
GENERALINSTANDSETZUNG DER INNENSCHALE DES TUNNELS DÜRNSTEIN IN NIEDERÖSTERREICH MIT SPRITZBETON UND WEISSEM SPRITZMÖRTEL IN 5 MONATEN BAUZEIT

GENERAL REFURBISHMENT OF THE INNER SHELL OF THE TUNNEL DÜRNSTEIN IN LOWER AUSTRIA WITH SHOTCRETE AND WHITE SPRAYED MORTAR IN FIVE MONTHS OF CONSTRUCTION

Norbert **Reichard**, ÖSTU-STETTIN Hoch- und Tiefbau GmbH, Leoben, Österreich
Günter **Vogl**, VOGL.PLUS GmbH, Irdning, Österreich
Markus **Brunner**, Amt der NÖ Landesregierung, St. Pölten, Österreich

Der Tunnel Dürnstein ist ein Straßentunnel im Zuge der B3 Donaustraße durch die Wachau mit einer Länge von 472 m. Bauherr ist das Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, die Vergabe der baulichen Instandsetzungsarbeiten erfolgte an die Firma HABAU – Perg, die Herstellung der bewehrten Spritzbetoninnenschale an ÖSTU-STETTIN – Leoben und die Ausführung der Spritzmörtelarbeiten mit Weißzement an die Firma VOGL.PLUS – Irdning.

Nach der Verlegung der neuen Tunnelabdichtung, Montage der Innenschalenbewehrung mit Tragbögen wurde die neue Innenschale mit Spritzbeton im Nassspritzverfahren aufgebracht und der weiße Spritzmörtel auf den Spritzbeton appliziert. Mit diesem alternativen System konnten die Sanierungsarbeiten in den Wintermonaten unter Einhaltung einer äußerst kurzen Bauzeit perfekt durchgeführt werden. Im Hinblick auf den Innovationsaspekt zeigt sich diese Ausführung als sehr gute Alternative zu den herkömmlichen Beschichtungssystemen von Tunnel-Innenschalen. Von den detaillierten Spritzbeton- und Spritzmörtelarbeiten berichtet dieser Beitrag.

The tunnel Dürnstein is a road tunnel in Lower Austria with a total length of 472 m. The government of Lower Austria commissioned the general refurbishment of the tunnel. The repair work was performed by HABAU – Perg, ÖSTU-STETTIN – Leoben, and VOGL.PLUS – Irdning.

After attaching the new waterproofing, the inner shell reinforcement was done with lattice girders. Shotcrete was then applied in a wet-mix spraying process, and finally white sprayed mortar. Thanks to this alternative and innovative system, the refurbishment work could be executed perfectly during the winter months in extremely short construction time. This method is innovative and a perfect alternative to the conventional coating systems of tunnel inner shells.

1. Einleitung

Nach einer Betriebszeit von 60 Jahren war eine Generalinstandsetzung des 1959 eröffneten Straßentunnels Dürnstein unumgänglich. Neben den baulichen Instandsetzungsmaßnahmen mussten auch die Lüftungstechnischen und elektromaschinellen Einrichtungen dem Stand der Technik angepasst werden. Die Generalinstandsetzung sah den Abbruch der bestehenden Innenauskleidung, der Zwischendecke und der gesamten Fahrbahn vor. Der 472 m lange Tunnel Dürnstein hat einen Ausbruchsquerschnitt von ca. 70 m². Für den neuen Innenausbau

waren ca. 10.000 m² Tunnelabdichtung, ca. 2.000 m³ Spritzbeton sowie ca. 180 t Bewehrungsstahl erforderlich. Im Kämpfer- und Firstbereich sollte eine bewehrte Spritzbetoninnenschale angeboten werden.

Die Amtsvariante sah vor, die Innenschale im Ulmenbereich mittels Betonfertigteilen aus Weißzement herzustellen und diese mit Ortbeton zur Tunnelabdichtung hin zu verfüllen. Bezüglich des Lichtreflexionsgrad LRV war ein Mindestwert von 50 zu erreichen. Um innovative Lösungen zu ermöglichen, sah die Ausschreibung auch die Gelegenheit zur Legung von Alternativangeboten zur Ausbildung der Innenschale unter Einhaltung von genau definierten Mindestanforderungen vor.

