

---

# 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].*

## **1. Einleitung**

Brände in Tunnels, wie jene im Euro Tunnel 1996 und 2008, im Mont Blanc 1999, im Tauern Tunnel 1999 und im Gotthard Tunnel 2001 unterbrachen nicht nur hochausgelastete Europäische Verkehrswege für längere Zeiträume sondern verursachten damit enorme

volkswirtschaftliche Kosten. Grund für die großen Schäden waren in allen Fällen signifikante Abplatzungen und damit Zerstörungen der Betoninnenschalen [4]. Das führte in vielen Ländern zu einem Umdenken bezüglich des Brandschutzes in Verkehrstunnels. In Neubauten wurden in kritischen Bereichen z.B. in Österreich Innenschalenbetone der Klasse BBG (Beton erhöhter Brandbeständigkeit geprüft im Großversuch) eingebaut. Diese Klasse erreicht man durch Zugabe von fein verteilten Polypropylen Microfasern. Bei der Erüchtigung von Bestandstunnels müssen in der Regel aber andere Maßnahmen gesetzt werden. Zum Beispiel können Brandschutzschichten in kritischen Bereichen angebracht werden.

In Österreich [3] stellen „Schutzschichten eine Maßnahme zur Erzielung des baulichen Brandschutzes von Verkehrstunnel (Objektschutz) dar. Der bauliche Brandschutz in Tunnelbauwerken ist in RVS 09.01.45 (Baulicher Brandschutz in Straßenverkehrstunnel [5]) und RVE 08.00.01 (Baulicher Brandschutz in unterirdischen Verkehrsbauwerken [6]) geregelt. Brandschutzbemessungen und Ausführungsvorgaben finden sich in der öbv-Richtlinie „Erhöhter baulicher Brandschutz für unterirdische Verkehrsbauwerke aus Beton“ [3].

### 1.1 Feuer in Verkehrstunnels

Durch Tunnels werden Güter befördert, die bei einem Brand bis zu 300 MW freisetzen können. Durch den beschränkten Querschnitt kommt es dabei zu Brand-Temperatur-Kurven, die zu Beginn weit über der in ISO 834 definierten Einheitstemperaturkurve liegen. Typische Vollbrände erreichen innerhalb weniger Minuten über 1000°C und können dann bis 1350 °C ansteigen. Unter solchen Bedingungen kann es zu explosiven Abplatzungen von randnahen Betonschichten kommen. In Versuchen wurden Abplatzraten von bis zu 30 cm/Stunde erreicht [7].

### 1.2 Abplatzen von Beton infolge Brandeinwirkung

Das explosionsartige Ablösen von Fingernagel bis Handflächen großen dünnen oberflächlichen Betonschichten infolge Temperatureinwirkung nennt man Abplatzen. Die Gründe dafür sind vielfältig [8]. Im Prinzip sind immer Dampftransporte im Porensystem des Betons ausschlaggebend. Steigt der Dampfdruck über die Betonzugfestigkeit, weil er im Porensystem nicht entweichen kann, kommt es zu Abplatzungen. Deshalb sind die wichtigsten Einflussparameter

- der Feuchtegehalt im Beton
- die Porosität des Betons (kann vereinfacht über den W/B-Wert und Luftgehalt abgeschätzt werden)
- die Aufheizgeschwindigkeit
- die Richtung und Größe mechanisch und thermisch bedingter Spannungen

### 1.3 Mögliche Maßnahmen gegen Abplatzungen infolge Brandeinwirkung

Im Neubau ist die heute üblichste Gegenmaßnahme der Zusatz von Polypropylen Microfasern in den Beton [3]. Diese Maßnahme wird auch bei Brandschutzschichten genutzt. Brandschutzschichten reduzieren die Aufheizgeschwindigkeit soweit, dass es nicht zu Abplatzungen kommen kann. Sie sind daher für Bestandsbauten die übliche Maßnahme. Weitere in [8] angeführte Maßnahmen sind in der Praxis schwer zu realisieren.

Fein verteilte Polypropylen Microfasern helfen mit ein Netz von „Entlastungskanälen“ für den Abbau des Dampfdruckes aufzubauen. Ob das jetzt durch Ausschmelzen oder erhöhte Porigkeit entlang der Fasern geschieht ist noch nicht vollständig geklärt [8].

## 2. Schutzschichten für den erhöhten Brandschutz

### 2.1 Wirkungsweise

Schutzschichten, die selbst nicht zum Abplatzen neigen, reduzieren den Wärmeeintrag in die Konstruktion so stark, dass die auftretenden Zwangskräfte nicht mehr statisch relevant werden [1] und keine Schädigungen an der Tunnelinnenschale auftreten. Sie ermöglichen daher einen nachträglichen baulichen Brandschutz, der, je nach Ausführung, bis zu langen Branddauern wirksam bleiben kann.

