“ (DBFL), ein digital gesteuertes Fertigungszentrum für großformatige Bauteile, welches mit einem Schwerlastroboterarm und einer CNC-Fräse ausgestattet ist. Die nachfolgenden Ausführungen beschreiben Untersuchungen zur automatisierten Herstellung schalungsloser, komplexer Betonbauteile im Betonspritzverfahren. Die Untersuchungen sind Teil eines geförderten Verbundvorhabens des Landes Niedersachsen, an dem sechs Institute der Universitäten Braunschweig, Clausthal und Hannover beteiligt sind.

The construction industry is in the process of change. The introduction of “Building Information Modeling” is leading the construction industry into the digital era, though the digital process chain gets cut off at the construction site. Architectural freedom and precision, which are enabled by digital design, can hardly be achieved on construction site. The automation of the building process and the uncoupling of conventional formwork is the logical consequence. For this purpose, the Digital Building Fabrication Laboratory, which is equipped with a robot arm and a CNC-milling machine, was developed at the Institute for Structural Design. This paper describes the investigations made on the development of an automated manufacturing of complex concrete structures without formwork.

ENTWICKLUNG VON SPRITZBETONREZEPTUREN MIT STEUERBAREN EIGENSCHAFTEN FÜR DIE ROBOTERGESTÜTZTE ADDITIVE FERTIGUNG VON BETONBAUTEILEN

DEVELOPMENT OF SHOTCRETE MIXTURES WITH CONTROLLABLE PROPERTIES FOR THE ADDITIVE MANUFACTURING OF CONCRETE STRUCTURES

Niklas **Nolte**, iBMB, TU Braunschweig, Braunschweig, Deutschland
Maren **Heidmann-Ruhz**, INW, TU Clausthal, Clausthal, Deutschland
Hans-Werner **Krauss**, iBMB, TU Braunschweig, Braunschweig, Deutschland
Patrick **Varady**, iBMB, TU Braunschweig, Braunschweig, Deutschland
Harald **Budelmann**, iBMB, TU Braunschweig, Braunschweig, Deutschland
Albrecht **Wolter**; INW, TU Clausthal, Clausthal, Deutschland

In einem interdisziplinären Forschungsprojekt unter Beteiligung der TU Braunschweig, der TU Clausthal und der LU Hannover wird derzeit ein Verfahren zur additiven Fertigung komplexer Betonbauteile mit Hilfe der robotergestützten Spritztechnik entwickelt. Der Beitrag gibt einen kurzen Überblick über den Stand der Forschung im Bereich der additiven Fertigung und stellt das besondere Potential der robotergestützten Spritztechnik auch anhand von ersten Versuchsergebnissen heraus. Weiter werden die Anforderungen an zementbasierte Stoffsysteme für die additive Fertigung dargelegt, welche aus den einzelnen Prozessschritten und den angestrebten Bauteileigenschaften resultieren. Darauf aufbauend werden ein Konzept zur Realisierung der benötigten Materialeigenschaften sowie erste Ergebnisse der Materialentwicklung in dem laufenden Projekt vorgestellt.

At TU Braunschweig, TU Clausthal and LU Hannover the development of an alternative additive manufacturing method based on robot-aided fabrication is in process. In combination with shotcrete techniques new possibilities for the fabrication of free formed concrete elements with large dimensions (walls, etc.) are given. In this paper, a short state of the art regarding additive manufacturing processes is presented. The potential of a robot-aided shotcrete process is shown based on first test results. Furthermore, the requirements of cementitious materials arising from the manufacturing process and the aimed properties of the building components are discussed. A concept for the realization of the material requirements is introduced and first laboratory results are presented.

ERTÜCHTIGUNG VON MAUERWERKSBAUTEN MIT SPRITZBETON

SHOTCRETE FOR THE UPGRADE OF MASONRY STRUCTURES

Roland **Heere**, Metro Testing Laboratories Burnaby, Vancouver, Canada

Dieser Artikel bietet eine Übersicht über Erfahrungen mit Spritzbeton bei der Ertüchtigung von historischen Mauerwerksbauten in Vancouver, Kanada. Mauerwerksbauten aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts sind nicht darauf ausgelegt, einem realistisch zu erwartenden Erdbeben standzuhalten. Bewehrte Spritzbetonstützen und -wände werden daher sowohl in ein- als auch mehrgeschossigen Wohn-, Geschäfts- und Schulgebäuden zur Erdbebenertüchtigung eingebaut.

The paper presents the state-of-the-art in the seismic upgrade of historical masonry buildings using shotcrete, in Vancouver, Canada. Residential, commercial and school buildings erected in the early 1900's are not capable to resist seismic events expected to occur in the future. In order to strengthen such buildings, additional structural components like reinforced shotcrete walls or reinforced shotcrete columns are incorporated into the original structure. Shotcrete upgrades have been used for single- and multi-storey buildings.

