Betondecken im Tunnelbau

Dipl.-Ing. Dr. Johannes STEIGENBERGER

Forschungsinstitut der VÖZ

www.zement.at

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Übersicht

- Einführung
- Baugrundsätze
- Brandverhalten / Helligkeit / Griffigkeit
- Anwendungsbeispiele
- Zusammenfassung

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

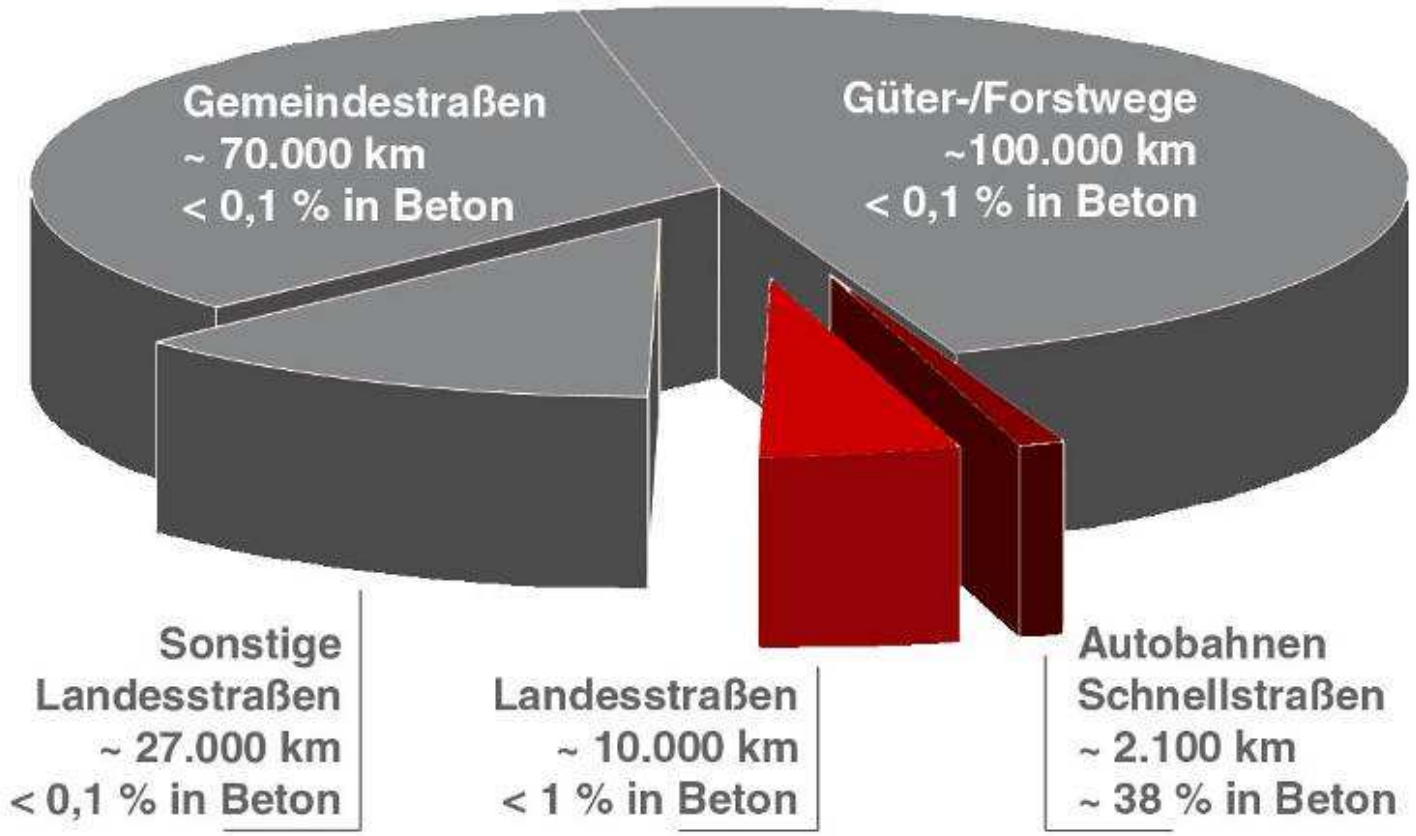
iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Straßennetz in Österreich

Gesamt ~ 200.000 km



Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Tunnelsicherheitsprogramm

A+S Tunnel in Betrieb:

- 148 Tunnelanlagen
- 340 km Tunnelröhren

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

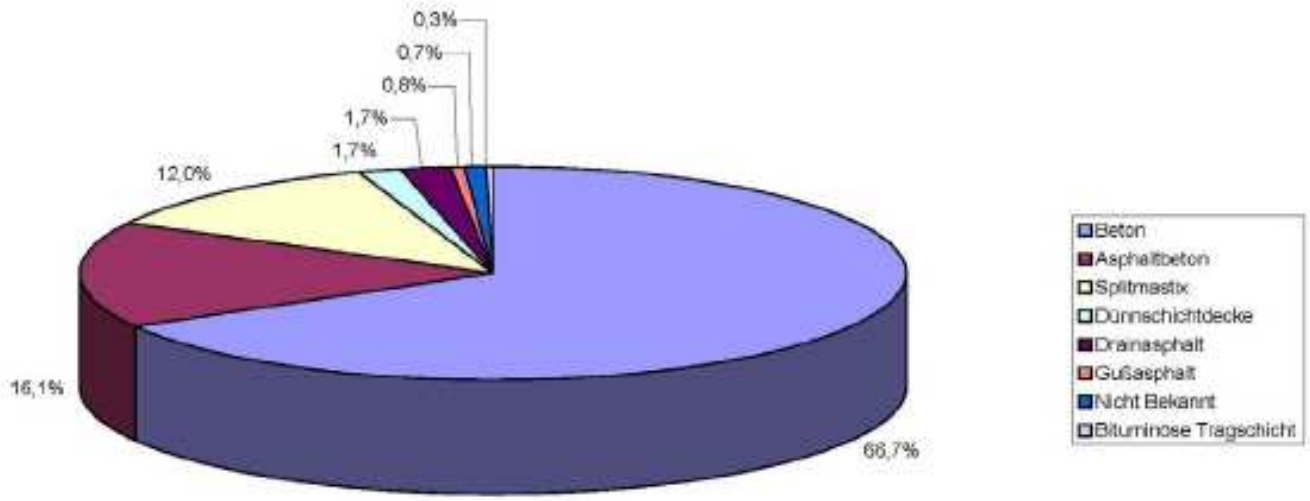
iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Anteil Beton im Tunnel: A + S – Netz