Sinngemäß beinhaltete die Ausführungsalternative den Einbau einer durchgehenden Spritzbetoninnenschale mit Weißzementmörtel im Ulmenbereich bis in eine Höhe von 4,5 m über der Fahrbahnoberkante. Die Ausführung mit Spritzbeton und Weißzementmörtel gehört zum Kerngeschäft der Bietergruppe, somit war die Ausarbeitung des Alternativangebotes sehr interessant. Letztendlich konnte die Alternative preislich günstiger als der Amtsentwurf angeboten werden.

Die ausführenden Unternehmen boten diese Ausführungsalternative an und wurden nach Prüfung des Angebotes durch das Amt der Niederösterreichischen Landesregierung mit den Arbeiten beauftragt. Die Leistungen wurden im Zeitraum Herbst 2018 bis Frühjahr 2019 ausgeführt, wobei die Gesamtkosten von 8 Mio. € eingehalten werden konnten.

2. Baubeschreibung



Bild 1: Tunnelportal

Der Tunnel Dürnstein (Bild 1) stellt eine wichtige Ost-West-Verbindung an der linken Donauuferseite der Donaubundesstraße B3 zwischen Melk und Krems im österreichischen Bundesland Niederösterreich dar und verbindet die beiden Ortschaften Weißenkirchen und Unterloiben (Bild 2 und Bild 3). Der Tunnel unterquert dabei den historischen Altstadt kern von Dürnstein.

Er wurde im Zuge der Landesstraße B3 in den Jahren 1957 bis 1959 nach der „belgischen Tunnelbauweise“ errichtet. Der einröhrige Tunnel wird im Gegenverkehr betrieben (Bild 4).



Bild 2: Lageplan Dürnstein



Bild 3: Übersicht Tunnel Dürnstein

Nach einer eingehenden Zustandserhebung und aufgrund des Bauwerksalters musste der Tunnel einer Generalinstandsetzung unterzogen werden, um die Sicherheitseinrichtungen und die Anlagen, inklusive des Einbaus einer neuen Innenschale, auf den Stand der Technik zu bringen.



Bild 4: Alter Innenausbau

3. Bauausführung

Nach Abbruch der bestehenden Innenschale, Abtrag der Bestandsfahrbahn und der Freilegung der Bankette wurden die Vorbereitungsarbeiten für den Einbau der neuen Innenschale vorab mit dem Einbau der neuen Widerlager begonnen. Die freiliegenden Ulmen-, Kämpfer- und Firstflächen wurden gereinigt und das Abdichtungssystem (Bild 5) eingebaut. Dieses besteht aus der Schutzschicht mit einem Kunststoff-Vlies sowie einer 2 mm dicken Kunststoff-Dichtungsbahn mit Signalschichte.



Bild 5: Tunnelabdichtung

Als Befestigung für die Bewehrung wählte man das System einer selbsttragenden Bewehrung mit Tragbögen aus Baustahl (Bild 6 und 7). Um den Bewehrungsgehalt zu minimieren, wurden die Tragbögen in der statischen Berechnung berücksichtigt. Die Bewehrung bestand aus einer

äußeren und einer inneren Lage, jeweils aus Zeichnungsmatten. Der Bewehrungsgehalt konnte mit ca. 100 kg/m³ festgelegt werden.



Bild 6: Tragbögen mit äußerer Bewehrungslage



Bild 7: Bewehrungswagen



Bild 8: Auftrag erste Lage Spritzbeton (im Nassspritzverfahren)



Bild 9: Spritzbetonoberfläche

3.1 Spritzmörtel-Weiß - Tunnelbeschichtung Sondersystem

Bei der Sanierung der Tunnelinnenschale werden zwei Schichten aus Spritzbeton und Spritzmörtel appliziert.