MINIMIERUNG DES LOGISTISCHEN AUFWANDES IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TUNNELLÄNGE

MINIMIZATION OF THE LOGISTIC EFFORT DEPENDING ON THE LENGTH OF A TUNNEL

Dirk **Fischer**, Lenzburg, Schweiz

Tunnel- oder Schachtbaustellen, die Spritzbeton verarbeiten, sind in baustelleninterne und baustellenexterne Wertschöpfungsketten eingebettet. Die Industrieunternehmen und die baustelleninternen Werke, welche die Rohstoffe für die Spritzbetonproduktion herstellen und die untertägigen mobilen Baustellen als Endabnehmer des Produkts, sind in Form von Leistungsstellen in diese Wertschöpfungsketten integriert. Aufgrund des technologisch bedingten Rückpralls, der bei der Verarbeitung des Spritzbetons anfällt, entsteht ein komplexes Netzwerk aus Versorgung und Entsorgung. Logistiknetzwerke ermöglichen eine strukturierte Analyse der Wege zur Ver- und Entsorgung der Baustelle. Mittels Summenkurve soll aufgezeigt werden, welche Auswirkungen Projektanpassungen auf die Logistik haben.

Tunneling or manhole sites processing shotcrete are embedded in a value-added chain regarding site internal and external means. Industrial companies and production plants on site providing raw materials for the shotcrete production as well as the mobile underground sites acting as end-user of the product are integrated in this value-added chain via service facilities. The shotcrete rebound due to technology reasons creates a complex network consisting of supply and disposal management. Logistical networks offer structural analyses of different supply and disposal paths on the site. Via cumulative graph it shall be shown how location decisions impact on logistics.

BESTIMMUNG DER EXPERIMENTELLEN CALCIUM-AUSLAUGUNG AN SPRITZBETON-BOHRKERNEN: METHODENVERGLEICH UND UPDATE

DIFFERENT EXPERIMENTAL APPROACHES TO STUDY CA-LEACHING IN SPRAYED CONCRETE: COMPARISON OF METHODS AND UPDATE

Marlene **Sakoparnig**, Institut für Materialprüfung u. Baustofftechnologie, TU Graz, Österreich
Andre **Baldermann**, Institut für Angewandte Geowissenschaften, TU Graz, Österreich
Maria **Thumann**, Labor für Betontechnologie, OTH Regensburg, Deutschland
Florian **Mittermayr**, Institut für Materialprüfung u. Baustofftechnologie, TU Graz, Österreich
Wolfgang **Kusterle**, Labor für Betontechnologie, OTH Regensburg, Deutschland

Im Rahmen des FFG-Forschungsprojektes „Entwicklung neuer dauerhafter und nachhaltiger Spritzbetone (**A**dvanced and **s**ustainable **s**prayed concrete; ASSpC)“ werden Methoden zur Prüfung der Calcium-Auslaugung von Spritzbeton eingesetzt bzw. weiterentwickelt. Bestimmt wurde dafür das Reduzierte Versinterungspotential nach Regelwerken der Österreichischen Bautechnik Vereinigung und das Auslaugverhalten von Spritzbeton bei leichtem Säureangriff (Salpetersäure und Kohlensäure), um dauerhaftigkeitsrelevante Parameter im Bereich der Wechselwirkungen von Spritzbeton mit leicht sauren (Kohlensäure- und Nitrathaltigen) Oberflächen-, Grund- und Sickerwässern zu untersuchen und potentielle Schädigungsmechanismen zu identifizieren und zu quantifizieren. Die Vor- und Nachteile der verwendeten Prüfmethode zum lösenden Angriff werden in Bezug auf die Dauerhaftigkeit von Spritzbeton diskutiert.

In the course of the FFG-research project “Advanced and sustainable sprayed concrete (ASSpC)” different methods for testing the Ca-leaching behaviour are used and refined to investigate the extent of Ca-leaching from sprayed concrete. The test matrix includes the determination of the reduced sintering potential (so-called “Festlegung des Reduzierten Versinterungspotentials”) following the guidelines given by the Austrian Society for Construction Technology. The fate of aqueous Ca²⁺ ions is further evaluated based on leaching experiments performed under slightly acidic conditions (nitric acid, carbonic acid) in order to elucidate the physicochemical interaction mechanisms between sprayed concrete and carbonic acidic or nitrate bearing surface-, ground- and seepage waters. Advantages and disadvantages of the methods used for testing Ca-leachability in weak acidic media will be discussed with focus on the durability of (sprayed)-concrete.

SPRITZBETON AUS AUFBEREITETEM TUNNELAUSBRUCHSMATERIAL MIT REDUZIERTEM VERSINTERUNGSPOTENTIAL AM BEISPIEL DES BAULOSES KAT2

SPRAYED CONCRETE WITH RECYCLED EXCAVATION MATERIAL WITH REDUCED CALCITE PRECIPITATION CAPACITY ON CONSTRUCTION LOT KAT2

Rene **Stelzer**, Nievelt Labor GmbH, Stockerau, Österreich
Guido **Egger-Cresnik**, Materialprüfanstalt Hartl GmbH, Wolkersdorf, Österreich
Hanns **Wagner**, ÖBB Infrastruktur AG, Graz, Österreich

Bei den Vortriebsarbeiten des ca. 1000 m langen Rettungsraums des Koralmtunnels samt zugehörigen Querschlägen ist als Stützmittel ein Spritzbeton mit aufbereitetem Tunnelausbruchsmaterial vorgesehen.