Quelle: bmvit 2008



Forschungsinstitut der VÖZ

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

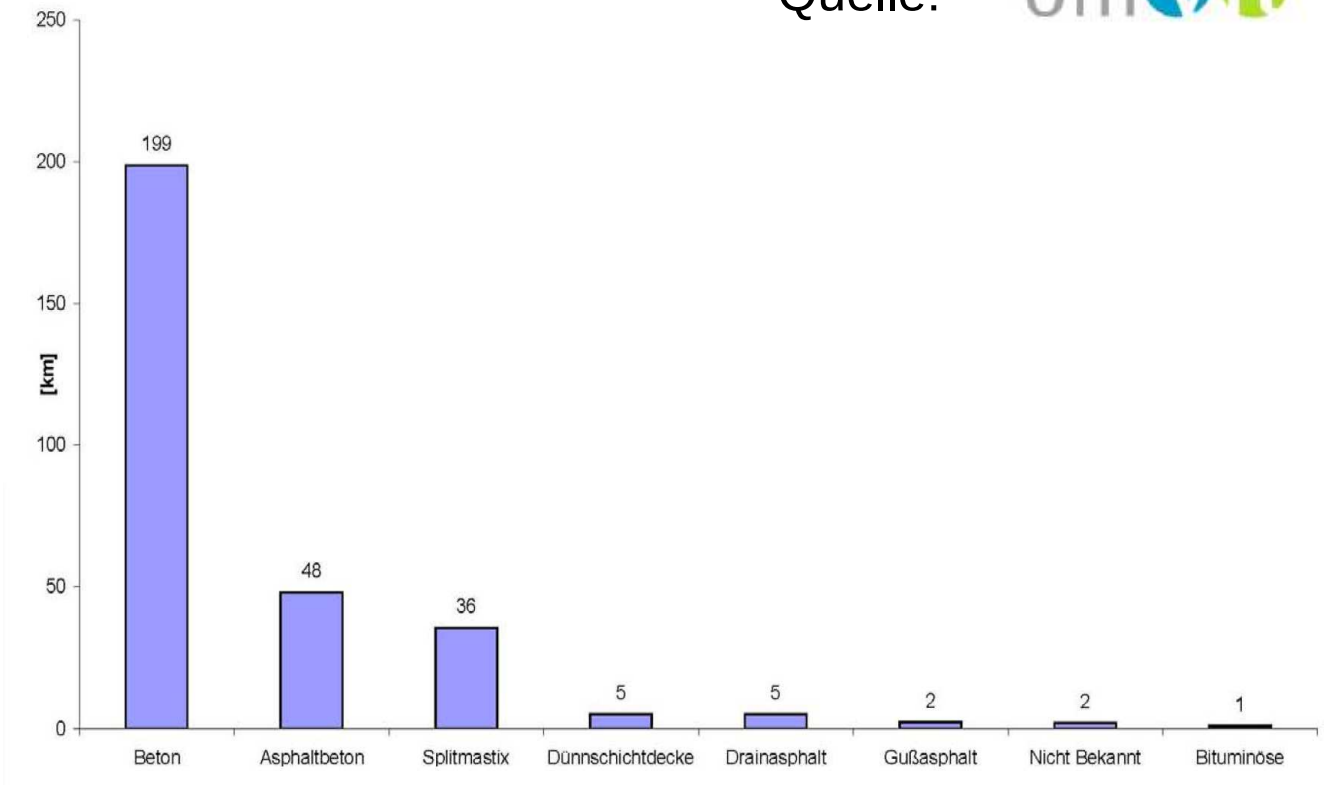
iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