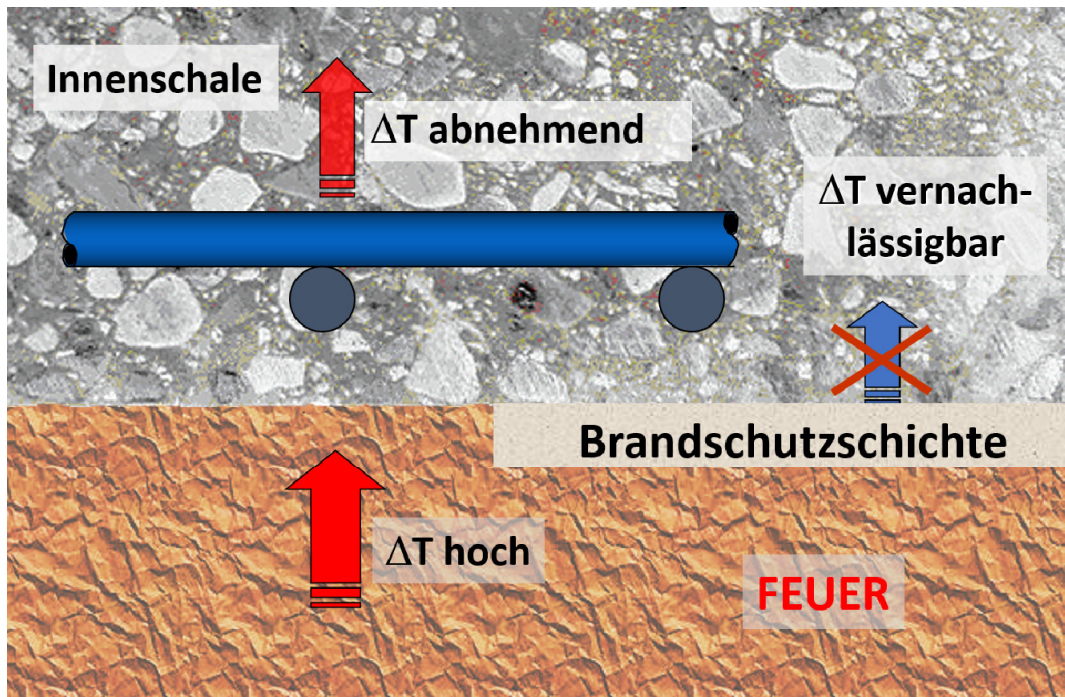


Bild 1: Wirkungsweise einer Brandschutzschicht

### 2.2 Allgemeine Anforderungen

Um die Aufgaben erfüllen zu können sollten die Brandschutzschichten:

- den Wärmeeintrag in den Innenschalenbeton reduzieren
- dauerhaft und festhaftend in Tunnelumgebung auch ohne Brand ihren Dienst versehen
- möglichst dünnen Schichtaufbau aufweisen
- kostengünstig sein und zielsicher aufgebracht werden können
- ev. eine Kombination mit einer Betoninstandsetzung alter Tunnels möglich machen

### 2.3 Vor- und Nachteile

In [1] werden die Vor- und Nachteile der Applikation von Schutzschichten ausführlich angesprochen

„Je nach Material und applizierter Schichtdicke können Schutzschichten

- den Wärmeeintrag in die Konstruktion soweit reduzieren, dass die auftretenden Zwangskräfte nicht mehr statisch relevant werden
- den Wärmeeintrag in die Konstruktion reduzieren, die auftretenden Zwangskräfte sind aber weiterhin statisch relevant (z.B. Brandschutz-Spritzmörtel BSM-B)
- Abplatzungen verhindern
- einen erhöhten Brandschutz über eine lange Branddauer sicherstellen
- nach einem Brand als Opferschicht ausgewechselt werden

Möglicher Zusatznutzen:

- die Betondeckung erhöhen und wie ein Instandsetzungsmörtel nach öbv-Richtlinie „Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton“ den Korrosionsschutz wiederherstellen oder verbessern
- geschädigten Beton ersetzen
- als Verstärkungsmaßnahme dienen
- das optische Erscheinungsbild und die Helligkeit der Innenschale verbessern
- als Untergrund für Tunnelbeschichtungen (z.B. Brandschutzspritzmörtel BSM-O oder BSM-B) dienen

Mögliche Nachteile:

- Zugänglichkeit und Inspizierbarkeit der Konstruktion verschlechtern
- Risse in der Trag- bzw. Unterkonstruktion verbergen
- Wassereintritte schwerer lokalisierbar machen
- den Lichtraum verkleinern
- die Montage der Tunnelausrüstung erschweren“

Weitere angeführte Auswahlkriterien, die Tabelle 3-1 der RL mit Hinweisen für den günstigsten Anwendungsbereich und der informative Anhang 4 mit Angaben zur technischen Lebensdauer von Schutzschichten erleichtern die Entscheidungsfindung.

