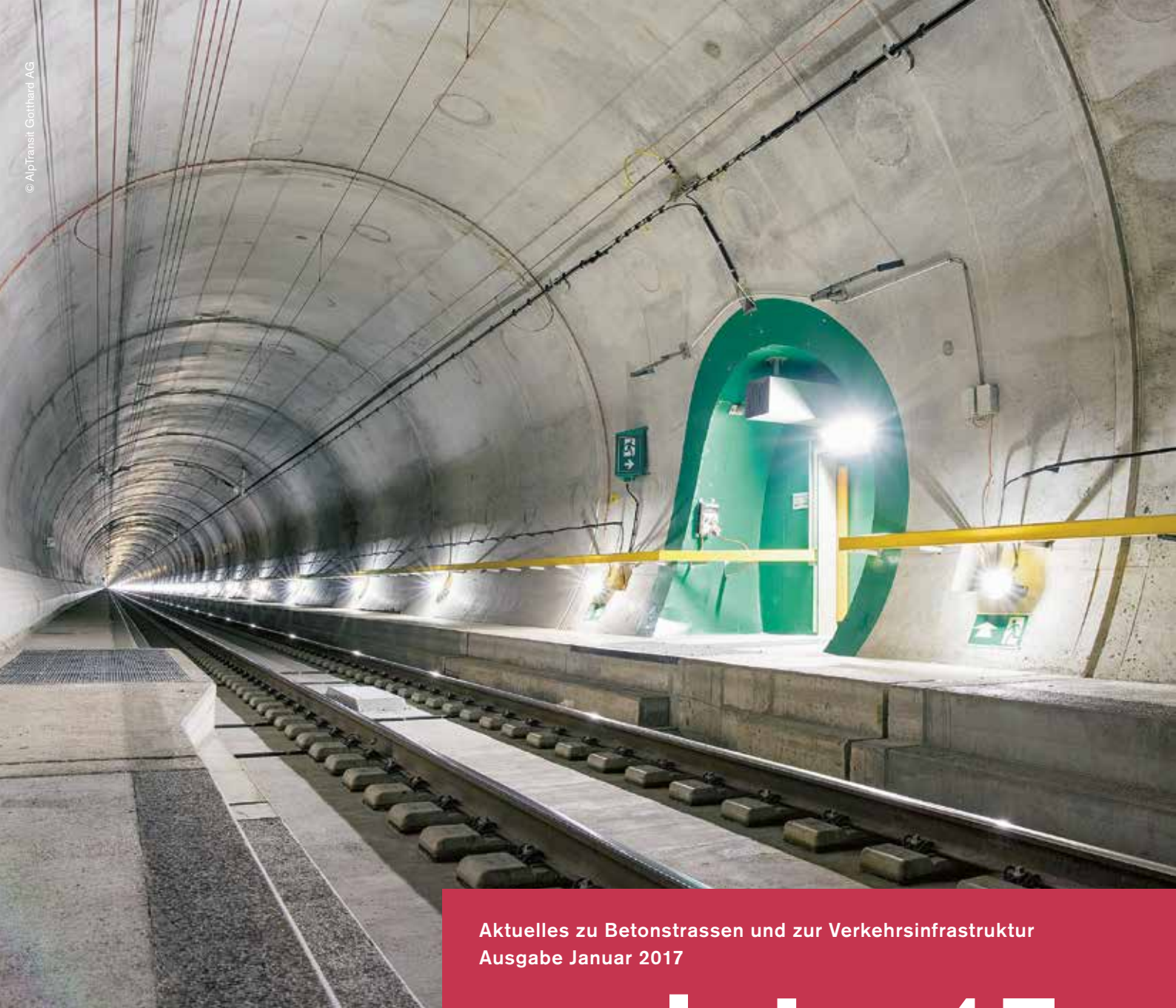




Aktuelles zu Betonstrassen und zur Verkehrsinfrastruktur
Ausgabe Januar 2017

update 47

Feste Fahrbahn im längsten Eisenbahntunnel der Welt – dem Gotthard Basistunnel

Im derzeit längsten Eisenbahntunnel der Welt stellten strenge werkvertragliche Anforderungen an die Feste Fahrbahn sowie die besonderen logistischen Randbedingungen des 57 km langen Tunnels eine grosse Herausforderung an den Einbauprozess, die Qualitätssicherung und die Arbeitssicherheit für die Ausführenden dar. Durch eine lösungsorientierte Partnerschaft und konstruktive Zusammenarbeit mit kompetenten Lieferanten und Subunternehmern aus der Schweiz wurde das Ziel «Herstellung einer qualitativ äusserst hochwertigen Fahrbahn» termingerecht erreicht.

Feste Fahrbahn im längsten Eisenbahntunnel der Welt – dem Gotthard Basistunnel

Zur Person des Autors

**Detlef Obieray, Dipl.-Ing. (univ.),
EURAILING Grunder Ingenieure AG,
Burgdorf BE. Vormalis bis
30. September 2016 Projektleiter
der ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard**

Herr Obieray hat vor dem Gotthard-Projekt zwei Jahre in China für den Know-how-Transfer zum Bau von Festen Fahrbahnen des Systems Rheda2000 für die Firma RailOne gearbeitet, davor drei Jahre in den Niederlanden zum Bau der Hochgeschwindigkeitsstrecke von Amsterdam zur belgischen Grenze (Hogesnelheidslijn Zuid [HSL Zuid]). Seit dem 1. Oktober 2016 ist Herr Obieray Mitglied der Geschäftsführung in der Grunder Ingenieure AG und dort für den Bereich Managementberatung und Projektentwicklung zuständig.



Detlef Obieray

1 Ausgangslage

Die Arbeitsgemeinschaft Transtec Gotthard (TTG) wurde von der Alptransit Gotthard AG (ATG), Bauherr der NEAT-Achse Gotthard, mit der Planung, dem Einbau und der Inbetriebnahme der Bahntechnik im Gotthard Basistunnel (GBT) beauftragt. Im Unterschied zur Herstellung des Rohbaus übertrug der Bauherr dem Auftragnehmer eine Generalunternehmeraufgabe. Die globale Vertragssumme betrug bei der Vergabe ca. 1,7 Mia. CHF und umfasste die Gesamtausstattung des Tunnels mit der Bahntechnik, und zwar der Erstellung der Fahrbahn, dem Einbau der Stromversorgung mit 50 Hz, der Kabelanlagen, der Fahrstromversorgung mit 16,7 Hz, der Telekommunikation für Festnetz und Funk sowie die Sicherungsanlagen nach ETCS-Standard Level 2 (European Train Control Standard).

Die Transtec Gotthard, ein Konsortium bestehend aus den Firmen ALPIQ, Alcatel-Lucent, Thales, Balfour Beatty Rail GmbH und HEITKAMP Construction Swiss GmbH, führte, koordinierte und integrierte als Projektgesellschaft die heterogenen Fachkompetenzen der Teilgewerke, die zur Realisierung des Gesamtauftrages notwendig waren. Die einzelnen Gewerke wurden im Innenverhältnis als Subunternehmerleistungen auf der Grundlage von Werkverträgen ausgeführt.