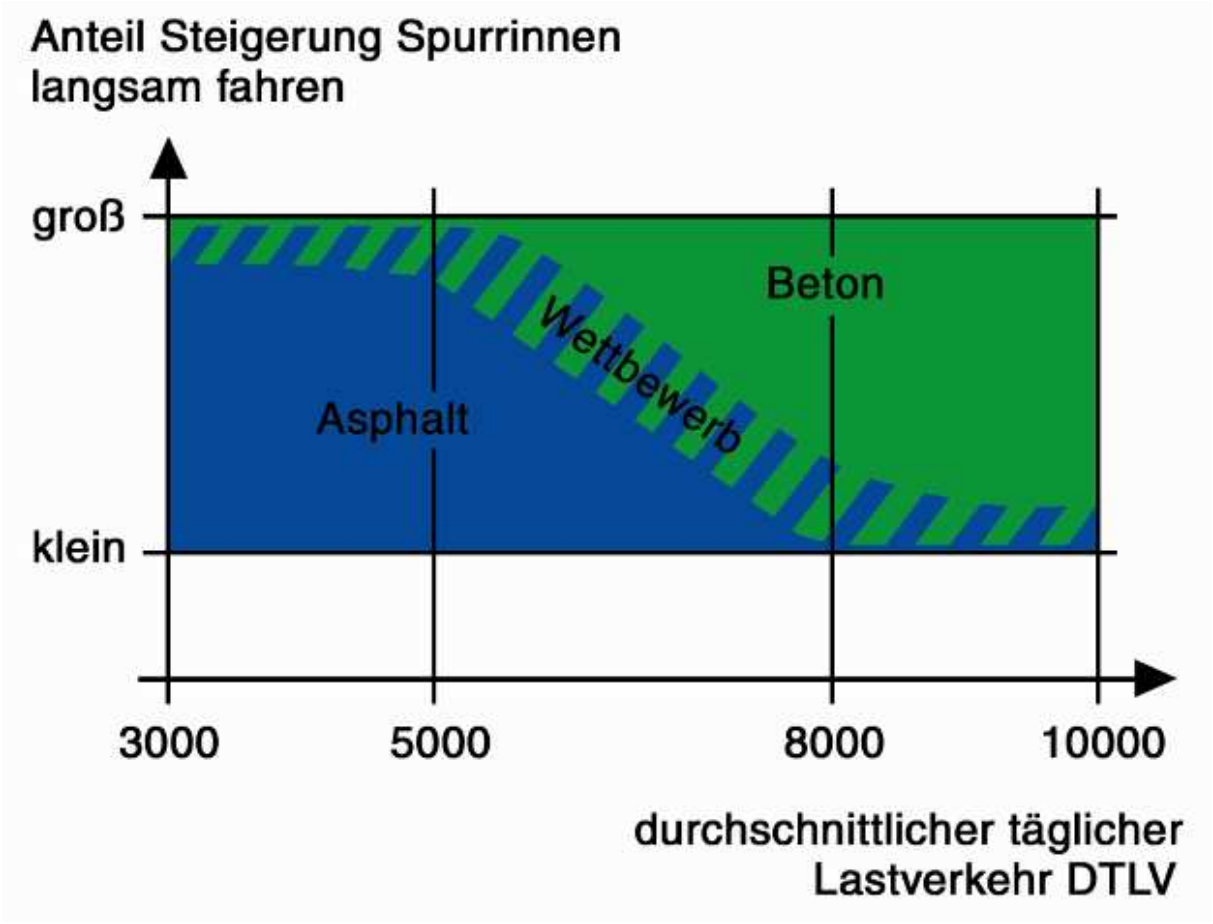
Anteil Beton im Tunnel: A + S – Netz

Quelle: bmvit 2008



Forschungsinstitut der VÖZ

Entscheidungskriterien für die Fahrbahnwahl



Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Eine Lebensdauer von 40 Jahren ist realistisch, wenn die Betondecke …

- richtig bemessen,
- nach modernen Gesichtspunkten gebaut -
- unter optimalen baulichen Randbedingungen.

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

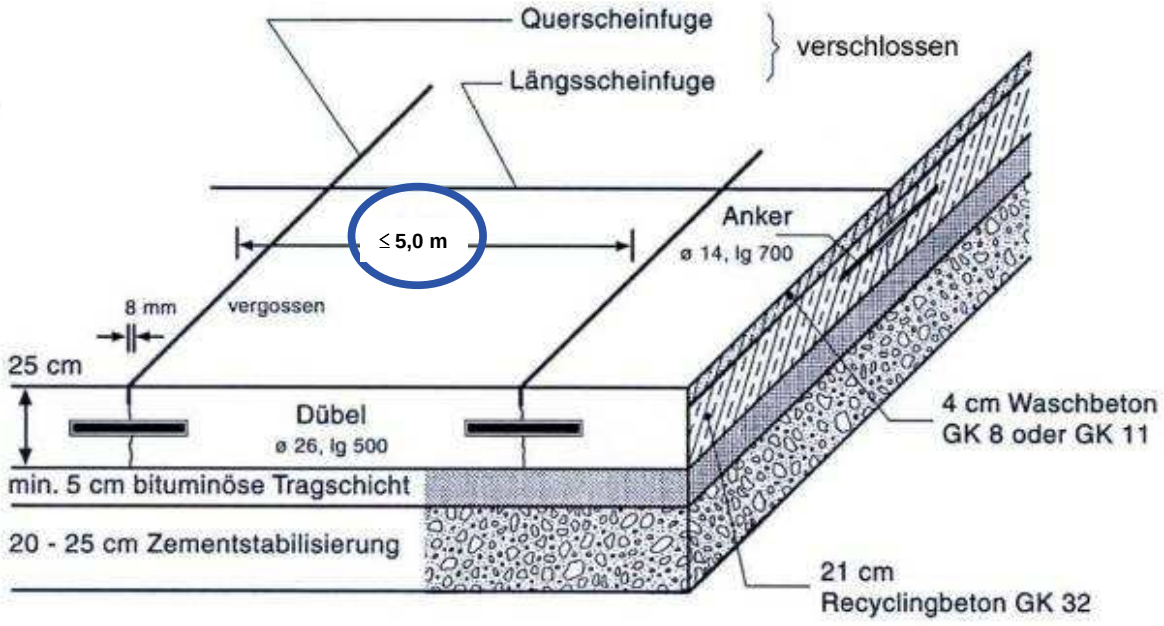
iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Bauliche Randbedingungen

- Einhaltung Mindestdicke
- Fugenausbildung



- Entwässerung der Deckenunterlage
- Erosionsbeständigkeit / Tragfähigkeit der Unterlage

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Grundsätze der Fugenausteilung

Plattengröße und Plattenform:

- 20 – 25 x Deckendicke
- max. Plattenlänge 5,5 m bzw.
  5,0 m für Lastklassen S und I
- Seitenverhältnis max. 1 : 1,5
- Spitze Winkel vermeiden oder stark bewehren
  (mind. je 10 kg/m² auf Ober- und Unterseite)

Verdübelung:

Häufig befahrene unverdübelte Plattenränder vermeiden
Tragfähigkeit verdübelt : zu unverdübelt 2:1