Tab. 1: Auszug aus Tab. 3-1 der [1] für Spritzbeton. (Die Originaltabelle beinhaltet alle Schutzschichten, Ergänzungen kursiv)

Schutzschicht	Brandschutz-Spritzbeton (FrSpC/BBG)	<i>Hinweis: Brandschutz-Spritzbeton (FrSpC/BBG) für dünnere Schichten oder mit anderer Zusammensetzung</i>
In Anlehnung an angeführtes Regelwerk	ÖVBB-Richtlinie „Spritzbeton“	ÖVBB-Richtlinie „Spritzbeton“
Einsatz	Schutzschicht aus konstruktivem Spritzbeton	Schutzschicht
Anlieferung	Transportbeton Trockenbeton	
Beurteilung des Brandverhaltens	Mit PP-Faser mit Grundsatzprüfung	Nach ANHANG 1 der RL
Richtwerte für Schichtdicken für den Bemessungsbrand nach dieser Richtlinie	6-10 cm siehe Abbildung 4-3 der RL Bei Straßentunnel in Kombination mit BSM	laut Brandversuch
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe mechanische Beständigkeit und Dauerhaftigkeit</li> <li>• homogene Schutzschicht</li> <li>• hoher Automatisationsgrad möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mechanische Beständigkeit und Dauerhaftigkeit</li> <li>• homogene Schutzschicht</li> <li>• hoher Automatisationsgrad möglich</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• raue Oberfläche</li> <li>• Staubeentwicklung bei der Verarbeitung</li> <li>• große Schichtdicke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachweis Korrosionsschutz <i>allenfalls</i> erforderlich</li> <li>• raue Oberfläche</li> <li>• Staubeentwicklung</li> <li>• große Schichtdicke</li> </ul>
Lebensdauer der Schutzschichten	Siehe ANHANG 4 der RL	
Untergrund	Untergrundvorbehandlung erforderlich	
Baupraktisch realisierbare Oberflächengenauigkeit	± 2cm	

## 2.4 Mögliche Produkte

Prinzipiell stehen verschiedene Produkte als Brandschutzschichten zur Verfügung: Beton (C/BBG), Spritzbeton (FrSpC/BBG), Spritzmörtel (BSM), Leichtspritzmörtel (BLSM) oder plattenförmige Schichten (Brandschutz-Platten BPL). Diese Produkte und Unterteilungen verfügen über unterschiedliche Eigenschaften, erforderliche Schichtdicken und Prüfanforderungen. Sie können auch in Kombination angewendet werden. Durch die übersichtliche Darstellung in Tabelle 3-1 der RL kann man aber schnell die in Frage kommenden Produkte auswählen. Perforierte Bleche und aufschäumende Anstriche sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie.

## 2.5 Erfahrungen in Österreich

Bis zum Jahre 2010 wurden in Österreich folgende Tunnel-Flächen mit Brandschutzschichten nachträglich bekleidet [4]:

- Brandschutz-Spritzbeton (FrSpC/BBG) mit Polypropylen-Fasern etwa 63,000 m<sup>2</sup>,
- Leichtspritzmörtel (BLSM) etwa 20,000 m<sup>2</sup>,
- Brandschutz-Platten (BPL) etwa 220,000 m<sup>2</sup>.

Im gleichen Zeitraum wurden 38 km Tunnelneubauten aus Beton BBG unter Zusatz von Polypropylen Microfasern gebaut.

Diese Erfahrungen flossen in die Erstellung der öbv-Richtlinie mit ein. Im Zuge von Tunnelertüchtigungen kommen laufend weitere Applikationen dazu. Genaue Daten ab 2010 liegen leider nicht vor.



*Bild 2: Auftrag Brandschutz-Spritzmörtel im Lainzer Tunnel mit Spritzroboter (Foto Vogl [4])*

### 3. Festlegungen in der öbv-Richtlinie

#### 3.1 Allgemeines

Die Richtlinie teilt die Produkte wie hier bereits in 2.3 angeführt ein und gibt zu Beginn Hinweise zur Auswahl und zu Belastungen, die aus dem Verkehr auf die Schutzschichten wirken.

Dann beschäftigt sie sich mit

- der Istzustandserhebung ohne der wohl keine Planung einer Brandschutzmaßnahme möglich ist
- den Anforderungen an die einzelnen Schutzschichten
- den Anforderungen an den Untergrund
- den Anforderungen an den Verbund und die Befestigungsmittel
- die Ausführung
- die Qualitätssicherung und Prüfung

Nachdem sich dieser Beitrag an die Teilnehmer einer Spritzbeton-Tagung wendet, wird im Folgenden nur auf die spritzbaren Brandschutzbetone und –mörtel eingegangen. Außerdem können nur die Prinzipien und beispielhaft Teile der Richtlinie wiedergegeben werden. Es empfiehlt sich daher das Studium des Gesamttextes.

#### 3.2 Istzustandserhebung

Voraussetzung für die Applikation von Brandschutzschichten ist eine geeignete Planung im Zusammenwirken mit den Kenntnissen des Istzustandes.

Bestimmungsmethoden für die jeweils relevanten Eigenschaften, Prüfhäufigkeiten und Prüfvorschriften werden in der Tabelle 3-2 der öbv-Richtlinie dargestellt. Dabei sind die wesentlichen Eigenschaften des Bestandsbetons, wie Festigkeit, Betonüberdeckung und Korrosionserscheinungen zu beurteilen, aber auch Risse, Unstetigkeiten an der Betonoberfläche oder Schadstoffe im Beton zu berücksichtigen.