Die vor Ort aufbereitete Gesteinskörnung weist einen hohen Wasseranspruch auf. Die langen Transportwege und Vortriebsarbeiten machen den Einsatz eines Betons mit einer Verzögerungszeit von 6 h notwendig. Zusätzlich zu diesen erschwerenden Randbedingungen herrschen beim Einbau Lufttemperaturen von ca. 25 – 35 °C, die gemeinsam mit Schichtsilikaten in den Gesteinskörnungen, einen unerwünschten Konsistenzverlust des Betons verursachen.

Auf Grundlage der ermittelten Prüfergebnisse kann geschlussfolgert werden, dass das Versinterungspotential der eingesetzten Mischung mit 0,70 kg/to zielsicher erreicht werden kann.

*For the 1000 m underground emergency stop of the Koralmtunnel including the cross-passages a shotcrete with crushed excavated material was designed. The concrete type according to the Austrian Guideline for Shotcrete is defined as:
SpC20/25/III/J2/XC4/GK8/RV0,7/VV6*

At first due to considerations concerning material management it was decided to use an external delivered sand 0/4 and course crushed excavated material. During the further process 100 % crushed excavated material (aggregates 0/3, 3/8) was used.

High water consumption due to aggregates including mica shists, long retardation times (because of long transport distances) and high ambient temperature of 25 to 35 °C called for a special admixture concept.

On the basis of the test results it may be expected, that the reduced calcite precipitation capacity of 0,70 kg/to will be reached.

INSTANDSETZUNG BOSRUCK-EISENBAHTUNNEL: ENTWICKLUNG VON SPRITZBETON MIT ERHÖHTEM WIDERSTAND GEGEN THAUMASIT-SULFATANGRIFF

REPAIR OF THE BOSRUCK RAILROAD TUNNEL: DEVELOPMENT OF SPRAYED CONCRETE WITH INCREASED DURABILITY AGAINST THAUMASITE SULFATE ATTACK

Florian **Mittermayr**, Institut für Materialprüfung u. Baustofftechnologie, TU Graz, Österreich
Maria **Thumann**, Labor für Betontechnologie, OTH Regensburg, Deutschland
Andre **Baldermann**, Institut für Angewandte Geowissenschaften, TU Graz, Österreich
Benedikt **Lindlar**, Sika Services AG, Zürich, Schweiz
Christian **Stenger**, Sika Technology AG, Zürich, Schweiz
Helmut **Huber**, Konsulent, Birgitz, Österreich
Eric **Bauer**, Bernegger GmbH, Molln, Österreich
Rudolf **Scheutz**, ÖBB-Infrastruktur AG, Linz, Österreich
Wolfgang **Kusterle**, Labor für Betontechnologie, OTH Regensburg, Deutschland

Im Bosruck-Eisenbahntunnel kam es in Folge von intensivem Sulfatangriff durch Thaumasitbildungen zu erheblichen Betonschäden. Bisher sieht das Regelwerk (ÖNORM B 4710-1 und ÖVBB-RL Spritzbeton) bei Sulfatangriff den Einsatz von C₃A-freien Bindemitteln vor – dies gilt auch für Spritzbeton. Untersuchungen haben gezeigt, dass C₃A-freier Zement keinen wesentlich verbesserten Widerstand gegen den Thaumasit-Sulfatangriff aufweist. Im Zuge der Tunnelinstandsetzung war es das vorrangige Ziel, Spritzbeton mit erhöhtem Widerstand gegen Thaumasit-Sulfatangriff und ausreichender Frühfestigkeit zu entwickeln. In diesem Beitrag werden neu entwickelte Mischungsansätze und deren Umsetzung im Labormaßstab vorgestellt. Die mechanischen Kennwerte dieser Rezeptur (z.B. Frühfestigkeitsentwicklung) sowie die Ergebnisse der Dauerhaftigkeitsuntersuchungen zeigen, dass eine Rezeptur mit optimiertem Bindemittelgehalt die hohen Anforderungen im Tunnel erfüllen kann. Die Erfahrungen aus der praktischen Umsetzung im Zuge der Instandsetzungsarbeiten des Bosruck-Eisenbahntunnels im Jahre 2016 waren positiv.

After facing serious concrete damage due to sulfate attack with massive thaumasite formation (TSA) the Bosruck railway tunnel was due for restoration. Previously, several studies have shown that shotcrete made on the basis of current standard regulations (ÖNORM B 4710-1 and ÖVBB-Guideline Sprayed Concrete) is insufficient to withstand TSA; thus, a new shotcrete mix was developed and used for the repair works. This newly developed shotcrete should have a higher resistance against TSA while still fulfilling the requirements in terms of workability and early strength development. This study reports results from lab spraying and durability tests as well as from onsite experience with this new shotcrete mix.

**AKTUELLE ENTWICKLUNGEN DER SPRITZBETONTECHNOLOGIE
UND SPRITZBETONBAUWEISE AM BRENNER BASISTUNNEL**

***CURRENT DEVELOPMENTS IN SHOTCRETE TECHNOLOGY AT THE BRENNER
BASE TUNNEL***

Tobias **Cordes**, Matthias **Hofmann**, Roland **Murr**, Konrad **Bergmeister**
Brenner Basistunnel BBT SE, Innsbruck, Österreich

Die Anforderungen an den Spritzbeton beim Bau des Brenner Basistunnels sind vielfältig und umfangreich. Verlängerte Dauerhaftigkeit, ökologische Betonrezepturen, ressourcenschonender Materialeinsatz und konsequentes Qualitätsmanagement sind Aspekte die kontinuierlich angepasst und optimiert werden. Der Beitrag gibt einen Überblick über aktuelle Entwicklungen beim Einsatz von Spritzbeton beim BBT.

Zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Spritzbetonschalen werden neben der Druckfestigkeit und der Wassereindringtiefe Untersuchungen zur Porosität und Gaspermeabilität einbezogen. Durch flächendeckende 3D Laser Tunnelscans, die eine umfassende Kenntnis der Schalenstärke liefern, werden die Dauerhaftigkeitsüberlegungen ergänzt. Die Beanspruchungen der Spritzbetontunnelschalen wurden mit neuen Materialmodellen durch Rückrechnungen ermittelt. Die mechanischen Eigenschaften des sehr jungen Spritzbetons, wie zum Beispiel E-Modul, Hydratationsschwinden und Kriechen wurden hierfür an Versuchskörpern aus dem Vortrieb bestimmt.

The requirements for shotcrete used for the construction of the Brenner base tunnel are manifold and extensive. Extended durability, ecological concrete formulations, resource-conserving use of materials and consistent quality management are aspects that are continuously adapted and optimized. The article provides an overview of current developments in the use of shotcrete at BBT.

In order to assess the durability of shotcrete linings, porosity and gas permeability studies are included in addition to compressive strength and water penetration depth. Durability considerations are supplemented by comprehensive 3D laser tunnel scans, which provide detailed knowledge of the shell thickness. The loading capacities of shotcrete linings are determined with new material models. The parameters for the very young sprayed concrete e.g. Young modulus, hydration shrinkage and creep are gained in laboratory experiments.

**SPRITZBETON MIT AUFBEREITETEM BÜNDNER SCHIEFER IM
BAUPROJEKT BRENNER BASISTUNNEL**

***SHOTCRETE WITH RECYCLED BÜNDNER SCHIST AT BRENNER BASE
TUNNEL***

Roland **Murr**, Matthias **Hofmann**, Tobias **Cordes**, Konrad **Bergmeister**
Brenner Basistunnel BBT SE, Innsbruck, Österreich

Im Baulos E52, Wolf II, wurde die Aufbereitung von Tunnelausbruch für die Herstellung von Spritzbeton umgesetzt. In dem Beitrag wird von Beginn der Aufbereitungskonzeption, der Rezepturfindung, über Beschleunigerversuche, Ausführung und Bewertung der Spritzbetonqualität mit Integration der Bauteilprüfung aufgeführt, wie in Zusammenspiel mit Planer, Bauausführenden, Geotechnik, Bauüberwachung und Bauherrn eine optimierte Lösung für eine Verwendung von aufbereiteten Tunnelausbruch zur Spritzbetonherstellung umgesetzt wurde. Erweitert werden diese Überlegungen mit der Betrachtung des Einflusses des aufbereiteten Materials und des Spritzbetons auf das Deponievolumen.

In the construction lot E52, Wolf II, the preparation of tunnel excavations for the production of shotcrete was implemented. From the beginning of the preparation concept, the determination of the recipe, accelerator tests, execution and evaluation of the shotcrete quality with integration of in-situ testing, the article describes how an optimized solution for the use of recycled tunnel excavation for shotcrete production was implemented in cooperation with the planner, building contractor, geotechnics, construction supervision and client. These aspects are expanded by examining the influence of the recycled material and the sprayed concrete on the volume of the deposit.

Schriftlicher Beitrag

SPRITZBETONFESTIGKEITSMESSUNG MIT THERMOGRAFIE AM BEISPIEL DES TUNNELS OBERAU (B2)

STRENGTH MEASUREMENT USING THERMAL IMAGING (SMUTI) AT OBERAU TUNNEL (B2)

Hermann **Weiber**, matrices engineering GmbH, München, Deutschland
Katrín **Runtemund**, matrices engineering GmbH, München, Deutschland
Karsten **Läufer**, Marti GmbH Deutschland, Stuttgart, Deutschland
Robert **Heintz**, Marti GmbH Deutschland, Stuttgart, Deutschland

Strength Monitoring Using Thermal Imaging (abgekürzt SMUTI) ist ein neues Verfahren zur Überwachung der Frühfestigkeitsentwicklung von Spritzbeton. Durch Temperaturmessungen mit einer Wärmebildkamera kann die Festigkeit in Echtzeit berechnet und überwacht werden. Dies kann von einer sicheren Position aus erfolgen und ist so einfach wie die Aufnahme eines Fotos. Das Verfahren kann auch in Ergänzung zu den klassischen Prüfverfahren (z.B. Penetrationsnadelverfahren, Setzbolzenverfahren) verwendet werden, um die Aussagekraft dieser Prüfmethóden sowie die Übertragbarkeit der Messergebnisse auf die Spritzbetonschale zu bewerten und um ein besseres Verständnis für die Festigkeitsentwicklung zu erlangen.

Im Rahmen dieses Beitrages wird das Verfahren am Beispiel des Projektes Tunnel Oberau (B2, bei Garmisch-Partenkirchen) erläutert und diskutiert.