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Geschichte

- Ursprgl. Betondecken
  - **Dauerhaftigkeit, Griffigkeit, Brandbeständigkeit, Helligkeit**
- Seit Mitte der 80er
  - **Mehr und mehr Asphaltstraßen**
- Brandkatastrophen
  - **1999 Mont Blanc Tunnel, Tauern Tunnel**
  - **2001 Gotthard Tunnel, Gleinalm Tunnel**
- ab 2001 Tunnel mit Betondecke
  - **Länge über 1000 m**
- Seit 2011 beide Bauweisen zugelassen

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Entscheidungskriterien Betondecke im Tunnel

- Verkehrsbelastung (BNLW RVS 03.08.63)
- Lebensdauer (geringe Erhaltung, lange Instandsetzungsintervalle, hohe Verfügbarkeit)
- Brandverhalten (Brandlast, Brandanstieg)
- Helligkeit (Sicherheit, Einsparung Beleuchtungskosten)
- Griffigkeit (Sicherheit)

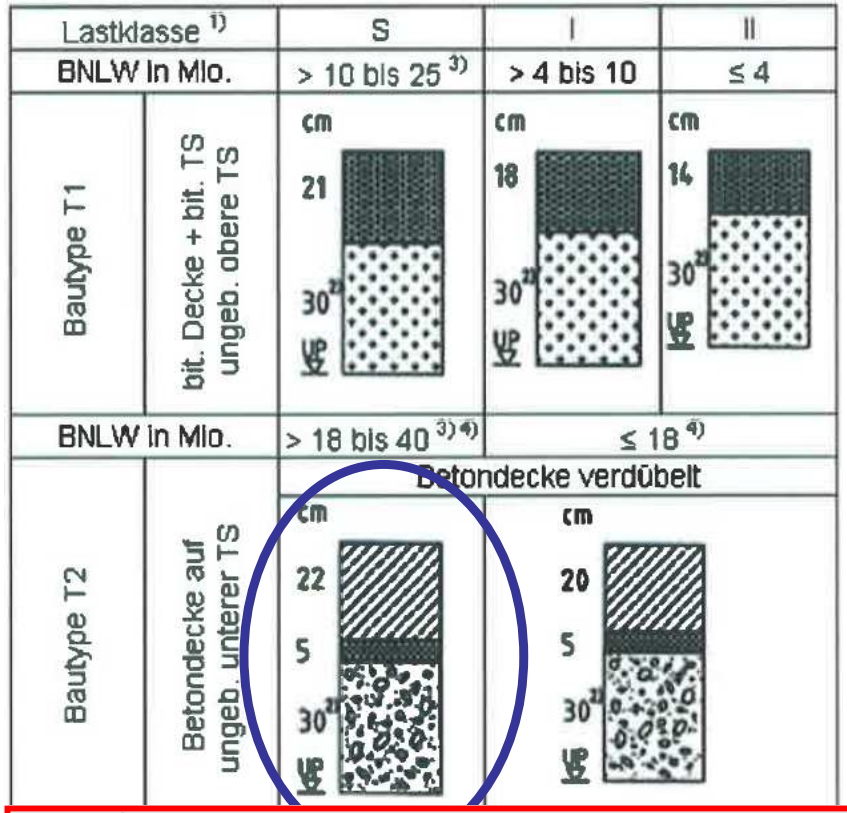
Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Betondecke im Tunnel RVS 09.01.23
Innenausbau – Aufbau (1)



Lastklasse [1]		S	I	II
BNLW in Mio.		> 10 bis 25 [3]	> 4 bis 10	≤ 4
Bautype T1	bit. Decke + bit. TS ungeb. obere TS	cm 21 / 30 / FP	cm 18 / 30 / FP	cm 14 / 30 / FP
BNLW in Mio.		> 18 bis 40 [3] [4]	≤ 18 [4]	
Bautype T2	Betondecke auf ungeb. unterer TS	Betondecke verdübelt: cm 22 / 5 / 30 / FP	cm 20 / 5 / 30 / FP	

Anmerkungen:
[1] Bemessungslebensdauer n = 20 Jahre bei Bautype T1 und n = 30 Jahre bei Bautype T2.

Festlegung der Bauweise nach:

- wirtschaftlichen,
- ausführungstechnischen,
- und betrieblichen

Gesichtspunkten

⇨ Unter Beachtung der ökologischen Nachhaltigkeit!

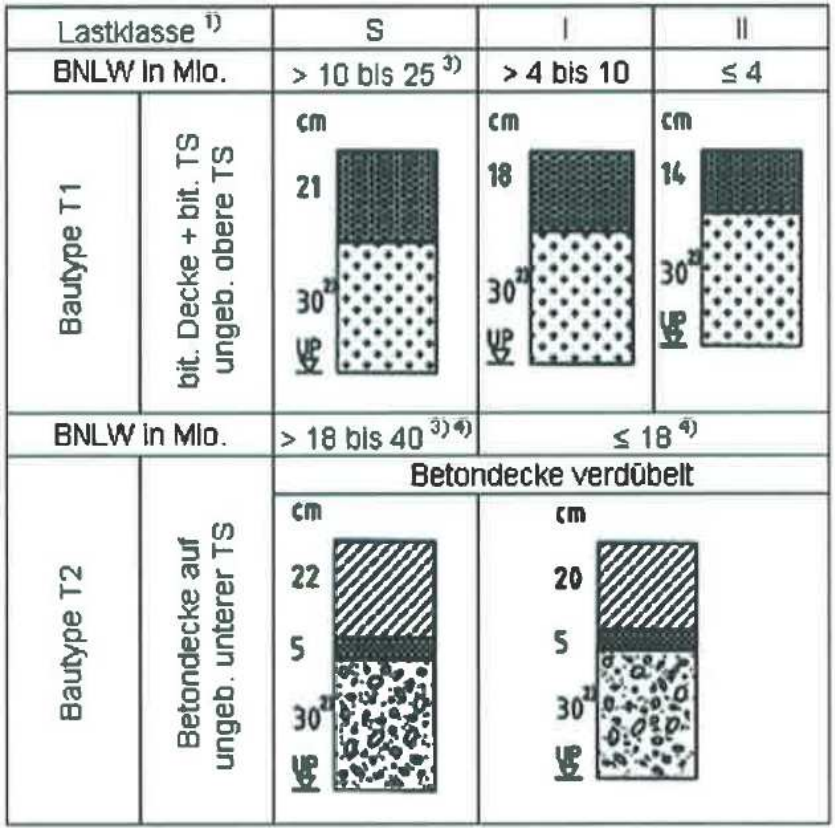
Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Betondecke im Tunnel RVS 09.01.23
Innenausbau – Aufbau (2)