Unter Beachtung der Abtragsmenge am Betonuntergrund ist bei der Zustandserhebung bereits ein Abfallkonzept gemäß Bundesabfallwirtschaftsplan zu erstellen.

#### 3.3 Anforderungen an spritzbare Brandschutzschichten

Schutzschichten für die Erhöhung des Brandschutzes werden häufig im Spritzverfahren aufgetragen. Voraussetzung für die Anwendung von Spritzbeton oder –mörtel ist einerseits ein jeweils geeignetes Produkt, andererseits die dafür erforderliche Geräteausrüstung.

Die Produkte - Brandschutz-Spritzbeton (FrSpC/BBG), Brandschutz-Spritzmörtel (BSM-B und BSM-O) oder Brandschutz-Leichtspritzmörtel (BLSM) - müssen nach den Anforderungen der Tabellen 4-1, 4-3 oder 4-4 der Richtlinie geprüft werden, wobei ergänzend zu den jeweils erforderlichen Eigenschaften gemäß öbv-Richtlinie Spritzbeton [10] bzw. Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton [11] vor allem die Brandbeständigkeit zu berücksichtigen ist.

Sowohl für Spritzbeton, als auch für alle Typen der Spritzmörtel sind zusätzlich die Ausgangsstoffe nach den geltenden Regelwerken zu beurteilen.

**Tab. 2: Anforderungen und Prüfungen nach Tab. 4-1 [1] für Brandschutzspritzbeton (FrSpC/BBG)**

Prüfung/ Eigenschaft	Anforderung	Prüfverfahren	Toleranz
Ausgangsstoffe	ÖVBB-Richtlinie „Spritzbeton“ Tabelle 11/1/1 bis 11/1/3		
Mischgut	ÖVBB-Richtlinie „Spritzbeton“ Tabelle 11/2		
Gesamtwassergehalt	lt. Herstellerangaben	gem. ÖVBB-Richtlinie „Spritzbeton“ Pkt. 12.3	Maximalwert
Druckfestigkeit 28d	≥ 25 MPa	gem. ÖVBB-Richtlinie „Spritzbeton“ Pkt. 12.5.2	≥ 80 % der Herstellerangaben ≤ 60 MPa
Haftzugfestigkeit 28d	≥ 1,5 MPa	gem. ÖVBB-Richtlinie „Spritzbeton“ Pkt. 12.5.12	Mindestwert
Expositionsclassen XC3 / XC4	XC3: Eindringtiefe ≤ 50mm XC4: Eindringtiefe ≤ 35mm Nachweis am Festbeton	gem. ÖVBB-Richtlinie „Spritzbeton“ Pkt. 12.5.5	gem. ÖVBB-Richtlinie „Spritzbeton“ Pkt. 7.5.1
Frostbeständigkeit XF	gem. ÖVBB-Richtlinie „Spritzbeton“ Pkt. 7.5.2	gem. ÖVBB-Richtlinie „Spritzbeton“ Pkt. 12.5.6	gem. ÖVBB-Richtlinie „Spritzbeton“ Pkt. 7.5.2
Brandbeständigkeit	mit der besonderen Eigenschaft BBG	öbv-Richtlinie „Erhöhter baulicher Brandschutz für unterirdische Verkehrsbau- werke aus Beton“	Mindestwert
Brandbeständigkeit	mit Nachweis der geringeren Temperatureindringung	ANHANG 1 der RL	Mindestwert
Fasergehalt gespritzt	lt. Herstellerangabe	ÖVBB-Richtlinie „Faserbeton“ Pkt. 10	ÖVBB-Richtlinie „Faserbeton“ Pkt. 11
Schichtdicke	Siehe Kapitel 4.2.1 <i>der RL</i>	gem. ÖVBB-Richtlinie „Spritzbeton“ Pkt. 12.6.4	Siehe Kapitel 7.1 <i>der RL</i>

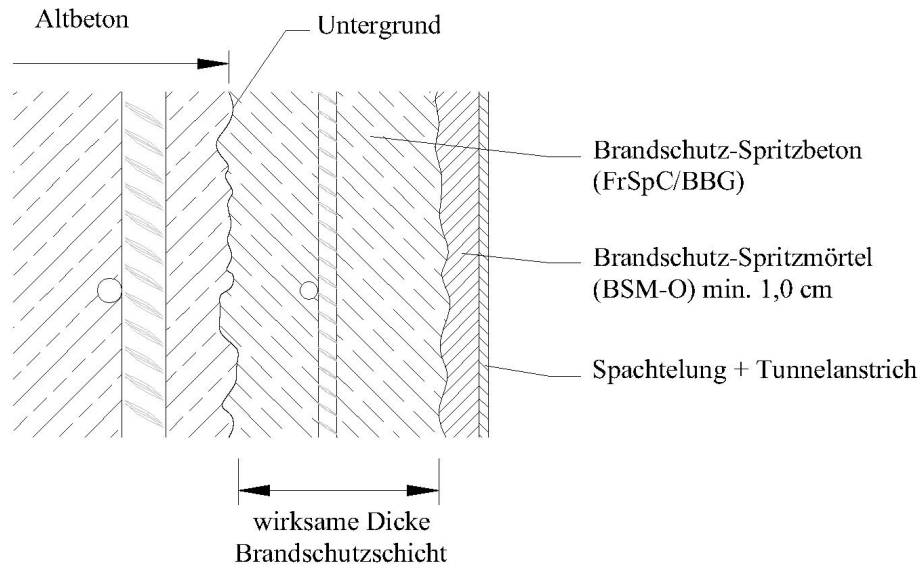
### 3.4 Unterschiede zwischen den 5 geregelten spritzbaren Brandschutzschichten