Für Planung, Einbau und Inbetriebnahme der Festen Fahrbahn im Gotthard Basistunnel war die ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard, bestehend aus den beiden Firmen Balfour Beatty Rail GmbH und HEITKAMP Construction Swiss GmbH, im Zuge eines sogenannten «Back-to-Back» Vertrages verantwortlich. Die Firma Grunder Ingenieure AG hat als nominierter Subunternehmer der TTG sämtliche Vermessungsarbeiten im Tunnel und auf den neu zu bauenden Zulaufstrecken für alle betroffenen Gewerke gesamtverantwortlich koordiniert und ausgeführt.

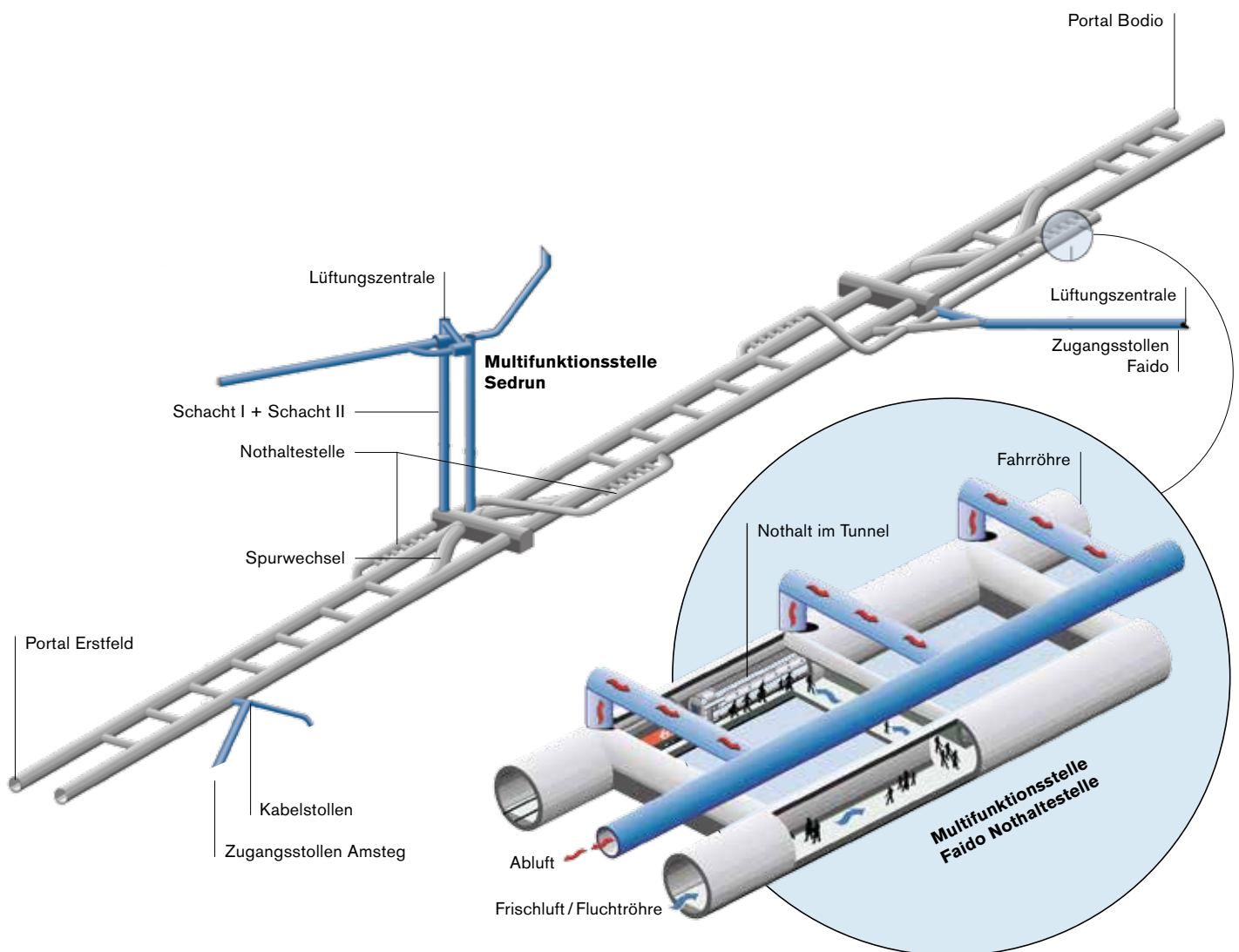


Abbildung 1: Schema Tunnelsystem GBT mit Notthaltestelle und Lüftung © AlpTransit Gotthard AG

Der Auftrag zur Herstellung der Fahrbahn umfasste die Planung, Lieferung, Herstellung und Inbetriebsetzung von

- 115 km Feste Fahrbahn im GBT in den beiden jeweils 57 km langen Tunnelröhren (Abb. 1) und deren Querverbindungen in den Multifunktionsstellen (MFS),
- 2 Stück «perspektivische» 12 000er-Weichen für eine mögliche Erweiterung des GBT im Nordabschnitt zur Umfahrung von Altdorf. Hier wurden die Schwellensätze für je eine Abzweigweiche bereits als Feste-Fahrbahn-Weiche eingebaut,
- 8 Stück 1600er-Weichen mit beweglichem Herzstück als Feste-Fahrbahn-Weichen in den beiden MFS
- 4 Übergangskonstruktionen von Fester Fahrbahn zu Schotterfahrbahn in den Tunnelportalzonen.

Für die Herstellung der Festen Fahrbahn im Tunnel wurden insgesamt 131 000 m³ Beton, 380 000 LVT-Schwellenblöcke, System Sonnevile (LVT= Low Vibration Track = Einzelblockschwellensystem im Gummischuh) und 230 km Schienen benötigt.

2 Anforderungen an die Feste Fahrbahn wie an ein Schweizer Uhrwerk

2.1 Gleisanlage

Der Anforderungskatalog an die Feste Fahrbahn im GBT war äusserst streng und wurde gegenüber vergleichbaren Projekten in Deutschland oder z.B. im Schweizer Lötschbergtunnel nochmals deutlich verschärft. Die Herausforderungen an den Gleisbau bewegen sich in Toleranzmassen, die beinahe mit einem Schweizer Uhrwerk verglichen werden können:

Gleislage (bezogen auf eine gleitende Streckenbasis von 5000 m mit Messpunktabständen von 0,5 m):

- Spurweite 1435 mm; Toleranz von $-0,5$ mm bis $+1,5$ mm mit Standardmittelwert (SM) von $\leq 0,5$ mm
- Zulässige Abweichung der absoluten Lage und Höhe vom Mittelwert $\pm 0,5$ mm, SM 1,0 mm
- Zulässige Mittelwertabweichung der Überhöhung $\pm 0,3$ mm
- Verwindung $N_{\max} = 0,05\%$ bezogen auf 1 m Messbasis
- Schienenneigung UIC60 E1 1:40, Toleranz 1:35 bis 1:45, das entspricht $1,27^\circ$ bis $1,63^\circ$ Auslenkung
- Innere Genauigkeit: Pfeilhöhenfehler bei einer 5-m-Sehne, gemessen in der Mitte < 2 mm
- Vertikale Einfederung Gleis, bei einer geplanten Gleissteifigkeit $CG = 80,6$ kN/mm, bei einer Testgeschwindigkeit $V_{\text{test}} \leq 15$ km/h: 1 bis 1,5 mm