- Straßentunnellänge, Objektlänge ≥ 80 m
- Verwendung offenporiger Asphalte verboten.
- Decke ab Straßenportal bis ca. 100 m in freie Strecke verlängern.
- Brandverhalten mind. Klasse $A2_{fl}$

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Brandverhalten

Einstufung gemäß ÖNORM EN 13501-1	Anforderungen aus landesgesetzlichen Bestimmungen	
$A1_{fl}$	Nicht brennbar, schwachqualmend	A
$A2_{fl}$-s1		
B_{fl}-s1	Schwerbrennbar, schwachqualmend	B1
C_{fl}-s1		

Klasse $A2_{fl}$: Bei voll entwickeltem Brand kein wesentlicher Beitrag zur Brandlast und zum Brandanstieg.
Klasse $A1_{fl}$: Kein Beitrag zur Brandlast und den Brandanstieg.

Betondecken weisen gemäß ÖNORM B 4710-1 die Klasse $A1_{fl}$ auf.

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Betondecken im Tunnel RVS 08.17.02

- Betondecke vor Verkehrsfreigabe mittels geeigneter Hochdruckreinigung reinigen und absaugen.
- Bei Waschbeton vollständige Entfernung des ausgebürsteten Feinmörtels.

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Helle Betonflächen

- wirken dem städtischem Aufheizen entgegen,
- bringen verbesserte Sicht (Nacht, Regen, …),
- vermindern Beleuchtungskosten.

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Optische Wirkung heller Oberflächen

Farbunterschied der Matrix

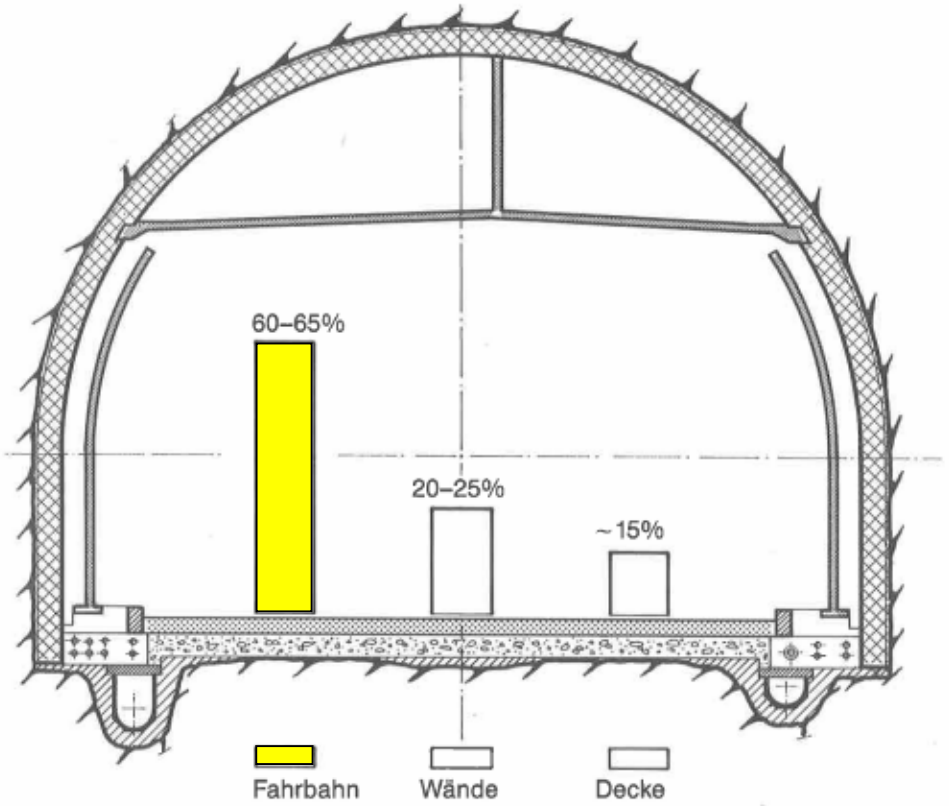
Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Beiträge zur Gesamthelligkeit im Tunnel-Innenraum



Quelle: Betonstrassen AG, Informations-Nachtrag Nr. 1, Blatt No. 5.15

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

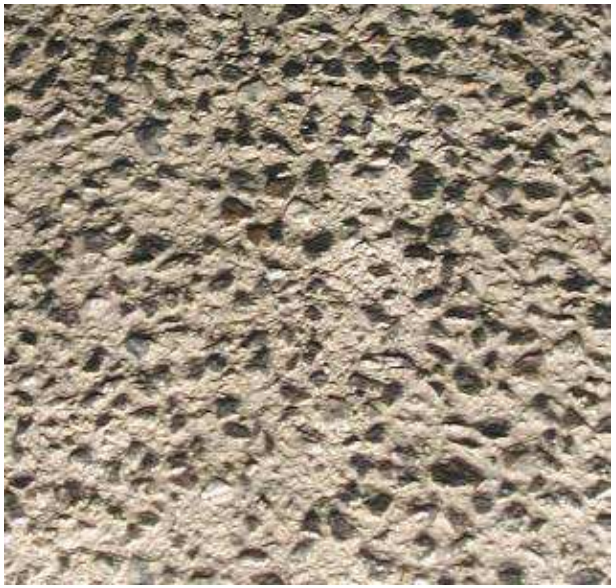
Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Helle Betonflächen