Strength Monitoring Using Thermal Imaging (SMUTI) is a new method which allows monitoring of the early strength of the shotcrete lining. A thermal imaging camera is used to measure the temperature distribution from which compressive strength may be calculated. This can be done from a safe position and is as simple as taking a picture. SMUTI can be used in parallel with existing methods (e.g. penetration needle method, stud driving method) in order to evaluate the local test results, to extrapolate the panel strengths to the lining and to get a better understanding of the strength development.

In this paper the method is explained, along with a case study calculation using real field data obtained at the Oberau Tunnel near Garmisch-Partenkirchen (Germany).

ASSpC- EIN FORSCHUNGSPROGRAMM FÜR DEN SPRITZBETON VON MORGEN

ASSpC – SHOTCRETE RESEARCH FOR THE NEEDS OF TOMORROW

Wolfgang **Kusterle**, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Deutschland
Maria **Thumann**, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Deutschland
Florian **Mittermayr**, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie, TU Graz, Österreich

Spritzbeton wird im Tunnelbau als temporäre und permanente Stütz- und Ausbaumaßnahme eingesetzt. Mit der Einführung der alkalifreien Spritzbeton-Technologie wurde um 2004 ein großer Qualitätssprung erzielt. Trotzdem besteht noch Optimierungsbedarf. Alle Bauwerke sollten heute nachhaltig und dauerhaft erstellt werden. Spritzbeton sollte daher aus möglichst umweltneutralen Stoffen hergestellt werden und auch in aggressiver Umgebung dauerhaft, ohne ungünstige Auswirkungen auf das Gesamtbauwerk, seine Aufgaben erfüllen. Das kann nur mit optimierten Rezepturen unter Einsatz ausgewählter Ausgangsstoffe realisiert werden. Das von der FFG in Österreich geförderte Forschungsprogramm „Entwicklung neuer dauerhafter und nachhaltiger Spritzbetone“ (**A**dvanced and **S**ustainable **S**prayed **C**oncrete) setzt genau hier an.

*Shotcrete (sprayed concrete) is used in tunnelling as initial and permanent lining. Due to the introduction of alkali free shotcrete technology around 2004 an improved quality could be realized. But there is still room for farther improvements. Nowadays, all constructions should be sustainable and durable. Using environmentally compatible constitutive materials, shotcrete should resist harsh environments without any unfavourable unknown impact on the construction. This target can only be reached by using sustainable constitutive materials and optimized mix design. The research project **Advanced and Sustainable Sprayed Concrete**, funded by the Austrian Research Promotion Agency FFG, aims at such advanced shotcrete technology.*

Schriftlicher Beitrag

EINFLUSS VON HÜTTENSAND UND ULTRAFEINEM KALKSTEINMEHL AUF DIE HYDRATATION VON JUNGEM SPRITZBETON

INFLUENCE OF BLAST FURNACE SLAG AND ULTRAFINE LIMESTONE ON EARLY HYDRATION OF SPRAYED CONCRETE

Anina **Stauffacher**, Institut für Materialprüfung u. Baustofftechnologie, TU Graz, Österreich
Isabel **Galan**, Institut für Angewandte Geowissenschaften, TU Graz, Österreich
Patrick **Juilland**, Sika Technology AG, Zürich, Schweiz
Maria **Thumann**, Labor für Betontechnologie, OTH Regensburg, Deutschland
Christian **Stenger**, Sika Technology A, Zürich, Schweiz
Andre **Baldermann**, Institut für Angewandte Geowissenschaften, TU Graz, Österreich
Florian **Mittermayr**, Institut für Materialprüfung u. Baustofftechnologie, TU Graz, Österreich
Benedikt **Lindlar**, Sika Services AG, Zürich, Schweiz
Wolfgang **Kusterle**, Labor für Betontechnologie, OTH Regensburg, Deutschland

Hydratationsreaktionen sind von zentraler Bedeutung um die Frühfestigkeitsentwicklung des jungen Spritzbetons zu verstehen. In vorliegender Studie wurden die frühen Hydratationsreaktionen von Spritzbeton untersucht. Die analysierten Rezepturen verfügen durch die Zugabe von Hüttensand und Kalksteinmehl als Mikrofüller über einen reduzierten Klinkergehalt und wurden betreffend Packungsdichte optimiert. Die Spritzversuche erfolgten im Nassspritzverfahren im Labormaßstab, wobei nach dem Spritzvorgang während 24 Stunden kontinuierlich das Schermodul aufgezeichnet wurde. Die Hydratationsreaktionen an den gespritzten Proben wurden mittels Kalorimetrie-, XRD- und Thermogravimetrie-messungen untersucht. Erste Ergebnisse zeigen vielversprechende Möglichkeiten Wärme- und Festigkeitsentwicklung zu korrelieren. Die unterschiedliche Phasenentwicklung in Abhängigkeit der Rezepturzusammensetzung dokumentiert die frühen Hydratationsreaktionen von jungem Spritzbeton.

In this study, we demonstrate how blast furnace slag and ultrafine limestone affect early hydration of sprayed concrete. Samples were studied by a combined approach using Minishot lab-scale spraying and analytical methods such as isothermal calorimetry, thermogravimetry and XRD. These findings are subsequently linked to 24 h continuously recorded shear modulus in order to enhance understanding of the observed early strength development. First attempts correlating heat flow and early strength development show promising results. These results show how the substitution of cement with slag and ultrafine limestone influences hydration kinetics and therefore its reactions and early strength development.