Der Spritzbeton wurde als Transportbeton (SpC 25/30(56) / III / J2 / F59 / GK8 / XC4 / XF3 / VV180) mittels Fahrmischer angeliefert und mittels Spritzroboter in zwei Lagen mit einer Gesamtstärke von mind. 18 cm appliziert (Bild 8). Zur Einhaltung der Oberflächengenauigkeit wurden Metalllehren an der Innenschalenbewehrung montiert (Bild 9). Im Alter von 7 Tagen erfolgte die Untergrundvorbereitung mittels Höchstdruckwasserstrahlen mit 3000 bar. Für den händischen Auftrag der zweiten Schicht weißen Spritzmörtels wurde eine Schneckenpumpe verwendet (siehe Bild 10). Die Nachbearbeitung erfolgte durch Abziehen und Glätten der Spritzmörtelschicht (siehe Bild 11). Die Prüfung während der Anwendung erfolgte anhand der ÖBV-Richtlinie „Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton Pkt. 6.8.4.



Bild 10: Spritzmörtel Auftrag

3.2 Tragfähigkeit der Tunnelinnenschale / Verbund

Die 18 cm dicke Spritzbetoninnenschale und der 2 cm dicke PCC Spritzmörtel R4/XF4-GK4 "weiß", bilden bei sorgfältiger Ausführung der Instandsetzung ein Verbundsystem, das die volle Tragfähigkeit der Innenschale im Instandsetzungsbereich jedenfalls sicherstellt. Die Radialzugspannung, jeweils an den Schichtübergängen Innenschalenbeton und 2 cm PCC

Spritzmörtel "weiß", ist sehr klein. Kurz nach dem Auftragen einer PCC Spritzmörtelschicht ergeben sich infolge des Abfließens der Hydrationswärme und des Anfangsschwindens Zugspannungen. Diese Spannung wird sich im weiteren Verlauf des Kriechens der Spritzmörtelschichten, trotz des Restschwindens, auf vernachlässigbare Werte reduzieren.

Ein wesentlicher positiver Effekt bei der Verwendung von mineralischen Betonersatzsystemen, auch als Beschichtungsschicht, ist daher, dass durch die erzielbaren Haftzugfestigkeiten ein statisch wirksames Verbundsystem entsteht.

3.3 Technologische Werte

Der weiße Spritzmörtel erfüllt alle Anforderungen gemäß den in Österreich gültigen Normen **EN 1504-3** [3], Richtlinie „Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton“[2] und im speziellen Fall des Merkblatts "**Tunnelbeschichtungen**". [7]

Dazu Auszüge aus den Regelwerken mit den materialspezifischen Anforderungen: **EN 1504-3:2005** Grundanforderungen gemäß Pkt. 5.2 (Tab. 3),

ÖBV-RL "Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton" (08/2019) Anforderungen R4/XF4 gemäß Pkt. 6.8.3.2 (Tab. 6-18),

ÖBV-MB "Tunnelbeschichtungen" (08/2014) Anforderungen an PCC-Mörtelbeschichtungen gemäß Pkt. 4.1 (Tab. 4-1) und Pkt. 10 Sondersysteme, Abschnitt "Tunnelauskleidung aus geschliffenem weißem Spritzmörtel".

3.4 Helligkeit - "Tunnelbeschichtung weiß"

Gemäß Bericht B18114-2 der TU Wien - Smart Minerals GmbH [1] wurde eine Helligkeitsbestimmung an Probekörpern (Spritzkisten 50/50/4 cm) mit Schretter & Cie NOVISAN SPM 4K PCC Spritzmörtel R4/XF4-GK4 "weiß" durchgeführt. Dabei wurde die Oberfläche des unbehandelten Probekörpers unter Laborbedingungen mittels Spectrophotometer geprüft. Es wurde aus materialtechnischer Sicht und aus praktischen Erfahrungen mit dem Spritzmörtel heraus entschieden, die Beschichtungsoberfläche "weiß" durch Abziehen bzw. Glätten weiter zu vergüten (Bild 11).