<<< helle Körner

dunkle Körner >>>



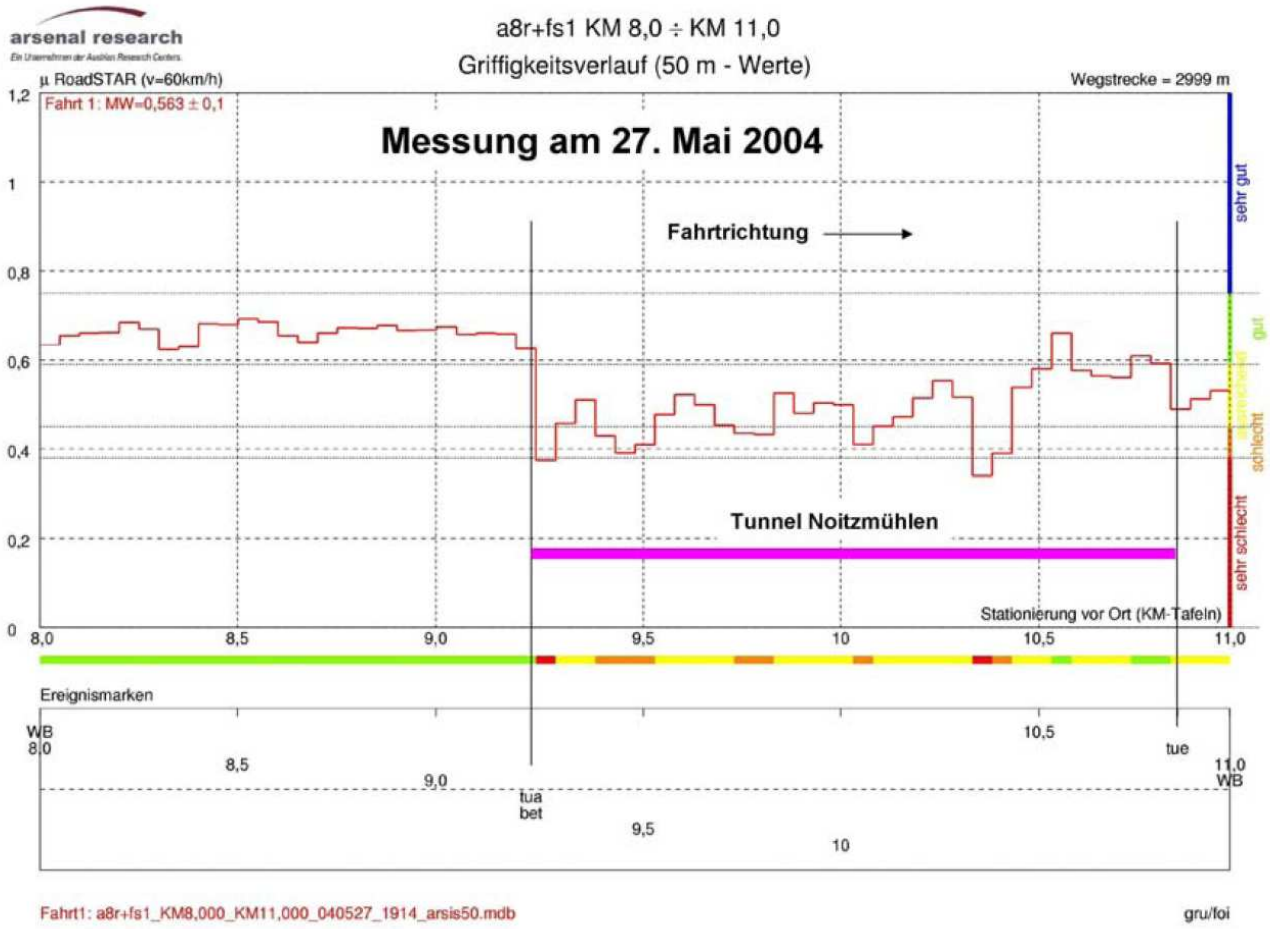
Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Griffigkeitsabfall im Tunnel?



Quelle: Maurer, P.; Steigenberger, J.; Gruber, J.; Hubmann, A.: Ursachenanalyse hinsichtlich Griffigkeitsmängel neuer Fahrbahndecken in Tunnelbauwerken, Abschlussbericht BMVIT Forschungsvorhaben 327.510/004-II/ST2, 2005

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Mögliche Ursachen für den Griffigkeitsabfall

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

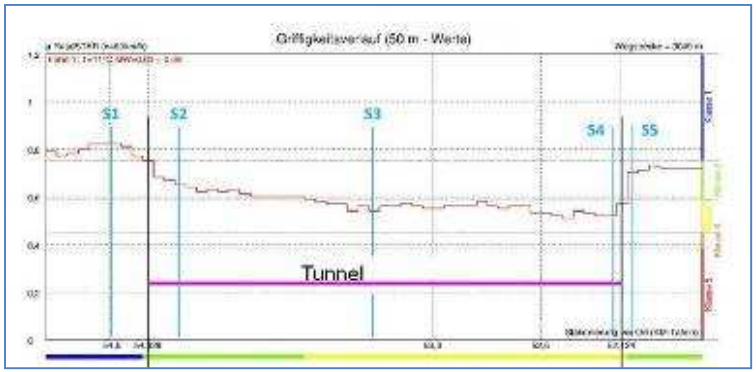
Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