OPTIMIERTE EIGENSCHAFTEN VON SPRITZBETON DURCH KOMBINIERTE ZUSATZSTOFFE

PERFORMANCE OPTIMIZATION OF SHOTCRETE BY COMBINED FILLERS

Joachim **Juhart**, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie, TU Graz, Österreich
Lukas **Briendl**, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie, TU Graz, Österreich
Florian **Mittermayr**, Institut für Materialprüfung u. Baustofftechnologie, TU Graz, Österreich
Maria **Thumann**, Labor für Betontechnologie, OTH Regensburg, Deutschland
Rudolf **Röck**, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Universität Innsbruck
Wolfgang **Kusterle**, Labor für Betontechnologie, OTH Regensburg, Deutschland

Durch Packungsdichte-Optimierung und optimale Kombination von Portlandzement (PZ) mit Mikrofüllern und inerten sowie aufbereiteten hydraulisch wirksamen Zusatzstoffen konnten neuartige Bindemittel für fortschrittliche, nachhaltige und dauerhafte Spritzbetone entwickelt werden. Im Beitrag wird zunächst der Effekt von feinstem Kalksteinmehl und Silikastaub auf das Fließvermögen und die Frühfestigkeit beschleunigter Mörtel gezeigt. Die Frühfestigkeit steigt bei konstantem Wasser/PZ-Wert linear mit der spezifischen Oberfläche des Bindemittelgemisches an. In der Folge werden PZ und kombinierte Zusatzstoffe untersucht. Die Leime mit neuartigen Bindemitteln sind fließfähig, spritzbar, haben trotz geringem PZ-Gehalt eine hohe Anfangsfestigkeit und zeigen eine gleichmäßige Frühfestigkeitsentwicklung. Gleichzeitig wird das Potenzial für eine verbesserte Dauerhaftigkeit von Spitzbeton erhöht.

By optimizing the packing density and an optimum combination of Portland cement (PC) with microfillers as well as supplementary cementitious materials (SCM), novel binders have been developed for advanced, sustainable and durable sprayed concrete. The paper shows the effect of finest limestone powder and microsilica on the flowability and early-age strength of accelerated mortars. The initial strength increases linearly with the specific surface area of the binder mix at a constant water/PC value. Subsequently, PC and combined SCM are investigated. The pastes with novel binders are flowable, sprayable and have a high initial strength despite a low PC content. They show a uniform early-strength development. At the same time, the potential for a durable shotcrete is increased.

FIBRE REINFORCED SPRAYED CONCRETE PANEL TEST - TEST PROCEDURES AND INFLUENCING FACTORS

PLATTENVERSUCH AN FASERSPRITZBETON – PRÜFMETHODEN UND EINFLUSSFAKTOREN

Øyvind **Bjøntegaard**, the Norwegian Public Roads Administration, Trondheim, Norway
Synnøve A. **Myren**, the Norwegian Public Roads Administration, Oslo, Norway

The paper discusses the Norwegian guidelines on sprayed concrete in relation to relevant European standards. Control of fibre content and fibre distribution throughout a concrete load are dealt with. Panel test methods are paid special attention as they measure a primary property; namely energy absorption capacity of fibre reinforced sprayed concrete. The paper provides the main findings from a variety of tests performed both before and after the last revision of our guideline in 2011, and discusses both methodology issues as well as the influence of concrete mix-design and concrete properties.

In diesem Artikel werden die norwegischen Richtlinien für Spritzbeton in Bezug auf die relevanten europäischen Normen diskutiert. Die Kontrolle des Fasergehalts und der Faserverteilung über eine Betonladung werden behandelt. Besondere Aufmerksamkeit wird auf die Platten-Prüfmethoden gelegt, da sie die primäre Eigenschaft des faserverstärkten Spritzbetons, das Energieabsorptionsvermögen, messen. Der Artikel gibt die wichtigsten Erkenntnisse aus einer Vielzahl von Tests wieder, die sowohl vor als auch nach der letzten Revision unserer Richtlinien 2011 durchgeführt wurden, und diskutiert sowohl methodische Fragen als auch den Einfluss von Betonzusammensetzung und Betoneigenschaften.

DER EINSATZ VON KUNSTSTOFFMAKROFASERBETON IM TUNNELBAU UND SEINE TECHNISCHEN UND WIRTSCHAFTLICHEN VORTEILE

TECHNICAL AND ECONOMICAL ADVANTAGES USING MACROFIBRE- CONCRETE IN TUNNELLING

Mathias **Schranz**, SKAVA Consulting ZT GmbH, Innsbruck, Österreich
Thomas **Marcher**, SKAVA Consulting ZT GmbH, Innsbruck, Österreich
Rudolf **Ramsauer**, BRUGG CONTEC, St. Gallen, Schweiz
Erich **Saurer**, SKAVA Consulting ZT GmbH, Salzburg, Österreich

Wurde zu Beginn der Faserbetontechnologie vermehrt die Stahlfaser im Untertage- und Tunnelbau für die Aufnahme von Zugspannungen eingesetzt, hat sich in den letzten Jahren bedingt durch neue Technologien und Herstellungsmöglichkeiten von Kunststofffasern in Kombination mit Beton / Spritzbeton vermehrt auch deren Einsatz als Ersatz der konventionellen Bewehrung durchgesetzt. Der vorliegende Artikel befasst sich mit dem Einsatz von Makrofaserbeton / Makrofaserspritzbeton im Tunnelbau. Dabei wird zum einen der Stand der Technik, die aktuelle Normenlage, die Nachweisführung der Kunststoffmakrofaserspritzbetonschalen, und zum anderen der Vergleich der Gleichwertigkeit von Kunststoffmakrofasern gegenüber einer klassisch bewehrten Spritzbetonschale betrachtet. Ebenfalls berücksichtigt werden in diesem Zusammenhang die wirtschaftlichen Aspekte.