Bild 11: Oberflächenvergütung durch Glätten

3.5 Eindringen von Chloriden

Für die Spezifikation bezüglich des Eindringens von Chloriden wird nach ÖBV-Richtlinien der Grenzwert für den Chloridgehalt mit 0,6 M% (Cl⁻) der Zementmasse für Stahlbeton angegeben und der Spezifikation der Konformitätserklärung zugrunde gelegt.

3.6 Zeitschiene Spritzmörtelauftrag

Der Spritzmörtelauftrag erfolgte in zwei Lagen, Vorprofilieren und Oberflächenvergütung mit geringem Zeitversatz, sodass sich eine homogene Schicht ergibt. Aufgrund der Tagesleistung von 120 m² konnten die Arbeiten des Spritzmörtelauftrags innerhalb von 6 Wochen abgewickelt werden. Durch den zeitlichen Versatz mit dem Spritzmörtelauftrag ergab sich ein optimierter Bauablauf, der kaum durch die Witterungsbedingungen beeinflusst wurde und somit auch als ausgesprochen terminsicher bezeichnet werden kann. Kunstharzbeschichtungen können zwar kostengünstiger sein, haben jedoch bezüglich den Herstellungsbedingungen und der Beständigkeit viele Nachteile.

4. Besonderheiten

Eine Besonderheit bei der Bauausführung war der Synergieeffekt der ausführenden Unternehmen, welche jeweils ihre Leistungen optimiert miteinander abgestimmt haben und die entsprechende Erfahrung abgeschlossener Projekte einbringen konnten. Ebenso wurden sämtliche Abstimmungen zwischen dem Auftraggeber – AMT DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG und dem Auftragnehmer – HABAU – ÖSTU-STETTIN – VOGL.PLUS partnerschaftlich und zeitnah durchgeführt. Dies hat zu einer äußerst zufriedenstellenden und erfolgreichen Projektabwicklung wesentlich beigetragen.

Mit dem Spritzbeton/Mörtel-Verbundsystem können Instandsetzungsprojekte ausgesprochen zeitoptimiert ohne wesentliche Beeinträchtigung durch die Witterung, zielgerichtet umgesetzt werden.

Durch die nachgewiesene Haftzugfestigkeit von $> 1,5$ MPa ist davon auszugehen, dass die Tunnelbeschichtung mit der instandgesetzten Tunnelinnenschale, bei ausreichender Rauigkeit des Untergrundes, statisch zusammenwirken.

Auf Grundlage der vorliegenden Hellbezugsbestimmung der "Tunnelbeschichtung weiß" bei abgezogener Oberfläche kann eine sehr helle Oberfläche erzielt werden, die auch nach einer Tunnelwaschung erhalten bleibt (Bild 12).



Bild 12: PCC Tunnelbeschichtung weiß

Es ist zu erwarten, dass die "Tunnelbeschichtung weiß" gegenüber einer Kunstharz-Tunnel-Beschichtung über eine wesentlich längere Gebrauchstauglichkeit verfügt, die Oberfläche ohne besonderen Abrieb leichter zu reinigen ist und sich der künftige Sanierungsaufwand infolge größerer Sanierungsintervalle reduziert.

Mit der Verwendung des Tunnelbeschichtungssystems "weiß" können alle Vorteile über die Vorgaben und Anforderungen von Betonersatzsystemen genutzt werden und die vertraglichen Vorgaben an Tunnelbeschichtungen mit dem Produkt NOVISAN SPM 4K PCC Spritzmörtel R4/XF4-GK4 "weiß" erfüllt werden.