F&E – Projekt Arbeitsprogramm

Problemstellung

- Griffigkeitsabfall Tunnel



Labortechnische Ursachenforschung

- Tribometrische Versuche zur Interaktion Reifen – Fahrbahn
- Untersuchung der griffigkeitsbeeinflussenden Faktoren

Tuneluntersuchung

- Aufnahme der Tunneloberfläche sowie Probenahme in 6 Tunnelbauwerken sowie anschließenden Freistrecken

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

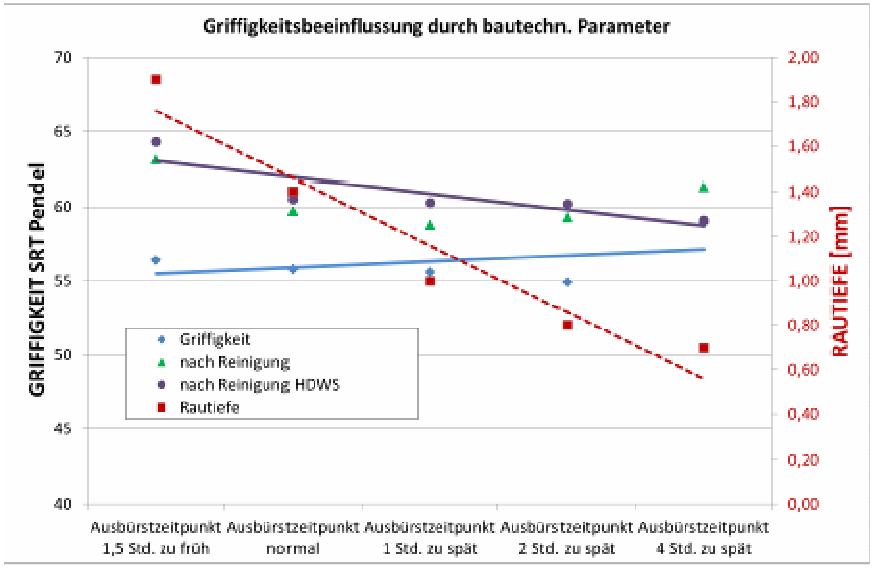
iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Labortechn. Ursachenforschung (1)

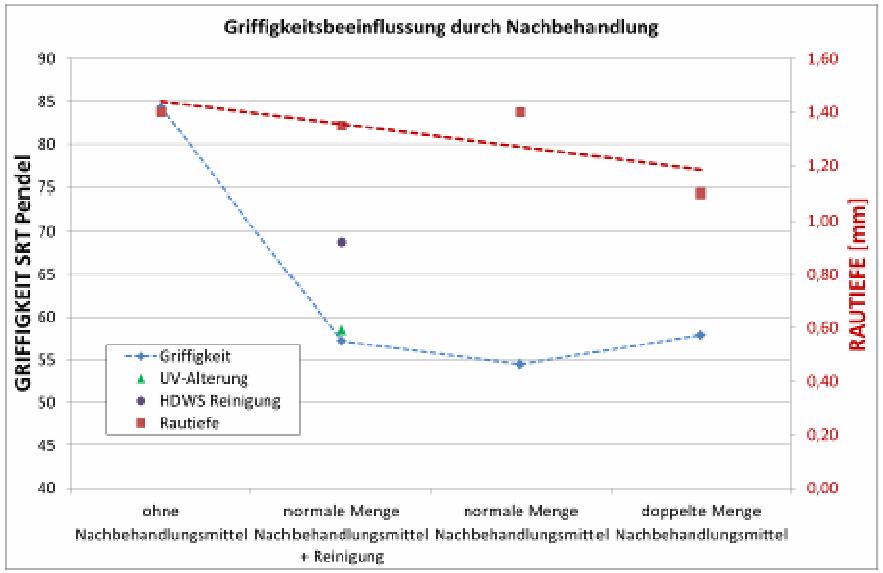
Bautechnische Einflussparameter



Umweltbedingungen

- Frost-Tausalz-Beanspruchung wirkt griffigkeitsverbessernd

Nachbehandlung



Verschmutzung

- Reifenabrieb und Tunnelreiniger verbessern Griffigkeit
- Scheibenwaschmittel verschlechtert Griffigkeit

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

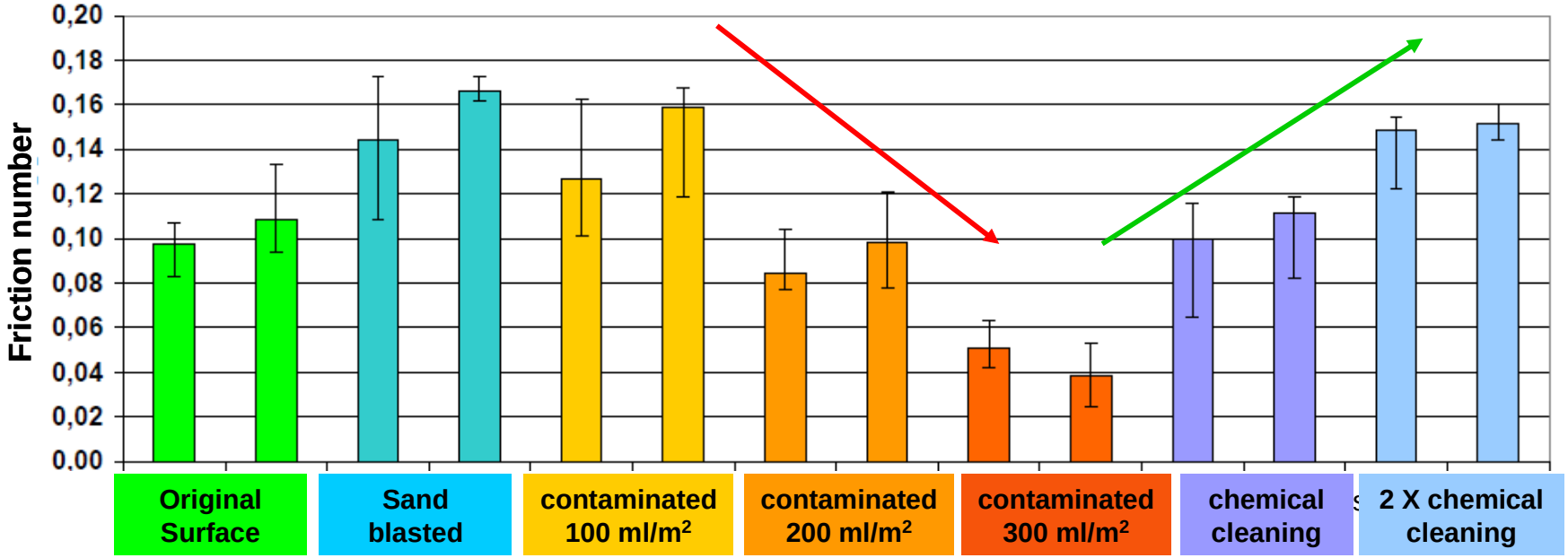
Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Labortechn. Ursachenforschung (2)