Für den zukünftigen Betrieb der Strecke als Europäische Eisenbahntransversale orientieren sich die Anforderungen bereits vollumfänglich an der Europäischen Norm für Hochgeschwindigkeitseisenbahnsysteme (TSI-HGV = Technischer Standard Infrastruktur für Hochgeschwindigkeitsverkehr). Die Auslegungsgeschwindigkeiten der Strecke sind für Güterzüge auf 120–160 km/h festgelegt, für Reisezüge 200 km/h und für den HGV für 230–250 km/h. Die Streckenklasse ist gemäss UIC700V E4 bereits für zukünftige Achslasten von bis zu 250 kN vorgegeben. Pro Fahrtrichtung wird eine Belastung von 480 000 BRT täglich (100 % Auslastung) zugrunde gelegt, gleichzeitig soll die Feste Fahrbahn eine Lebensdauer von > 50 Jahren garantieren.



Abbildung 2: Fertiggestellte Feste Fahrbahn in Tunnelabschnitt
Faido–Bodio West © TTG

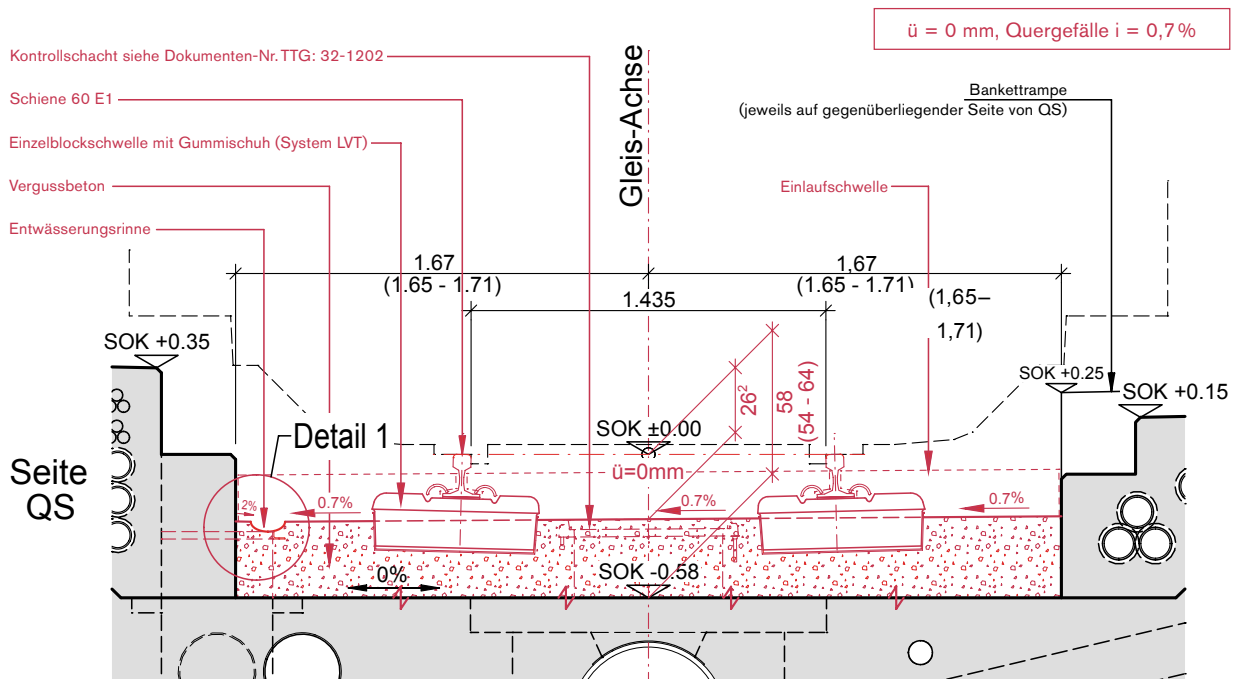


Abbildung 3: Normalprofil Feste Fahrbahn im GBT © AlpTransit Gotthard AG

2.2 Vergussbeton

Ähnlich stringent verhält es sich mit den projektspezifischen Anforderungen an den Betonbau. Der Vergussbeton für die Feste Fahrbahn muss folgende Mindestanforderungen erfüllen:

- Mindestdruckfestigkeit $\geq C25/30$
- Biegezugfestigkeit $f_{cbz,m} \geq 5,5 \text{ N/mm}^2$
- Expositionsklassen: XC3, XF3, XD3 (gem. CH-Norm)
- Nennwertgrösse Grösstkorn 16 mm
- Klasse Chloridgehalt Cl 0,20
- Nachbehandlung nach SN 505 262
- Kerbfugen zur gesteuerten Rissbildung im Abstand von 4,20 m
- Zement und Baustahl nach SN 505 262 bzw. 505 262/1

Hinsichtlich der vorgegebenen Betonsorte C25/30 für die Expositionsklassen XC3/XD3 ergeben sich folgende Randbedingungen für die Betonrezeptur:

- Max. $W/Z_{\text{equ}} = 0,45$ (Toleranz +0,02)
- Min. $Z_{\text{equ}} = 344 \text{ kg/m}^3$
- Wirksamer Wassergehalt von 168 l/m^3 , bei einer ermittelten Wasseraufnahme der Gesteinskörnung von $13,2 \text{ l/m}^3$

In der Ausführung spielten aber neben den rein beton-technologischen Anforderungen auch die besonderen logistischen Bedingungen des GBT für den Einbau der Feste Fahrbahn eine ausschlaggebende Rolle. Der Vergussbeton musste eine gute Verarbeitbarkeit (Konsistenz bzw. Ausbreitmass) zur Erreichung der vertraglich geschuldeten Einbaugeschwindigkeit von ca. 200 lfm/d besitzen. Dies vor allem unter Berücksichtigung der relativ grossen Vergusshöhe unter dem Schwellenschuh von 18 cm, wobei es insbesondere auf die Vermeidung einer Entmischung der Zuschlagstoffe beim fließenden Einbau bei gleichzeitig hoher Einbauleistung ankam. Dabei war ganz besonders darauf zu achten, dass der Unterguss des Betons unter die Schwellensole des aus synthetischem Kautschuk bestehenden Gummischuhs (SBR) möglichst blasenfrei erfolgt, um eine gute Auflagefläche des Schwellenblocks im Beton zu gewährleisten.