5. Gütezeichen und Klassifizierung der "Tunnelbeschichtung weiß" mit dem Produkt NOVISAN SPM 4 K PCC R4/XF4-GK4

Mit der Erst- und Gütezeichenprüfung nach ÖBV-Richtlinie „Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton“ [2] werden die Anforderungen und gestellten technischen Vorgaben an Tunnelbeschichtungen, im Zusammenhang mit den Anforderungen an die Oberflächenbeschichtung der Tunnelinnenschale, folgender Regelwerke mit diesem Beschichtungs- bzw. Instandsetzungsprodukt ausreichend erfüllt: der ÖNORM EN 1504-3 [3], der ZTV-ING, Teil 3 Massivbau, Abschnitt 4 Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, Ausgabe 03/12 [4], der ZTV-ING Teil 5 Tunnelbau, Abschnitt 1, geschlossene Bauweise Ausgabe 03/12 [5] und der wesentlichen technischen Vorgaben der TL/TP BE-SPCC [6]. Es eignet sich sowohl für die Applikation auf den vorbehandelten Innenschalenbeton als auch für den Einbau als Spritzbeton/Mörtelsystem im Verbund und verfügt aufgrund der Anforderungen nach ÖBV-Richtlinie über die entsprechende Produktverträglichkeit.



Bild 13: Tunnelröhre nach der Generalinstandsetzung

6. Zusammenfassung

In Anbetracht der kurzen Tunnelsperre während der Wintermonate war der rasche Einbau der Tunnelinnenschale unumgänglich. Durch die Applikation des weißen Spritzmörtels konnte auch die sehr witterungsabhängig aufzubringende Tunnelbeschichtung entfallen.

Durch diese Ausführungsart erhielt der Tunnel eine gleichmäßige Tunnelinnenschale, die sehr gut gereinigt werden kann und ein optisch anspruchsvolles Erscheinungsbild ausweist (Bild 13). Der Einbau einer kombinierten Innenschale aus Spritzbeton und weißem Spritzmörtel hat sich als die optimale Lösung herausgestellt.

Mittlerweile rollt der Verkehr wieder seit gut einem Jahr störungsfrei durch den Tunnel Dürnstein.

7. Literatur

- [1] TU Wien – Smart Minerals GmbH:
Bericht B18114-2.
- [2] Österreichische Bautechnik Vereinigung:
Richtlinie „Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton“. Wien, 08/2019.
- [3] Normenausschuss Bauwesen im DIN:
DIN EN 1504-3: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität, Teil 3: Statisch und nicht statisch relevante Instandsetzung. Berlin, 3/2006.
- [4] Bundesanstalt für Straßenwesen:
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, ZTV-ING, Teil 3 – Massivbau, Abschnitt 4 „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“. 03/2012.
- [5] Bundesanstalt für Straßenwesen:
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, ZTV-ING, Teil 5 – Tunnelbau, Abschnitt 1 „Geschlossene Bauweise“. 03/2012.
- [6] Bundesanstalt für Straßenwesen:
Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Ingenieurbauten TL/TP-ING. 10/2017.
- [7] Österreichische Bautechnik Vereinigung:
Merkblatt „Tunnelbeschichtungen“. Wien, 08/2014.

Zu den Autoren

Prok. Ing. Norbert Reichard

Absolvent der HTL Ortweinplatz Graz, Abteilung Tiefbau; seit 1979 Bauleiter im Untertagebau bei der Bauunternehmung Stettin bzw. ÖSTU-STETTIN Hoch- und Tiefbau GmbH, seit 2009 Leitung Untertagebau Sanierungen
norbert.reichard@oestu-stettin.at

BM Ing. Günter Vogl

Absolvent der HTL Mödling, Abteilung Hochbau; seit 1989 im Instandsetzungsbereich tätig, Bauleiter bzw. GF, 2015 Gründung der Fa. Vogl.Plus GmbH (mit DI Bernhard Tatzl), Unternehmung im Bereich Beton-, Bauwerksinstandsetzung
guenter.vogl@voglplus.at

Dipl.-Ing. Markus Brunner

Studium des Bauingenieurwesens an der TU-Wien, seit 2004 beim Amt der NÖ Landesregierung in der Abteilung Brückenbau tätig, Leiter vom Fachbereich Baumanagement und Bautechnik sowie Abteilungsleiter Stv.
markus.brunner@noel.gv.at