For structural use, fibre reinforced concrete has commonly been associated with the use of steel fibres. Only in recent years, the use of plastic fibres as a structural member in shotcrete for tunnelling has increased. This fact is mainly caused by the use of novel fibre technologies and new technologies for fibre production. The paper presents the field of application of macro plastic fibres in shotcrete for tunnelling. After presenting the current state of practice followed by a short overview of the applicable codes and standards, the principles for the verification on macro fibre reinforced shotcrete lining are provided. Furthermore, a comparison with standard reinforcement is made. The paper ends with economic aspects regarding the use of fibre-concrete in tunnelling.

RINGVERSUCHE ZUR PRÜFUNG DER BIEGEFESTIGKEITEN VON STAHLFASERSPRITZBETONEN

ROUND-ROBIN TESTS ON TESTING THE FLEXURAL STRENGTHS OF STEEL FIBER REINFORCED SPRAYED CONCRETE

Sven **Plückelmann** und Rolf **Breitenbücher**

Lehrstuhl für Baustofftechnik, Ruhr-Universität Bochum, Deutschland

Im Zuge der Überarbeitung der europäischen Spritzbetonnorm wurden im Rahmen von TC104/WG10 Ringversuche zur Prüfung der Biegefestigkeiten von Stahlfaserspritzbeton durchgeführt. Gemäß der aktuell gültigen Norm [1] werden die Biegefestigkeiten (Erst-, Biegezug-, und Restfestigkeit) von faserverstärkten Spritzbetonen durch einen Vier-Punkt-Biegeversuch an Balken bestimmt. Kontrovers zu diesem Prüfverfahren wird in einer von EFNARC ausgearbeiteten Richtlinie [2] ein Drei-Punkt-Biegeversuch an gekerbten Platten empfohlen. Ziel der durchgeführten Ringversuche war es zum einen die Vergleichbarkeit und Korrelation zwischen beiden Prüfverfahren zu ermitteln, zum anderen die Präzision beider Prüfverfahren (d.h. die Reproduzierbarkeit und Prüfstreuung innerhalb sowie zwischen verschiedenen Labors) zu erfassen.

Within the revision of the European standard for sprayed concrete by TC 104/WG10, round-robin tests on testing the flexural strengths of steel fiber reinforced sprayed concrete were performed. According to the currently valid standard [1] the flexural strengths (first peak, ultimate and residual) of fiber reinforced sprayed concrete are determined through a four-point bending test on beam specimens. Controversial to this test method, a three-point bending test on square panels with notch is recommended in a guideline [2] elaborated by EFNARC. The aim of the performed round-robin tests was to investigate the comparability and correlation between the two test methods. Furthermore, the precision of both test methods (i.e. the reproducibility and scatter between and within different labs) was assessed.

BRANDSCHUTZSPRITZBETON /- MÖRTEL - EINSATZ IM TUNNELBAU DES HOCHRANGIGEN ÖSTERREICHISCHEN STRASSENNETZES

FIRE RESISTENT SHOTCRETE AS FIRE PROTECTIVE LAYER – APPLICATIONS IN AUSTRIAN HIGHWAY TUNNELS

Norbert **Reichard**, ÖSTU-STETTIN Hoch- und Tiefbau GmbH, Leoben, Österreich
Günter **Vogl**, VOGL.PLUS GmbH, Irdning, Österreich

Die Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierung-Aktiengesellschaft (ASFINAG) ist eine österreichische Infrastrukturgesellschaft, welche für die Planung, die Finanzierung, den Ausbau, die Erhaltung, den Betrieb und die Bemannung des österreichischen Autobahnen- und Schnellstraßennetzes zuständig ist.

Im Rahmen des gültigen Straßentunnel-Sicherheitsgesetzes – STSG – sind Nachrüstungen bei den bestehenden Tunnelanlagen erforderlich [1]. Ebenso ist die RVS – Baulicher Brandschutz in Tunnelröhren [2] einzuhalten. Je nach Schutzniveau müssen diese Tunnelanlagen den Brandschutzanforderungen entsprechen.

Um diese zu erfüllen müssen einige Tunnelstrecken mit Brandschutz-Spritzbeton bzw. Spritzmörtel ausgekleidet werden. Von der Ertüchtigung mehrere österreichischer Tunnels berichtet dieser Beitrag zweier ausführender Firmen.

Austria's state-owned highway operator ASFINAG is responsible for planning, financing, developing, maintaining, operating and toll charging of Austrian highways and express roads.

Within the framework of the valid road tunnel-safety-law STSG [1] upgrades of existing tunnels are necessary. Moreover, the rules given in the Austrian RVS guideline constructional fire prevention in tunnels [2] must be adhered to. Depending on the specified level of protection, tunnels must meet different fire protection requirements. To meet these requirements several tunnel sections have to be protected by sprayable fire-protective layers as shotcrete or gunite. In this paper two construction companies report on retrofitting of several Austrian tunnels.