In der Tabelle 3-1 der öbv-Richtlinie werden alle Eigenschaften, Anforderungen und Anwendungsgrenzen für Schutzschichten zur Erhöhung des Brandschutzes dargestellt. Von den 7 grundsätzlichen Möglichkeiten können 5 Anwendungen mit Spritzverfahren ausgeführt werden.

Brandschutz-Spritzbeton FrSpC/BBG kann durch die Verwendung einer Polypropylen-Mikrofaser mit Grundsatzprüfung für die Brandschutzwirkung bereitgestellt werden, wobei dann eine Schichtdicke von 6 bis 10 cm einzuhalten ist. Eine Brandschutzprüfung ist in diesem Fall nicht notwendig.

Für geringere Schichtdicken oder allenfalls andere Zusammensetzungen des Spritzbetons ist die Brandschutzwirkung in der jeweiligen Schichtdicke im Brandversuch zu beurteilen (siehe Tabelle 1).

Bei Brandschutz-Spritzmörtel gibt es ebenfalls zwei Möglichkeiten der Anwendung, die sich in der Beurteilung der Brandschutzwirkung unterscheiden.



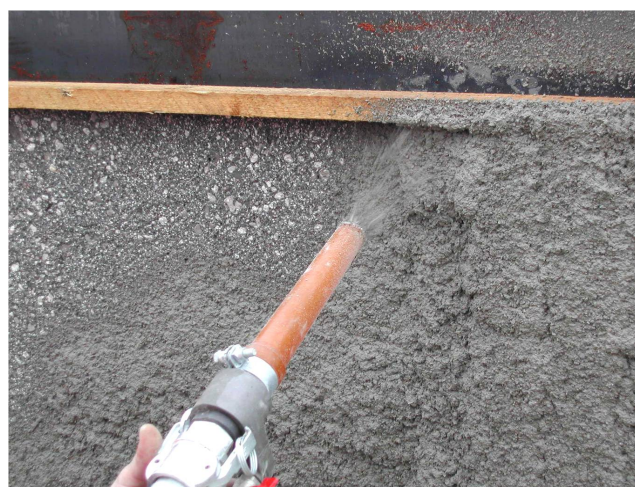
**Bild 3: Wirksame Dicke bei mehrlagigen Konstruktionen aus Brandschutz-Spritzbeton (FrSpC) und Brandschutz Spritzmörtel (BSM-O). Im Falle von BSM-B würde die wirksame Dicke bis zur Spachtelung reichen (Bild aus [1])**

Brandschutz-Spritzmörtel mit Brandschutzwirkung (BSM-B) müssen im Brandversuch geprüft werden, wobei die alleinige Anwendung mit 4 bis 8 cm Dicke oder die kombinierte Anwendung mit Brandschutz-Spritzbeton in einer Dicke von 1,0 bis 2,5 cm beurteilt wird.

Brandschutz-Spritzmörtel für die Oberflächengestaltung (BSM-O) müssen mit einer geprüften Faser hergestellt werden, wobei die üblicherweise geringere Schichtdicke dieser Mörtel auf Brandschutz-Spritzbeton nicht für die Brandschutzwirkung berücksichtigt werden darf.

Beide Brandschutzmörtel werden grundsätzlich nach der öbv-Richtlinie „Erhaltung und Instandsetzung“ [11] geprüft, wobei die Anforderungen auch in der Tabelle 4-3 der Richtlinie Schutzschichten [1] angeführt sind.

Für Brandschutz-Leichtspritzmörtel (BLSM) müssen die Anforderungen der Tabelle 4-4 der Richtlinie Schutzschichten nachgewiesen werden, wobei die Brandschutzwirkung in der üblichen Schichtdicke von 3 bis 6 cm immer im Brandversuch beurteilt wird.



**Bild 4: Auftrag Brandschutz-Leichtspritzmörtel (BLSM)**



### 3.5 Anforderungen an den Untergrund

Bei der Anwendung von Schutzschichten aus Spritzbeton oder -mörtel ist ein geeigneter Untergrund eine wesentliche Voraussetzung für einen ausreichenden und dauerhaften Verbund. Die Ergebnisse der Ist-Zustandserhebung sind für die Beurteilung des Untergrundes und die allenfalls erforderlichen Maßnahmen zur Untergrundvorbehandlung wesentlich. In den Tabellen 5-1 und 5-2 der öbv-Richtlinie Schutzschichten sind die jeweils zu beurteilenden Eigenschaften des Untergrundes, die Anforderungen und dabei anzuwendende Hinweise angeführt.

