



Qualitätsanforderungen für Tunnelanstriche

1. Grundlagen

- Tunnelrichtlinie Tiefbauamt Graubünden
- Im Weiteren gelten die im Anhang 02 und im Werkvertrag und dessen Bestandteile aufgeführten Normen und Richtlinien.

2. Einleitung

Die vorliegende Richtlinie für Tunnelanstriche bezweckt einen einheitlichen Projektierungsstandard für die im Kanton Graubünden zu erstellenden und instanzzusetzenden Tunnelbauten.

Das in dieser vorliegenden Richtlinie definierte Oberflächenschutzsystem hat sich aus den Erfahrungen der letzten Jahre ergeben.

Im Einzelfall, insbesondere bei der Instandsetzung von alten Beschichtungen soll diese Richtlinie kritisch hinterfragt werden, um speziellen Randbedingungen Rechnung zu tragen.

Im weiteren definiert die vorliegende Richtlinie Qualitätsanforderungen an die Ausgangsstoffe und an die fertiggestellten Oberflächenschutzsysteme.

3. Begriffe

Eine allgemein anerkannte Klassifikation, die das gesamte Spektrum der bekannten und eingesetzten Oberflächenschutzmassnahmen nach einheitlichen Kriterien erfasst, existiert noch nicht. In Anlehnung an die SIA Empfehlung 162/5 werden in der vorliegenden Richtlinie die nachstehend definierten Begriffe verwendet.

Beschichtung

Festhaftende Schicht, bei Betonoberflächen als Dünnbeschichtung (Schichtdicke ≤ 1 mm) oder Dickbeschichtung (Schichtdicke > 1 mm).

Die hier abgehandelten Tunnelanstriche werden in der Folge als Beschichtung bezeichnet (Dünnbeschichtung).

Oberflächenschutzsystem

Kombination von aufeinander abgestimmten Oberflächenschutzmassnahmen.

Schichtgrenze

Berührungsfläche zweier miteinander verbundener Materialschichten (Untergrund, Beton, Mörtel, Oberflächenschutzschicht).

Untergrund

Zur Aufnahme von Oberflächenschutzschichten vorbereitete Oberfläche.



Im weiteren wird folgender, in der SIA-Empfehlung nicht aufgeführter Begriff verwendet:

Flächenspachtel

Wird in ein bis zwei Lagen aufgebracht und dient dem Porenschluss und dem Ausfüllen von örtlichen Fehlstellen sowie einem Glätten des Untergrundes ohne Bildung eines zusammenhängenden Oberflächenfilms.

4. Zweck einer Tunnelbeschichtung

Eine Tunnelbeschichtung darf auf keinen Fall als Verbesserungsmassnahme von mangelhaftem Untergrund betrachtet werden. Sie hat im wesentlichen folgende Funktionen zu erfüllen:

4.1. Schutzfunktion

Die bewehrten Abschnitte des Tunnels sollen vor dem Eintrag von Schadstoffen geschützt werden.

Im Vordergrund stehen:

- Schutz der Bewehrung vor Chlorideintrag in Zusammenhang mit Spritzwasser und Sprühnebel.
- Bewahrung einer hohen Alkalität des Betons durch Verminderung des CO₂-Eintrages (Karbonatisierungsbremse).

4.2. Erleichterung der Unterhaltsarbeiten

- Die Reinigung des Tunnels soll dank einer reduzierten Schmutzhaftung erleichtert werden.
- Der Energieaufwand für die Beleuchtung soll durch eine aufhellende Wirkung reduziert werden.

4.3. Optische Verbesserungen

- Dank einer guten Ästhetik und der aufhellenden Wirkung soll der Tunnel angenehmer befahrbar sein (evtl. Auflockerung der Monotonie durch Farbgestaltung).
- Unterstützung der optischen Führung durch Kontrast zum dunklen Fahrbahn- und Bankettbelag.