BETONSANIERUNG UND BRANDSCHUTZTECHNISCHE ERTÜCHTIGUNG EINES BESTANDS-STRASSENTUNNELS

CONCRETE RENOVATION AND ENHANCING OF FIRE PROTECTION OF AN EXISTING TUNNEL WITH SPRAYED CONCRETE

Carsten **Peter**, IMM Maidl & Maidl, Beratende Ingenieure, Bochum, Deutschland
Ulrich **Versen**, IMM Maidl & Maidl, Beratende Ingenieure, Bochum, Deutschland

Die Bestandserfassung eines in den 1970er Jahren erbauten Straßentunnels (2-zelliger Rechteckrahmenquerschnitt) hat gezeigt, dass verschiedene Forderungen der einschlägigen Regelwerke wie z.B. RABT [1], ZTV-ING [2] nicht erfüllt werden. An der Betonkonstruktion des Tunnelbauwerks wurden u.a. verschiedene Mängel und Schäden wie z.B. Risse, Betonschadstellen, erhöhte Chloridkonzentrationen und eine unzureichende Betondeckung festgestellt. Des Weiteren ist der konstruktive bauliche Brandschutz für den Tunnel nicht gegeben. Für die Betonsanierung und die brandschutztechnische Ertüchtigung des Konstruktionsbetons ist im Wesentlichen ein großflächiger Auftrag von Schutzschichten (Betonersatz / Brandschutzmörtel) vorgesehen. Der Beitrag beschreibt das vorgesehene Sanierungs- und Ertüchtigungskonzept. Neben den technischen Anforderungen an die Produkte der Schutzschichten sind die baurechtlichen Vorgaben ein wichtiges Kriterium.

The stocktaking process of a two-cell rectangular frame section tunnel built in the 1970th showed that different demands of technical standards like the RABT, [1], ZTV-ING [2] are not met. Different damages in the concrete structure like cracks, defects in the concrete, high chloride concentrations and an insufficient concrete cover have been discovered. Moreover, the tunnel construction lacks of a structural fire protection. For the concrete renovation and the enhancing fire protection of the constructional concrete an extensive application of additional protection layers is intended (concrete replacement, fire protection coating). The report describes the intended renovation and enhancing concept. Besides technical demands of the proposed products, building regulations and requirements should be met.

DIE NEUE ÖBV-RICHTLINIE SCHUTZSCHICHTEN FÜR DEN ERHÖHTEN BRANDSCHUTZ FÜR UNTERIRDISCHE VERKEHRSBAUWERKE

THE NEW AUSTRIAN GUIDELINE ON FIRE-PROTECTIVE LAYERS FOR INCREASED PROTECTION OF SUBSURFACE TRAFFIC CONSTRUCTIONS

Florian **Petscharnig**, Technisches Büro für Verfahrenstechnik, Brückl, Österreich
Wolfgang **Kusterle**, OTH Regensburg, Deutschland

Im Januar 2017 konnte die Österreichische Bautechnik Vereinigung - öbv - die neue Richtlinie „Schutzschichten für den erhöhten Brandschutz für Unterirdische Verkehrsbauwerke“ [1] herausgeben. Sie ersetzt das bis dahin geltende ÖVBB-Merkblatt mit dem gleichen Titel [2], das 2006 erschienen war.

Die hier beschriebene Richtlinie wurde als Ergänzung zur Richtlinie „Erhöhter baulicher Brandschutz für unterirdische Verkehrsbauwerke aus Beton“ der Österreichischen Bautechnik Vereinigung [3] speziell für die Nachrüstung von baulichem Brandschutz für bestehende Betonkonstruktionen im Verkehrstunnelbau erstellt. Die Schutzschichten für erhöhten Brandschutz können einerseits durch Applikation von Brandschutz-Beton- oder Brandschutz-Mörtelschichten, andererseits durch Befestigung von entsprechenden Brandschutz-Platten hergestellt werden. Die Beurteilung des erhöhten Brandschutzes erfolgt analog wie für Neubauten. Auch bei Brandschutz-Spritzbeton und Brandschutz-Spritzmörtel verhindert in der Regel die Beigabe von dünnen Polypropylenfasern explosionsartige Abplatzungen bei Brandeinwirkung und bewirkt damit eine entsprechende Erhöhung der Brandbeständigkeit der Betonkonstruktion [1].

January 2017 the Austrian Society for Construction Technology issued the new guideline “Fire-protective layers for increased protection of subsurface traffic structures” [1]. This guideline replaces the technical bulletin from the year 2006 [2].

The guideline on which we report here is a supplement to the öbv-Guideline “Increased constructional fire protection for concrete subsurface traffic structures” [3]. Its focus is on the upgrade of existing concrete structures in traffic tunnels regarding their fire safety. Protective layers may be made of concrete or mortar; alternatively, plate-like protective layers (construction boards) may be mounted on the underlying structure. The evaluation of the increased fire resistance of existing structures is in line with that of new structures. Explosive fire spalling of shotcrete and gunite is prevented using micro-polypropylene fibres. Thereby the fire resistance of the structure is increased [1].