2.3 Betontechnologisches Projekt

Aufgrund der Komplexität der Anforderungen an die Betontechnologie und an die Langlebigkeit des Gesamtsystems der Festen Fahrbahn sowie der zu erreichenden hohen Qualitätsstandards wurde von der ARGE Fahrbahn ein eigenes betontechnologisches Projekt implementiert. Dieses hat die komplette Entwicklung des Fahrbahnbetons und dessen Weiterentwicklung während der Projektlaufzeit abgebildet und begleitet und umfasste alle Phasen der Projektentwicklung: vom Engineering und Design der Betonrezeptur über die Auswahl der Zuschlagstoffe, des Zements etc. bis hin zu unzähligen Versuchsreihen zur Verarbeitbarkeit des Betons unter den projektspezifischen Gegebenheiten im Versuchsstollen Hagerbach. Des Weiteren die Begutachtung und Begleitung des Einbauprozesses hinsichtlich Weiterentwicklung und Anpassung der Betonrezeptur für besondere Einbausituationen, wie z. B. der Weichen in den Multifunktionsstellen, sowie die Unterstützung bei der kontinuierlichen Qualitätsüberwachung und Kontrolle, der Durchführung notwendiger Langzeittests zum Nachweis der Dauerhaftigkeit (z. B. Nachweis des Sulfatwiderstandes gegen aggressive Bergwässer [Abb. 5], Festigkeitsnachweise Zug, Bruch und Biegung etc.). Unterstützt wurde das Projekt durch das akkreditierte Betonlabor VSH Hagerbach sowie eine äusserst kooperative und innovationsorientierte Zusammenarbeit der Lieferanten für die Zuschlagstoffe und Bindemittel, der Holcim (Schweiz) AG (Abb. 4), und für Betonzusatzstoffe, der Mapei Suisse SA.

Die Etablierung eines dauerhaften projektbegleitenden betontechnologischen Projektes und dessen Begleitung durch ein unabhängiges Prüflabor stellt in dieser Form ein Novum zum Bau einer Festen Fahrbahn dar und unterstreicht die besondere Bedeutung und den hohen Qualitätsanspruch dieses Gleisbauprojektes mit dem Ziel, eine Fahrbahn mit einer Lebensdauer von mindestens 50 bis 60 Jahren zu errichten.



Abbildung 4: Kieswerk Fa. Holcim, Hüntwangen © Holcim (Schweiz) AG



3 Logistische Randbedingungen

Eine besondere Herausforderung für den Einbau der Festen Fahrbahn waren die logistischen Randbedingungen, die in diesem Bahnbauprojekt den Handlungsspielraum massgeblich bestimmten. Für den Gleisbau stand jeweils immer nur eine Tunnelröhre zur Verfügung, in der sowohl gearbeitet als auch die gesamte Logistik abgewickelt werden musste. Es waren grosse Wegstrecken für Material- und Personaltransporte zurückzulegen, die Zugangsfähigkeit zum Einbauort war sehr eingeschränkt und konnte nur einseitig von einem Portal aus erfolgen. Sämtliche Gleisbauarbeiten konnten deshalb immer nur vor Kopf ausgeführt werden. Der jeweils definitiv fertiggestellte Gleisabschnitt war somit gleichzeitig auch der logistische Pfad für alle nachfolgenden Bau- und Transportarbeiten. Eine seitlich parallel geführte Bauroute stand nicht zur Verfügung. Um den Zeitplan für den Einbau der Bahntechnik überhaupt einhalten zu können, mussten die anderen Bahntechnikgewerke, sobald die Gleisstrasse zur weiteren Befahrung verfügbar war, in einem seriellen Baubetrieb hintereinandergeschaltet werden. Der uneingeschränkte Zugang zu der Einbauspitze der Festen Fahrbahn war dadurch nicht mehr gegeben. Material-, Geräte- und Ersatzteiltransporte zu und von der Einbauspitze waren nur zu festgelegten Tageszeiten, z.B. bei Schichtwechsel, möglich.

4 Der Einbauprozess für die Feste Fahrbahn

Unter Berücksichtigung der o.a. besonderen logistischen Bedingungen und der hohen Anforderungen an die Qualität des Produktes «Feste Fahrbahn im GBT», zusammen mit der werkvertraglich geforderten «lückenlosen Rückverfolgbarkeit» für jede verbaute Einzelkomponente zu jedem Zeitpunkt und an jedem beliebigen Einbauort, wurde ein standardisierter, im hohen Grade mechanisierter Einbauprozess entwickelt. In seinen Abläufen gleicht der Einbauprozess einer industriellen Fertigung mit immer wiederkehrenden Tätigkeiten, eindeutig definiertem Materialeinsatz und festgelegtem Leistungs- und Personalansatz. Um den besonderen Einbaubedingungen gerecht zu werden, wurden Maschinen entwickelt, die sich mit dem Standard von Industrierobotern hinsichtlich Funktionalität und Präzision, ähnlich wie in der Autoproduktion, vergleichen lassen. Somit wurde ein Produktionsprozess mit quasi industriellem Standard etabliert.