Tab. 3: Anforderungen an den Untergrund nach Tab. 5-1 [1] für Brandschutzspritzbeton (FrSpC/BBG)

Eigenschaften	Anforderung	Hinweise
Festigkeitsklasse	mind. C16/20	Bohrkernprobe und Druckversuch: Prüfung gemäß ONR 23303 und ÖNORM EN 13791
Betonüberdeckung	projektspezifisch festzulegen	Bestimmung der vorhandenen Betonüberdeckung zur Bewertung des Temperatureindringungsverhaltens und der Dicke der Schutzschicht
Korrosionsgefährdung	gemäß öbv-Richtlinie „Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton“, Pkt. 5.2.1 und 5.2.2	Bewertung der Karbonatisierung und des Chloridgehaltes in Kombination mit der Betonüberdeckung
Risse	gemäß ÖVBB-Richtlinie „Bewertung und Behebung von Fehlstellen bei Tunnelinnenschalen“ <ul style="list-style-type: none"> <li>• in unbewehrten Betonbauwerken ohne Feuchtigkeitsdurchtritt unbedenklich: max. 1 mm</li> <li>• in unbewehrten Betonbauwerken bei Rissen &gt;1 mm: Statische Bewertung erforderlich</li> <li>• in bewehrten Betonbauwerken &lt; 0,4 mm bzw. 0,2 mm bei WDI: unbedenklich</li> </ul>	Rissaufnahme und Dokumentation: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rissverlauf</li> <li>• Rissweite</li> <li>• Rissweitenänderung</li> <li>• Risstiefe</li> <li>• Feuchte</li> </ul>
Anforderungsklasse für die Wasserundurchlässigkeit an den Untergrundbeton	gemäß ÖVBB-Richtlinie „Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wanne“, Tab. 3/1 A1 „weitgehend trocken“	wenn A1 nicht gegeben: Ableitung der Feuchtigkeit, Abdichtung, Instandsetzung
Grate und Versätze	ab 5 mm oder 15% der Schutzschichtdicke	Abschleifen oder Ausgleich mit Instandsetzungsmörtel bei größeren Abmessungen
Abreißfestigkeit	siehe Tab. 5-2 der RL	Notwendige Abtragtiefe für Brandschutzschichten im Verbund
Tunnelprofil, Ebenheitstoleranzen	ÖNORM DIN 18202, Abb. 6.2	Einhaltung des Lichtraumprofils nach Applikation der Brandschutzschicht
Innenschalendicke	Statik	Sicherstellung des Tragverhaltens
Sonstige Abweichungen	Sulfatangriff, Ausblühungen, bestehende Beschichtungen, Verunreinigungen, Installationen etc.	Anpassung des Systems
Mittlere Rautiefe	Siehe Tabelle 5-2 der RL	Untergrundvorbehandlung

Die Abreißfestigkeit von mindestens 1,5 MPa als Mittelwert kann bei Brandschutz-Leichtspritzmörtel bis auf 0,7 MPa als Einzelwert reduziert werden. Die mittlere Rautiefe für Spritzbeton muss mindestens 2,0 mm betragen, für Spritzmörtel nur 1,0 mm.

Zur Dokumentation des Untergrundes werden im Anhang der öbv-Richtlinie Schutzschichten Musterabnahmeprotokolle für die Istzustands-Erhebung und die jeweiligen Produktmöglichkeiten bereitgestellt.

### 3.6 Anforderungen an den Verbund und die Befestigungsmittel

Für den Verbund von Brandschutzschichten sind einerseits der Untergrund, andererseits die Materialien der Schutzschichten entscheidend. Gemäß den Anforderungstabellen für die spritzbaren Produkte sind also für den Verbund die Haftzugfestigkeiten nachzuweisen.

Außerdem ist für Brandschutzschichten eine Netzbewehrung vorgeschrieben. Die Befestigung muss zusammen mit der Netzbewehrung das Eigengewicht der Schutzschicht und die maximale Sogbelastung ohne Ansatz der Haftzugfestigkeiten aufnehmen. Die im Regelfall anzusetzenden Sogkräfte sind in Pkt. 3.2 der öbv-RL festgelegt. Der Kraftfluss von der Schutzschicht ist bis in den Untergrund nachzuweisen. Kunststoffe oder nicht mineralische Klebemörtel sind nicht zulässig. Mindestanforderungen an die Verankerung sind ebenso angegeben, wie ein Ausführungsbeispiel (Bild 5).

Die Korrosionsbeständigkeit der Bewehrungen und Befestigungsmittel muss entweder durch eine ausreichende Betondeckung oder durch die Wahl geeigneter Materialien (z.B. Edelstahl) gewährleistet werden.