5. Mögliche Einwirkungen auf die Tunnelbeschichtung

Eine Tunnelbeschichtung ist hauptsächlich folgenden Einwirkungen ausgesetzt:

5.1. Umgebungseinflüsse

- Grosse witterungs- und jahreszeitlich bedingte Temperaturschwankungen mit Frost-Tauzyklen.
- Belastung durch UV-Strahlen der Sonne im Portalbereich.
- Mögliche Bildung von Kondenswasser an den Tunnelwänden.
- Hohe Alkalität des Untergrundbetons.

5.2. Verkehrsbedingte Einwirkungen

- Überdurchschnittliche CO₂-Konzentration in der Tunnelatmosphäre.
- Spritzwasser und Sprühnebel mit zeitweise hohem Chloridgehalt durch „Aufkonzentration“ infolge fehlender Bewitterung.
- Lokale Beaufschlagung mit flüssigen Treib- und Brennstoffen oder deren Dämpfe.
- Starke Verschmutzung, insbesondere durch Russpartikel und Staub (Bremsstaub, Gummiabrieb) und fehlendem Reinigungseffekt durch natürliche Bewitterung.
- Lokale mechanische Beanspruchungen, insbesondere Abrasion beim Streifen durch Fahrzeuge oder deren Ladungen oder Verletzung des Anstriches durch Fahrzeuganprall.
- Örtliche Zerstörung der Beschichtung durch Fahrzeugbrand.

5.3. Betriebsbedingte Einwirkungen

- Starke Beanspruchung durch Druckwasser und rotierende Bürsten infolge der Tunnelreinigung.

6. Kriterien bei der Produktwahl

Bei der Wahl eines Produktes stehen folgende Kriterien im Vordergrund:

Das zur Anwendung kommende Produkt soll

- eine gute Haftung mit dem Untergrund aufweisen
- gegen Gas- und Feuchtigkeitseintrag schützen
- beständig gegen Alterung und mechanische Einwirkungen sein
- möglichst umweltverträglich sein
- gestalterische Möglichkeiten bieten (helle Farbtöne)
- einfach verarbeitbar sein
- im System und mit dem Untergrund verträglich sein
- reparaturfreundlich sein



7. Tunnelbereiche und Oberflächenschutzsysteme

7.1. Tunnelbereiche

Aufgrund der unterschiedlichen Einwirkungen und Anforderungen wird ein Tunnel bezüglich Oberflächenschutzsystem in folgende Bereiche eingeteilt:

- Im Tunnellängsprofil
 - Bereiche mit bewehrtem Innenring / bewehrten Wänden
 - Bereiche mit unbewehrtem Innenring
- Im Tunnelquerprofil
 - Untere Hälfte des Gewölbes ab Bankett bis oberkant Lichtraumprofil bzw. bis unterkant Decke
 - Obere Hälfte des Gewölbes über Lichtraumprofil oder Decke

7.2. Oberflächenschutzsysteme

Grundsätzlich wird ein Oberflächenschutzsystem nur an der unteren Hälfte des Innenringes aufgebracht.

In Tabelle T1 sind der Aufbau und die Anwendung der Oberflächenschutzsysteme mit den notwendigen Vorarbeiten bezüglich Bauteil aufgelistet:

Tabelle T1: Oberflächenschutzsysteme mit Vorarbeiten bezüglich Bauteil

Bauteil	Vorarbeiten	Aufbau
Bewehrter Innenring / Bewehrte Wände	Reinigung des Untergrundes mit Wasserhochdruck min. 150 bar Ausfüllen von örtlichen Fehlstel- len wie Löcher, Lunkern und der- gleichen mit einem Flächen- spachtel ohne Bildung eines zu- sammenhängenden Oberflächen- films.	Hydrophobierung gem. BB2, Anhang 14 Wirkungsdauer > 10 Jahre Anstrich in min. 2 Aufträgen Mittlere Gesamtschichtstärke des Trockenfilms ≥ 0.20 mm
Unbewehrter Innenring	Reinigung des Untergrundes mit Wasserhochdruck min. 150 bar	Anstrich in min. 2 Aufträgen Mittlere Gesamtschichtstärke des Trockenfilms ≥ 0.15 mm



8. Anforderungen

8.1. Anforderungen an die Produkte

Zugelassen sind:

- als Beschichtung lösungsmittelfreie oder lösungsmittelarme, wasserverdünnbare Epoxidharzfarben.
- als Feinspachtel zementgebundene oder zementgebundene-kunststoffvergütete Produkte.