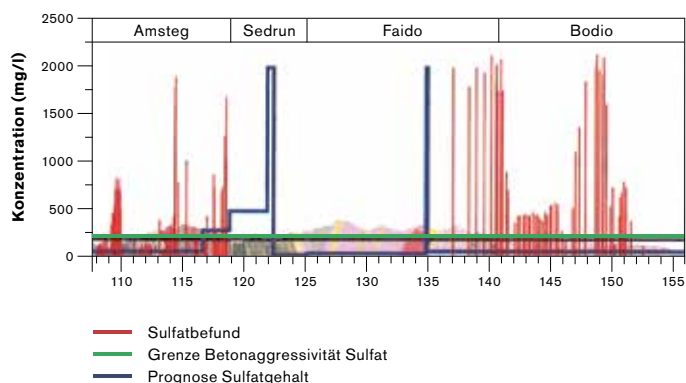


Abbildung 5: Sulfatgehalt der Bergwässer © AlpTransit Gotthard AG

Längsschnitt A-A

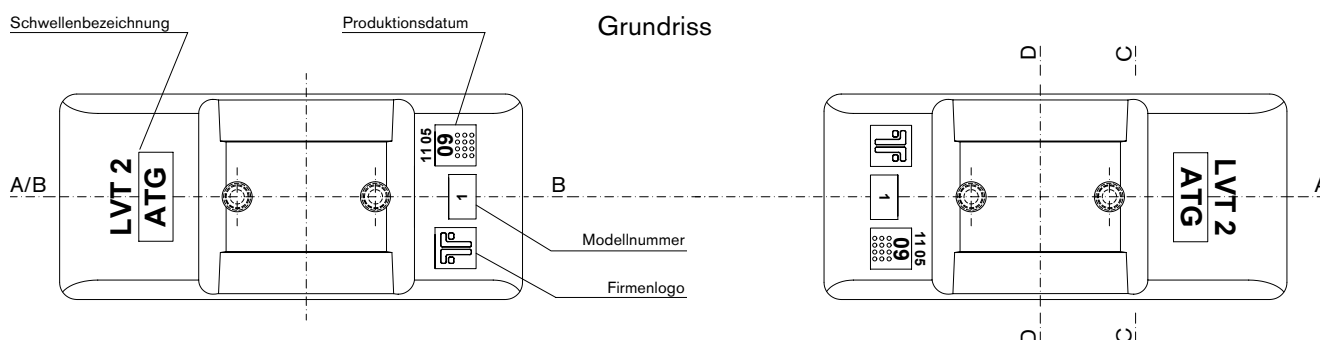
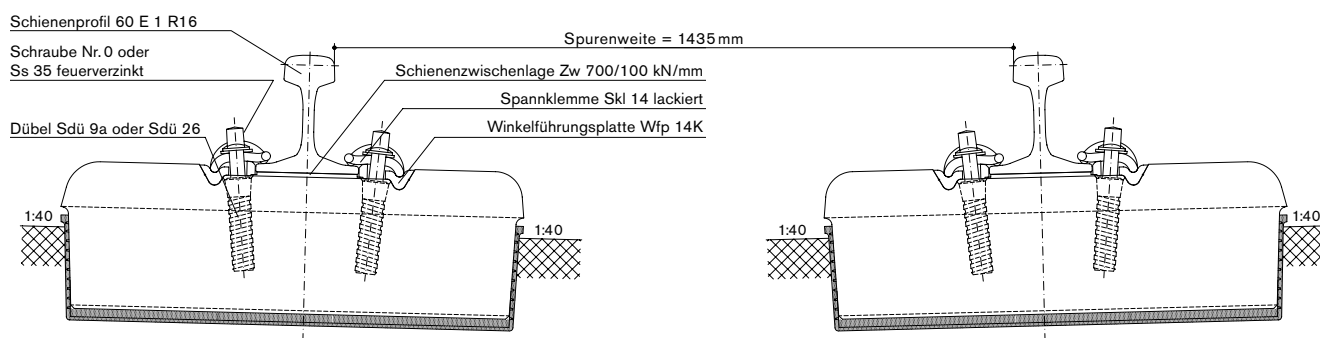


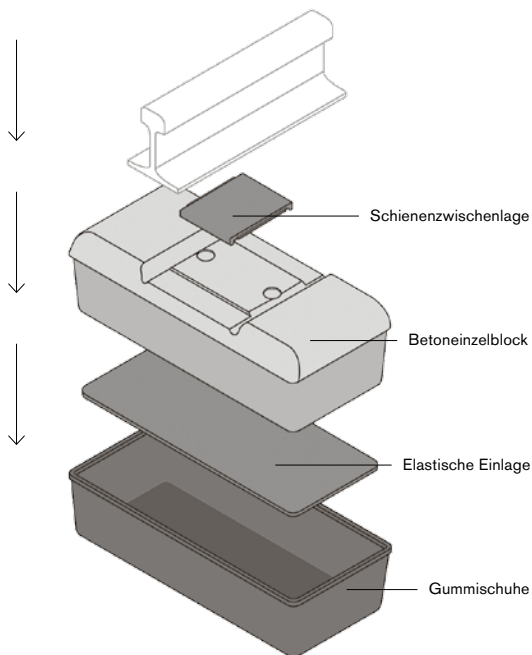
Abbildung 6: Das Einzelblocksystem LVT (Low Vibration Track) von Sonneville © Vigier Rail AG

Der Einbau der Festen Fahrbahn war in 21 sequenziell auszuführende Arbeitsschritte zerlegt, nach dem «Bottom-up-Prinzip» gegliedert und wie folgt ausgeführt:

- Einbringen der Langschienenpaare von je 120 m Länge, Abtrennstumpfschweißen der Schienen, Erstellen eines Hilfsgleises
- Einbringen und Ablegen der LVT-Schwellenblöcke (Abb. 6), Einbringen und Ablegen des übrigen Materials sowie der Hilfsgerätschaften zum Aufbau der Festen Fahrbahn an vorher metergenau festgelegten Lagerpositionen (z. B. Schachtrahmen, Deckel, Bewehrungskörbe, Stützsysteme, Risssschwerter etc.)
- Herstellen, Montage und Aufständigung des Gleisrostes
- Grobrichten des Gleisrostes
- Montage Schachtschalungen inkl. Rahmen, Armierung im Schachtbereich, Einbringen der Risssschwerter, Entwässerungsrinnenschalung etc.

- Feinrichten des Gleisrostes
- Betoneinbau
- Nachbehandlung
- Fertigstellung (Montage Retentionsschwellen, Schachtdeckel etc.)

Für jeden der insgesamt 21 festgelegten Arbeitsschritte gab es eine detaillierte Arbeitsanweisung, die eindeutige Angaben über die auszuführenden Tätigkeiten, den Einsatz von Material, Hilfsmitteln und Maschinen beschreibt, die die Qualitätsanforderungen definiert und Hinweise zur Arbeitssicherheit und Schutzmassnahmen beinhaltet. Um die notwendige Arbeitsleistung pro Arbeitsschritt einzuhalten, gab es klare Leistungsvorgaben, die so abgestimmt waren, dass jederzeit ein getakteter Arbeitsablauf ermöglicht wurde. Ziel war es, in einem 20-Tage-Zyklus 2160 Meter Feste Fahrbahn, von der nackten Tunnelsohle bis zum endgereinigten und befahrbaren Gleis, zu produzieren.



5 Der Gleisbau

Sowohl die Langschienen als auch die LVT-Schwellenblöcke wurden per Bahntransport «just-in-time» vom jeweiligen Lieferantenstandort bis direkt an den Einbauort im Tunnel ohne weitere Materialumschlagmassnahmen antransportiert. Für die durchgängige Materiallogistik der LVT-Blöcke, vom Produktionsstandort des Herstellers bis an die Einbauspitze im Tunnel, wurde in Zusammenarbeit mit der Gleisbau-firma Scheuchzer SA, Bussigny, und dem Schwellen-lieferanten Vigier Rail AG, Müntschemier, ein wieder-verwendbares Spezialtransportsystem entwickelt, das grosse Vorteile hinsichtlich Lieferqualität, Umwelt-schutz und Arbeitssicherheit mit sich brachte.

Für die Montage des Gleisrostes und zur Errei-chung der geforderten Lagegenauigkeit wurde eine dreigliedrige Maschinengruppe (Gleisbauroboter) ent-wickelt, die die Schienen vom Hilfsgleis anhub und präzise auf Spurweite hielt, danach den mechanisier-ten Einbau der Schwellenblöcke durchführte und zum Schluss den Schienen-Schwellen-Strang hochpräzise in die geforderte Neigung von 1:40 brachte und dabei stabil hielt. Durch die Montage eines hochpräzisen Stützsystems wurde die eingestellte Spurweite und Schienenneigung im aufgeständerten Zustand gewähr-leistet und die endgültige Lage des Gleisrostes be-reits millimetergenau erreicht.

Nach dem Erstellen des Gleisrostes erfolgte der Einbau der konstruktiven Elemente der Fahrbahn-platte, wie z. B. die Konstruktion für die Kontroll- und Entwässerungsschächte, die Oberflächenentwäs-serung etc., und im Abstand von jeweils 4,20m der Einbau der Risschwerter zur gezielten Rissbildung (Kerbfugen) im Vergussbeton.

Erst nach Abschluss aller vorbereitenden Arbeiten im Gleis erfolgte die Feinjustierung des Gleisrostes in die geforderte zehntelmillimetergenaue Lagetoleranz mittels eines lasergesteuerten Vermessungsver-fahrens (Zieltafel). Danach war der Gleisrost für den Betoneinbau fertig vorbereitet.