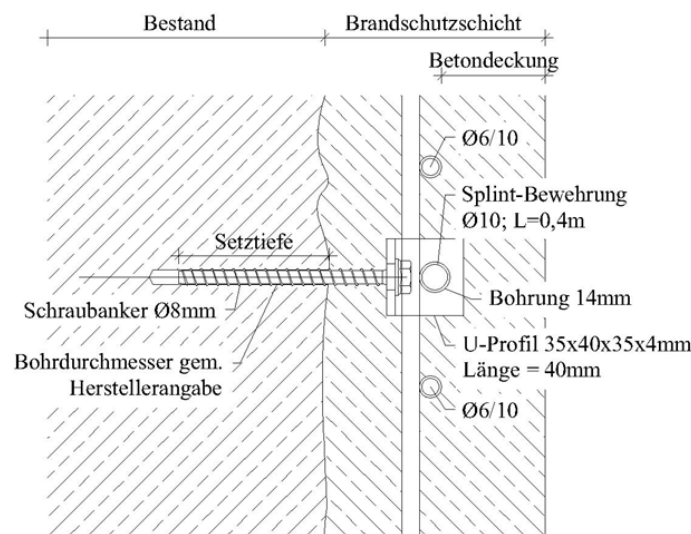


Bild 5: Beispielhaftes Befestigungsdetail aus [RL] einer Bewehrungsmatte mit Schraubanker

### 3.7 Ausführung von Brandschutzschichten

Bei der Ausführung von spritzbaren Brandschutzschichten sind die Schichtdicken in den vorgesehenen Bandbreiten einzuhalten, da sowohl Unterschreitungen, als auch Überschreitung technische und wirtschaftliche Nachteile bedeuten.

Für die Applikation müssen natürlich die geeigneten Geräte (Trocken- oder Nassspritzmaschinen) und die jeweils vorgesehenen Produkte (Trocken-Mischgut, Feucht-Mischgut, Nass- Mischgut oder Trockenmörtel) berücksichtigt werden.

Die Ebenflächigkeit und Oberflächengestaltung hängt vom Material der Brandschutzschichte ab und sollte bereits bei der Planung festgelegt werden. Zum Glätten von Spritzbeton ist in der Regel eine Brandschutzmörtelschicht BSM-B oder BSM-O erforderlich.

Fugen im Untergrund, die Bewegungen aufweisen, müssen auch in den Brandschutzschichten beweglich ausgeführt werden.

Spritzbetone und Spritzmörtel als Brandschutzschichten sind hydraulische Materialien und müssen daher über mindestens 7 Tage nachbehandelt werden.

### 3.8 Qualitätssicherung und Prüfung

Für die Qualitätssicherung bei Brandschutzschichten sind die im Betonbau üblichen Prüfungen, wie Erst-, Konformitäts- und Identitätsprüfungen, sowie die Prüfungen bei der Anwendung zu beachten.

Abweichend von vielfach üblichen Vorschriften sind alle Erstprüfungen von akkreditierten Prüfstellen durchzuführen, wobei die jeweiligen Anforderungen abhängig von der Produktart in den Tabellen 8-2, 8-3 und 8-4 der öbv-Richtlinie Schutzschichten angeführt sind. In diesen Tabellen werden auch die Prüfhäufigkeit bei der Anwendung und die Prüfungen am Untergrund dargestellt.

Ist der Nachweis der Brandbeständigkeit im Brandversuch gefordert, so hat dieser an 2 Prüfkörpern mit Referenzproben nach Anhang 1 der RL durchzuführen (Bild 6). Der Prüfbericht ist von einer akkreditierten Prüf- und Überwachungsstelle für Beton und einer für das Verhalten bei Feuereinwirkung auszufertigen.

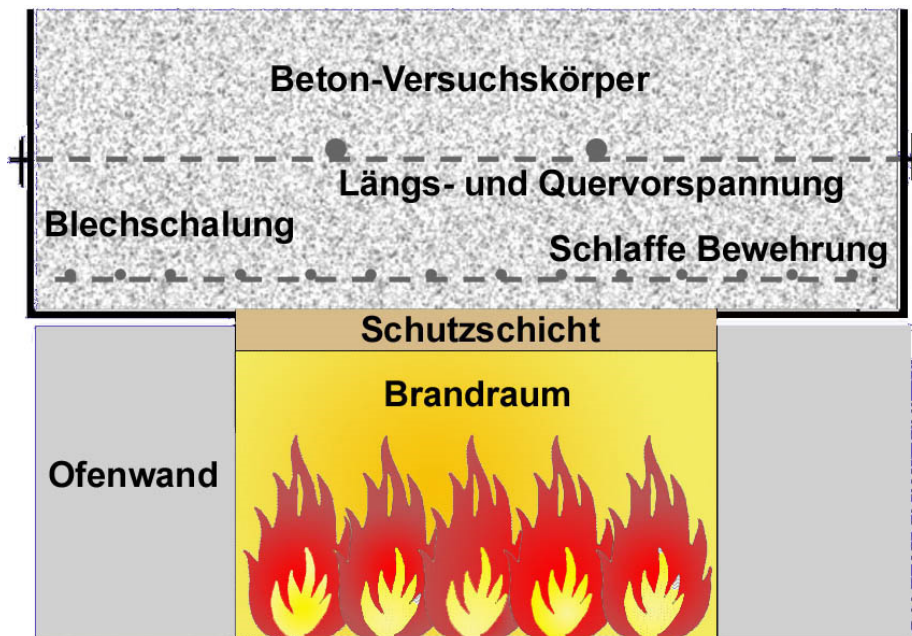


Bild 6: Prüfung der Brandschutzschichte nach Anhang 1 der RL [1]

Für Brandschutz-Leichtspritzmörtel ist auch der Nachweis der Rissöffnung nach Anhang 2 der RL zu führen.