Es dürfen nur Werkstoffe eingesetzt werden, für welche ein Eignungsnachweis vorliegt.

Eignungsnachweise dienen der Charakterisierung der Eigenschaften eines Werkstoffs sowie dem Nachweis seiner grundsätzlichen Eignung für die vorgesehenen Anwendungen.

Im Rahmen des Eignungsnachweises hat der Unternehmer anhand der Prüfberichte von zertifizierten oder akkreditierten Prüflabors nachzuweisen, dass die Produkte die Anforderungen gemäss Tabelle T2 erfüllen. Ein Eignungsnachweis darf nicht älter als 5 Jahre sein.

Sämtliche zur Anwendung kommenden Produkte müssen untereinander und mit dem Untergrund verträglich sein.

8.2. Anforderung an die Applikation

Beschichtungsarbeiten dürfen nur ausgeführt werden, wenn die Temperatur und die Feuchte des Untergrundes sowie die Witterungsbedingungen den Anforderungen des Lieferanten entsprechen.

Der Untergrund muss vor der Applikation mit Wasserhochdruck gereinigt werden. Im Weiteren hat die Vorbehandlung des Untergrundes gemäss den Vorgaben des Lieferanten zu erfolgen.

Bei den bewehrten Bereichen des Tunnels müssen vor der Applikation der Beschichtung Schadstellen im Beton wie Löcher, Lunkern und dergleichen mit einem Durchmesser von über 2.0 cm mit einem Flächenspachtel verfüllt werden.

Die im Rahmen der Qualitätsüberwachung während und nach der Ausführung durch den Unternehmer durchzuführenden Untersuchungen mit den Anforderungen sind der Tabelle T3 zu entnehmen.

Um die Eignung eines Werkstoffes für eine spezifische Anwendung zu prüfen oder um mehrere Produkte oder Auftragssysteme zu evaluieren sind Vorversuche an Musterflächen notwendig.



Tabelle T2: Anforderungen an die Produkte

Prüfung	Grundlage / Prüfung	Feinspachtel	Beschichtung
FT-Beständigkeit	Verfahren Dobrolubow-Rohmer BE II	WFT-L > 50 %	
Wasseraufnahmekoeff. w	SN EN 1062-3		$w \leq 0.05 \text{ kg/m}^2 \times \sqrt{h}$ bei einer Schichtdicke von $\leq 0.20 \text{ mm}$
Wasserdampf-Diffusion	SN EN ISO 7783-2		Erhöhung $S_d \leq 4 \text{ m}$ gegenüber Referenz bei einer Schichtdicke von $\geq 0.20 \text{ mm}$
Kohlendioxid-Diffusion	SN EN 1062-6		$R \geq 50 \text{ m}$ bei einer Schichtdicke von $\leq 0.20 \text{ mm}$
Haftzugfestigkeit	SN EN 1542	$\geq 1.5 \text{ N/mm}^2$	$\geq 1.5 \text{ N/mm}^2$

Tabelle T3: Umfang der Untersuchungen während und nach der Ausführung mit Qualitätsanforderungen

Untersuchung	Grundlage	Prüfung	Umfang	Anforderung
Gitterschnitt	ISO 2409	vor Ort	pro angefangene 2000 m ² 1 Untersuchung à 3 Prüfstellen	$G_t \leq 2$
Im Zweifelsfalle gilt nachfolgende Untersuchung und Anforderung als massgebend:				
Haftzugfestigkeit	SN EN 1542	vor Ort oder im Labor	pro angefangene 2000 m ² 1 Untersuchung à 3 BK Ø 50 mm	$\geq 1.5 \text{ N/mm}^2$
Schichtstärke	Mikroskopisch bestimmt am Anschliff oder Keilschnittverfahren DIN 50 986	im Labor vor Ort	pro angefangene 2000 m ² 1 Untersuchung à 1 BK Ø 50 mm pro angefangene 2000 m ² 1 Untersuchung à 3 Prüfungen	Siehe Tabelle T1