7



8



9



10

Abbildung 7: Schienenabziehen

Abbildung 8: Schienen vor dem Verschweißen ausrichten

Abbildung 9: Abbrennstumpfverschweißen der Schienen

Abbildung 10: Die Gleisbaumaschinen

© AFTTG



Abbildung 11: Die Zuschlagstoffwaggons des Betonzuges © AFTTG

6 Der Betoneinbau

Das Kernstück des Betoneinbaus war der Betonzug. Als ein auf Schienen fahrbares Betonmischwerk transportierte er in 15 Waggons (Abb. 11) die fertig vorgemischten Zuschlagstoffe in der Körnung 1–16 mm für eine Tagesproduktion von ca. 220 lfd. Meter Feste Fahrbahn in den Tunnel. Hinzu kommen 3 Zementwaggons, 1 Wasserwaggon mit zusätzlicher Kapazität für Additive (Fließmittel) zur Herstellung der festgelegten Betonrezeptur. Zum Betrieb des Mischwerkes, das auf einem Spezialflachwaggon aufgebaut war, gehörte weiterhin ein eigener Werkstattwagen für allfällige Wartungs- und Reparaturarbeiten vor Ort, ein 16-kV-Strom-Transformator-Wagen, damit der Zug an das Mittelspannungsnetz des Tunnels angeschaltet werden konnte, ein Wagen mit ca. 650 kVA Notstromagregatleistung für den Fall eines Stromunterbruchs, 1 Betonabfallwaggon, damit im Falle von Ereignissen nicht verarbeitbarer Beton wieder aus dem Tunnel geführt werden konnte, sowie ein Pumpwaggon, mit dem der Beton auf das Betonshuttle verladen wurde.



Abbildung 12: Der Pumpenwagen am Kopfende des Betonzuges © TTG

Die Betonproduktion direkt im Tunnel hatte grosse Vorteile. So wurde «just-in-time» immer nur so viel Beton produziert, wie auch aktuell verarbeitet werden konnte. Auf Unterbrüche beim Einbau konnte beinahe verzugslos reagiert werden. Weiterhin wurde immer frischer Beton produziert, der auch in seiner natürlichen Offenzeit verbaut werden konnte. Besondere Massnahmen zur Steuerung der Offenzeit des Betons (Verzögerer, Beschleuniger etc.) wurden dadurch nicht notwendig, der Einsatz von Chemie wurde auf ein Mindestmass, nämlich nur den Einsatz eines Fließmittels, beschränkt. Damit war für die gesamte Dauer des Betoneinbaus das hinter dem Betonzug liegende fertiggestellte Gleis frei und für andere Gewerke und deren Ausbauarbeiten verfügbar. Nur zum Schichtwechsel der Betonmannschaft wurde ein Personentransport durchgeführt. Der Betonzug selbst blieb über zwei 8-Stunden-Schichten vor Ort im Tunnel und wurde ohne Unterbruch im fliegenden Wechsel weiterbetrieben.

Da der Betonzug (Abb.12) das fertiggestellte Gleis erst nach Erreichen der Mindestfestigkeit des frisch betonierten Abschnitts befahren konnte (ca. 48 Stunden nach Betoneinbau), musste der Beton allerdings noch vom Mischwerk zum endgültigen Einbauort transportiert werden. Zum Schutz der Gleislage-

stabilität, aber auch wegen der geforderten Einbauleistung war der Einsatz von Betonpumpleitungen nicht sinnvoll. Deshalb wurde ein spezieller Betontransporter (Abb.13) entwickelt, der elektrohydraulisch angetrieben, mit Gummirädern bereift auf dem seitlichen Tunnelbankett fuhr.

Am Einbauort wurde der Vergussbeton mittels einer Betonverteilstation, die vom Betontransporter beschickt wurde, und einer Einbauplattform, auf der die Betonfachwerker arbeiten konnten, eingebaut. Die Kapazität der Verteilstation war so ausgelegt, dass das Shuttle immer genügend Zeit für einen Transportumlauf auch bei grösstmöglicher Entfernung zwischen Betonzug und Einbauort, maximal ca. 800 m, hatte.

Die Betoneinbaumannschaft war für einen kontinuierlichen, möglichst blasenfreien Einbau des Vergussbetons verantwortlich. Für die Oberflächenentwässerung der Fahrbahnplatte wurde ein Quergefälle der Fahrbahn von 0,7 Grad Neigung hergestellt. Diese Massgenauigkeit und die notwendige Oberflächenbehandlung des Betons zwischen den Schwellenfächern und unter den Schienen erforderten den Einsatz von fachmännischer Handarbeit durch die Taloschiergruppe (Abb.14/15).



Abbildung 13: Das Betonshuttle fährt auf dem Tunnelbankett ©TTG



14



15

Abbildungen 14/15: Der Betoneinbau – Handarbeit zur Herstellung der geforderten Fahrbahnoberfläche, hier am Tag des Einbaus der Goldenen Schwelle, am 31. Oktober 2014
©TTG



Abbildung 16: Der Betonzug in der Fahrbahnhalle – Materialumschlagplatz sowie Wartungs- und Instandhaltungswerkstatt © TTG

7 Wartung und Technik

Der Einsatz derart komplexer Technologien erfordert eine stetige Wartung und Instandhaltung der Maschinen und Geräte, was aufgrund des kontinuierlichen Produktionsprozesses immer nur in der Nachtschicht erfolgen konnte. Während im Tunnel die Gleisbau-roboter und die Betoneinbaumaschinen gereinigt, gewartet und instand gesetzt wurden, fuhr der Betonzug nach Ende der Spätschicht aus dem Tunnel und wurde in der Fahrbahnhalle (Abb. 16) auf dem Installationsplatz gereinigt und wieder beladen.

In der Fahrbahnhalle waren ausserdem sämtliche Zuschlagstoffe, Zement und Fließmittel für ca. 4 Produktionstage vorrätig, um Versorgungssicherheit bei allfälligen logistischen Unterbrüchen zu gewährleisten.

8 Qualitätskontrolle

Wie bereits beschrieben, wurde der Qualitätskontrolle mit einer durchgängigen Nachweisführung höchste Priorität beigemessen. Grundlage für diese Notwendigkeit war die Ausgestaltung des Werkvertrages. Als GU-Vertrag wurde dieser nach dem V-Modell der EN-Norm 50126 (CENELEG) konzipiert, in welchem die Projektphasen komplexer Eisenbahnprojekte mit einem geführten RAMS-Prozess beschrieben werden. Für das zu erstellende Werk werden detaillierte Anforderungen an die Funktionalität gestellt, deren Erfüllung beim Durchlaufen und zum Abschluss jeder einzelnen Projektphase mit dedizierten Ergebnissen nachgewiesen werden müssen (Verifikation und Validierung). Dies konnte nur durch eine kontinuierliche Eigenüberwachung erfolgen. Deshalb hat sich das Projektteam der ARGE Fahrbahn noch vor Beginn der Einbauarbeiten der Fahrbahn im Tunnel im Jahr 2010 dazu entschlossen, das implementierte Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001: 2008 zu zertifizieren (Abb. 19) und sich kontinuierlich bis zum Abschluss der Einbauarbeiten Ende 2014 rezertifizieren zu lassen.