#### 4. Zusammenfassung

Brandschutzschichten sind eine exzellente nachträgliche Maßnahme, bestehende Tunnels bezüglich des baulichen Brandschutzes zu ertüchtigen und ermöglichen bei geschädigten Tunnelinnenschalen unter Umständen auch eine gleichzeitige Betoninstandsetzung.

Die 2017 erschienene öbv-Richtlinie „Schutzschichten für den erhöhten baulichen Brandschutz für unterirdische Verkehrsbauwerke“ [1] bietet eine aktualisierte systematische Auswahl bezüglich der großen Produktpalette und eine übersichtliche Aufstellung der notwendigen Prüfungen und Qualitätssicherungsmaßnahmen um die Planung und Applikation erfolgreich zu machen. Die Erfahrungen von tausenden Quadratmetern aufgebracht Schutzschichten in Österreichischen Verkehrstunnels und die Expertise von vielen erfahrenen Mitarbeitern im Arbeitskreis sind mit in die Erstellung eingeflossen.

#### 5 Literatur

- [1] öbv- Richtlinie:  
Schutzschichten für den erhöhten baulichen Brandschutz für unterirdische Verkehrsbauwerke. Österreichische Bautechnik Vereinigung, Wien, 2017 01.
- [2] ÖVBB- Merkblatt:  
Schutzschichten für den erhöhten baulichen Brandschutz für unterirdische Verkehrsbauwerke. Österreichische Bautechnik Vereinigung, Wien, 2006 11.
- [3] öbv- Richtlinie:  
Erhöhter baulicher Brandschutz für unterirdische Verkehrsbauwerke aus Beton. Österreichische Bautechnik Vereinigung, Wien, 2015 03.
- [4] Kusterle, W.:  
Sprayable fire-protective layers in traffic tunnels. In: Proc. of the third International Conference on Engineering Developments in Shotcrete, Queenstown, 15-17 March, 2010, Bernard, E.S. (ed.) Shotcrete: Elements of a System. CRC Press/Balkema, Taylor & Francis, London 2010, ISBN: 978-0-415-47589-1, p.159-172.
- [5] RVS 09.01.45:  
Tunnel - Tunnelbau - Konstruktive Ausführung - Baulicher Brandschutz in Straßenverkehrsbauten Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien, September 2015.
- [6] RVE 08.00.01:  
Tunnel und tunnelähnliche Bauwerke - Übergeleitete Regelwerke - Baulicher Brandschutz in unterirdischen Verkehrsbauwerken. Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien.
- [7] Kusterle, W. et al.:  
Brandbeständigkeit von Faser-; Stahl- und Spannbeton, BMVIT in Zusammenarbeit mit HL-AG; Straßenforschung Heft 544; Wien 2004.
- [8] Kusterle, W., Lubl6y, ., Balzs, G. E., Di Prisco, M.:  
FRC under fire conditions. In FIB Bulletin Fibre Reinforced Concrete. In Druck, 2018.
- [9] ÖVBB- Richtlinie:  
Faserbeton. sterreichische Bautechnik Vereinigung, Wien 7/2008.
- [10] ÖVBB- Richtlinie:  
Spritzbeton. sterreichische Bautechnik Vereinigung, Wien 12/2009.
- [11] bv-Richtlinie:  
Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton. sterreichische Bautechnik Vereinigung, Wien 4/2014.

**Zu den Autoren**

Dipl.-Ing. Florian Petscharnig

Studium Chemieingenieurwesen an der TU Graz. Tätigkeiten bei Treibacher Chemische Werke, Bleiberg Bergwerksunion und viele Jahre als Laborleiter bei den Wietersdorfer & Peggauer Zementwerken GmbH. Anschließend leitet er das Technische Büro für Verfahrenstechnik in St. Walburgen, Österreich. Mitarbeiter im Arbeitskreis „Schutzschichten“ im öbv.

*office@petscharnig.at*

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

Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Innsbruck. Universitätsdozent für hydraulisch gebundene Werkstoffe an der Universität Innsbruck. Forschungstätigkeiten, Entwicklung von Prüfverfahren und Consulting in Betontechnologie, Betoninstandsetzung, Faserbeton, Spritzbeton und Tunnelbau. Seit 2001 Professor für Baustoffkunde an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg. Leiter des Arbeitskreises „Schutzschichten“ im öbv.

*wolfgang.kusterle@oth-regensburg.de*