Abbildung 17: Die Überreichung des S-Zert-Zertifikates nach SN EN206-1:2000 am 20. November 2012 © AFTTG



Abbildung 18: Die Betonprobekörper vor der Lieferung an das Betonlabor © AFTTG

Für die Betonproduktion im Speziellen bedeutete dies, dass für jede Produktionscharge Beton ($= 2,5 \text{ m}^3$) ein Chargenprotokoll erstellt wurde und dass vor jeder Betonlieferung durch den Betontransporter ($2 \times 2,5 \text{ m}^3$) die Frischbetonqualität (Ausbreitmass, Rohdichte und Luftporengehalt) durch ein mobiles Betonprüflabor direkt beim Betonzug geprüft und ein Lieferschein erstellt wurde. Der Empfang des Betons an der Einbauspitze wurde durch den Schicht habenden Polier mit Uhrzeit und Datum quittiert.

Aus jeder Tagesproduktion Beton wurden pro Tag je 6 Rückstellproben (Prismen) (Abb. 18) zur Ermittlung der Frühfestigkeit (24/48 h) und der Langzeitfestigkeit (28 d) hinsichtlich der Druck- und Biegezugfestigkeit, der Langzeittests zur Bestimmung des Chlorid-, Sulfat- und Frosttauwiderstandes sowie der Wasserleitfähigkeit entnommen und in das Prüflabor der VSH Hagerbach geliefert.

Die Sieblinien der Zuschlagstofffraktionen und die Qualität des Zementes wurden ebenso kontinuierlich überwacht und geprüft, Rückstellproben entnommen und während der gesamten Projektlaufzeit aufbewahrt wie die AAR-Reaktion der Zuschlagstoffe. Die Zuschlagstoffe für den Fahrbahnbeton wurden während der gesamten Einbauzeit, von Oktober 2010 bis Oktober 2014, aus der gleichen Quelle der Firma Holcim, der Kiesgrube Hüntwangen, entnommen, um eine gleichbleibende Ausgangsqualität der Zuschlagstoffe für die gesamte Projektlaufzeit zu gewährleisten.

Zur Nachbehandlung des frisch eingebauten Vergussbetons wurde die Oberfläche durch Auftrag eines Curingmittels und Abdeckung durch ein flaches Zelt gegen zu schnelles Austrocknen geschützt. Ab 12 Stunden nach dem Betoneinbau wurde die Oberfläche kontinuierlich befeuchtet, um eine wilde Rissbildung zu vermeiden. Durch den Einbau von Risssschwertern mit einem Abstand von 4,2m wurde der Fahrbahnenplattenquerschnitt bewusst geschwächt, um beim Aushärten eine gesteuerte Rissbildung an den Sollbruchstellen zu erhalten. Die Rissbreite wurde mit diesen Massnahmen mehrheitlich auf $s \leq 0,5 \text{ mm}$ beschränkt.

Da die Qualitätsvorgaben für die Betonproduktion auf dem Betonzug den Anforderungen einer stationären Betonmischanlage entsprachen, konnte die Betonproduktion im November 2012 (Abb. 17/19) nach S-Cert-Standard SN EN206-1:2000 durch die Schweizerische Zertifizierungsstelle für Bauprodukte zertifiziert werden. Dadurch konnte das Commitment der ARGE Fahrbahn zur Erfüllung der hohen Qualitätsanforderungen auch gegenüber dem Kunden ATG noch einmal nachhaltig manifestiert werden.



Abbildung 19: ISO-Zertifizierung 9001:2008 der AFTTG

RITAS
ZERTIFIKAT

R-TGA

ernehmen

c Gotthard

it dem Standard

r Dienstleistungsbereiche:

Gleisbau (Feste Fahrbahn)
idigkeitseisenbahnverkehr im
terhalt von Schottergleisbau
l Süd von der Stammlinie
iel.

Ort und Datum:

Essen, 03.03.2010

Akkreditiertes Zertifizierungsunternehmen:
DNV ZERTIFIZIERUNG UND UMWELTGUTACHTER GMBH

N. Kim

Nikolaus Kim
Geschäftsführer

s Zertifikat umgehend seine Gültigkeit.
100 Fax: +49 201 7296 333 - www.dnv.de/zertifizierung

Schweizerische Zertifizierungsstelle für Bauprodukte
Organisme suisse de certification pour produits de construction
Ente svizzero di certificazione per prodotti da costruzione
Swiss certification body for construction products



ZERTIFIKAT über die werkseigene
Produktionskontrolle

BE 316

Gemäss dem Bundesgesetz über Bauprodukte (Bauproduktengesetz, SR 933.0) vom 8. Oktober 1999 (Stand am 28. Dezember 2000) und der Verordnung über Bauprodukte (Bauprodukteverordnung, SR 933.01) vom 27. November 2000 (Stand am 07. November 2006), wird hiermit bestätigt, dass die ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard (AFTTG) eine Produktionskontrolle für die Betonproduktion aufgebaut hat, unterhält und zweckmässig anwendet, welche den Anforderungen der SN EN 206-1:2000 entspricht.

ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard (AFTTG)
Hansmatt 32, 6370 Stans

Dieses Zertifikat gilt für den Betonzug / Dosier- und Mischanlage
IP Rynächt

Die Gültigkeitsdauer des Zertifikats ist anlässlich der periodischen
Regelüberwachung zu bestätigen.
Dieses Zertifikat wurde erstmals am 20. November 2012 ausgestellt und
gilt bis 19. November 2017.

Wildeggen, 20. November 2012

D. Raldi

Daniele Raldi
Leiter der Zertifizierungsstelle



S SCHWEIZERISCHER ZERTIFIZIERUNGSDIENST
CE SERVICE SUISSE DE CERTIFICATION
S SERVIZIO SVIZZERO DI CERTIFICAZIONE
S SWISS CERTIFICATION SERVICE

SECSp 094

Abbildung 20: S-Zert-Zertifikat für die Betonproduktion mit dem Betonzug für die AFTTG



Abbildung 21: 31. Oktober 2014 – Dr. Renzo Simoni bedankt sich bei der ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard für die termingetreue Fertigstellung der Festen Fahrbahn im GBT © AlpTransit Gotthard AG

9 Fazit

Für den Einbau der Festen Fahrbahn im GBT wurde ein quasi industrieller Einbauprozess mit einem sehr hohen Mechanisierungsgrad und standardisierten Arbeitsschritten entwickelt. Mit der dadurch erreichten Prozesssicherheit konnten die sehr hohen Qualitätsanforderungen an das Produkt Feste Fahrbahn uneingeschränkt erreicht werden. Durch das Zusammenspiel von effizienter Technik und fachlich qualifizierter Handarbeit konnte sowohl ein sehr hoher Standard für die Arbeitssicherheit erreicht als auch die körperliche Belastung der ausführenden Mitarbeiter auf ein Minimum reduziert werden. Effizienz, Sicherheit und Qualität haben dazu beigetragen, das «Kritischer-Pfad-Gewerk» Fahrbahn so zu beschleunigen, dass das gesamte GBT-Projekt im Zusammenwirken zwischen ATG, TTG und AFTTG um ein Jahr früher fertiggestellt werden konnte als ursprünglich geplant.

Am 31. Oktober 2014 wurde die Goldene Schwelle beim Südportal des GBT betonierte, am 1. September 2015 wurde der Test- und Probetrieb durch die ATG im gesamten GBT aufgenommen und am 31. Mai 2016 wurde die gesamte Bahntechnik, ein Jahr früher als geplant, von der TTG an die ATG und von ATG an die SBB übergeben. Dieser Erfolg war das Ergebnis einer gelebten Partnerschaft aller beteiligten Lieferanten und Subunternehmer.

Abkürzungsverzeichnis

AFTTG	ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard
ATG	Alptransit Gotthard AG
GBT	Gotthard Basistunnel
LVT	Low Vibration Track (Einzelblockschwellensystem im Gummischuh)
TTG	Arbeitsgemeinschaft Transtec Gotthard

Abbildungsverzeichnis

- 1 Schema Tunnelsystem GBT mit Nothaltestelle und Lüftung
© AlpTransit Gotthard AG
- 2 Fertiggestellte Feste Fahrbahn in Tunnelabschnitt Faido–Bodio
West © TTG
- 3 Normalprofil Feste Fahrbahn im GBT © AlpTransit Gotthard AG
- 4 Kieswerk Fa. Holcim, Hüntwangen © Holcim (Schweiz) AG
- 5 Sulfatgehalt der Bergwässer © AlpTransit Gotthard AG
- 6 Das Einzelblocksystem LVT (Low Vibration Track) von Sonnevile
© Vigier Rail AG
- 7 Schienenabziehen © AFTTG
- 8 Schienen vor dem Verschweissen ausrichten © AFTTG
- 9 Abbrennstumpfschweissen der Schienen © AFTTG
- 10 Die Gleisbaumaschinen © AFTTG
- 11 Die Zuschlagstoffwaggons des Betonzuges © ATG
- 12 Der Pumpenwagen am Kopfende des Betonzuges © TTG
- 13 Das Betonshuttle fährt auf dem Tunnelbankett © TTG
- 14/15 Der Betoneinbau – Handarbeit zur Herstellung der geforderten
Fahrbahnoberfläche, hier am Tag des Einbaus der Goldenen
Schwelle, am 31. Oktober 2014 © TTG
- 16 Der Betonzug in der Fahrbahnhalle – Materialumschlagplatz
sowie Wartungs- und Instandhaltungswerkstatt © TTG
- 17 Die Überreichung des S-Zert-Zertifikates nach
SN EN206-1:2000 am 20. November 2012 © AFTTG
- 18 Die Betonprobekörper vor der Lieferung an das Betonlabor
© AFTTG
- 19 ISO-Zertifizierung 9001:2008 der AFTTG
- 20 S-Zert-Zertifikat für die Betonproduktion mit dem Betonzug
für die AFTTG
- 21 31. Oktober 2014 – Dr. Renzo Simoni bedankt sich bei der ARGE
Fahrbahn Transtec Gotthard für die termingetreue Fertigstellung
der Festen Fahrbahn im GBT © AlpTransit Gotthard AG

Interessengemeinschaft Betonstrassen

cemsuisse
Verband der Schweizerischen
Cementindustrie
Marktgasse 53
3011 Bern
Telefon 031 327 97 97
info@cemsuisse.ch
www.cemsuisse.ch

Ebicon AG
Breitloostrasse 7
8154 Oberglatt
Telefon 043 411 28 20
info@ebicon.ch
www.ebicon.ch

Grisoni-Zaugg SA
ZI Planchy
Postfach 2162
1630 Bulle 2
Telefon 026 913 12 55
info@grisoni-zaugg.ch
www.groupe-grisoni.ch

Holcim (Schweiz) AG
Hagenholzstrasse 83
8050 Zürich
Telefon 058 850 68 68
betonstrassen@holcim.com
www.holcim.ch

Holcim (Suisse) SA
1312 Eclépens
Telefon 058 850 92 14
chausseeбетон@holcim.com
www.holcim.ch

Implenia Schweiz AG
Binzmühlestrasse 11, 8050 Zürich
Telefon 058 474 75 00
daniel.hardegger@implenia.com
www.implenia.com

Jura-Cement-Fabriken AG
Talstrasse 13
5103 Wildegg
Telefon 062 887 76 66
info@juracement.ch
www.juracement.ch

Juracime SA
Fabrique de ciment
2087 Cornaux
Telefon 032 758 02 02
info@juracime.ch
www.juracement.ch

KIBAG Bauleistungen AG
Strassen- und Tiefbau
Müllheimerstrasse 4
8554 Müllheim-Wigoltingen
Telefon 052 762 61 11
p.althaus@kibag.ch
www.kibag.ch

Müller Engineering GmbH
Beratung und Expertisen
für Verkehrsflächen in Beton
Kirchstrasse 25
8564 Wäldi TG
Telefon 079 247 82 49
gm@müller-engineering.ch
www.müller-engineering.ch

Sika Schweiz AG
Tüffenwies 16, 8048 Zürich
Tel. 058 436 40 40
hirschi.thomas@ch.sika.com
www.sika.ch

Specogna Bau AG
Steinackerstrasse 55, 8302 Kloten
Telefon 044 800 10 60
info@specogna-bau.ch
www.specogna-bau.ch

Synaxis AG Zürich
Thurgauerstrasse 56, 8050 Zürich
Telefon 044 316 67 86
c.bianchi@synaxis.ch
www.synaxis.ch

Toggenburger AG
Schlossackerstrasse 20
Postfach 3019, 8404 Winterthur
Telefon 052 244 13 03
info@toggenburger.ch
www.toggenburger.ch

Ciments Vigier SA
Zone industrielle Rondchâtel, 2603 Péry
Telefon 032 485 03 00
info@vigier-ciment.ch
www.vigier-ciment.ch

Walo Bertschinger Zürich AG
Postfach 1155, 8021 Zürich
Telefon 044 745 23 11
kurt.glanzmann@walo.ch
www.walo.ch

Vertrieb durch

BETONSUISSE



BETONSUISSE Marketing AG
Marktgasse 53, CH-3011 Bern
Telefon +41 (0)31 327 97 87, Fax +41 (0)31 327 97 70
info@betonsuisse.ch, www.betonsuisse.ch

InformationsZentrum Beton GmbH
Steinhof 39, D-40699 Erkrath
Telefon +49 (0)211 28048-1, Fax +49 (0)211 28048-320
erkrath@beton.org, www.beton.org

Verein Betonmarketing Österreich
Anfragen für den Bereich Betonstraßen an Zement + Beton
Handels- und Werbeges.m.b.H., Reisnerstraße 53, A-1030 Wien
Telefon +43 (0) 1 714 66 85-0
zement@zement-beton.co.at, www.zement.at