Tribometrische Versuche

- Verdunstungsschutz wirkt sich negativ auf Griffigkeit aus
- Verschmutzung wirkt sich negativ auf Griffigkeit aus
- Chemische Reinigung kann Griffigkeitsniveau wieder anheben



Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Tunneluntersuchung (1)

Übersicht der Griffigkeitsdaten

Basis für Streckenwahl (**AIT**)

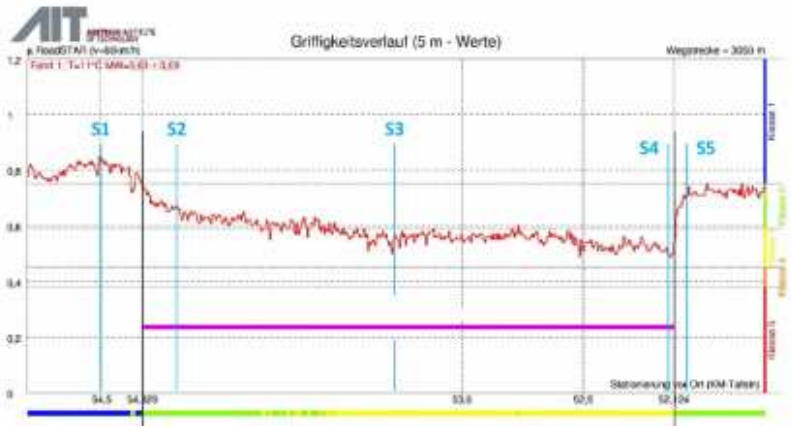
Streckenauswahl

3 Tunnelstrecken – NEUBAU

3 Tunnelstrecken – BETRIEB

Untersuchungen

- Griffigkeit
- Oberflächencharakterisierung
- Oberflächenanalytische und chemische Untersuchungen (**AC²T**)



Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

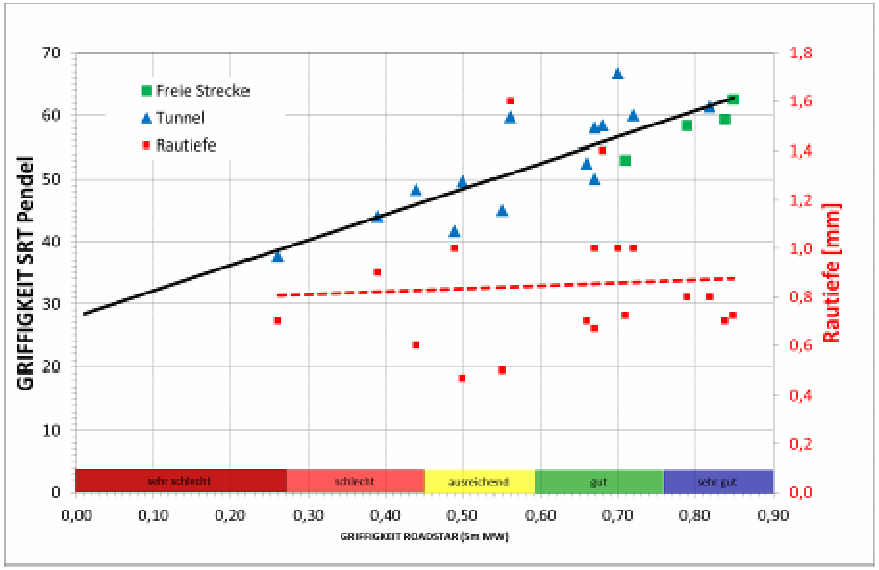
iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Tunneluntersuchung (2)

Griffigkeit und Oberflächencharakterisierung



Oberflächenanalytische und chemische Untersuchungen

- Oberflächenstruktur auf grober Gesteinskörung unterschiedlich
- Präsenz von Kohlenstoffverbindungen auf grober Gesteinskörnung im Tunnel erhöht

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Nächste Schritte

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

F&E Folgeprojekt

„Innovative Maßnahmen zur Sicherung der Griffigkeit von Betonfahrbahnen in Tunnelbauwerken“

- Optimierung Betondeckenherstellung
  - Menge und Zusammensetzung des Nachbehandlungsmittels
- Entwicklung von Reinigungslösungen
  - Neue Decken / alte Betondecken
  - Umweltverträglich

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel

Herzlichen Dank allen Forschungspartnern!

www.zement.at

VERLÄSSLICHKEIT AUF ALLEN WEGEN.

FFG

AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Forschungsinstitut der VÖZ

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT

(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

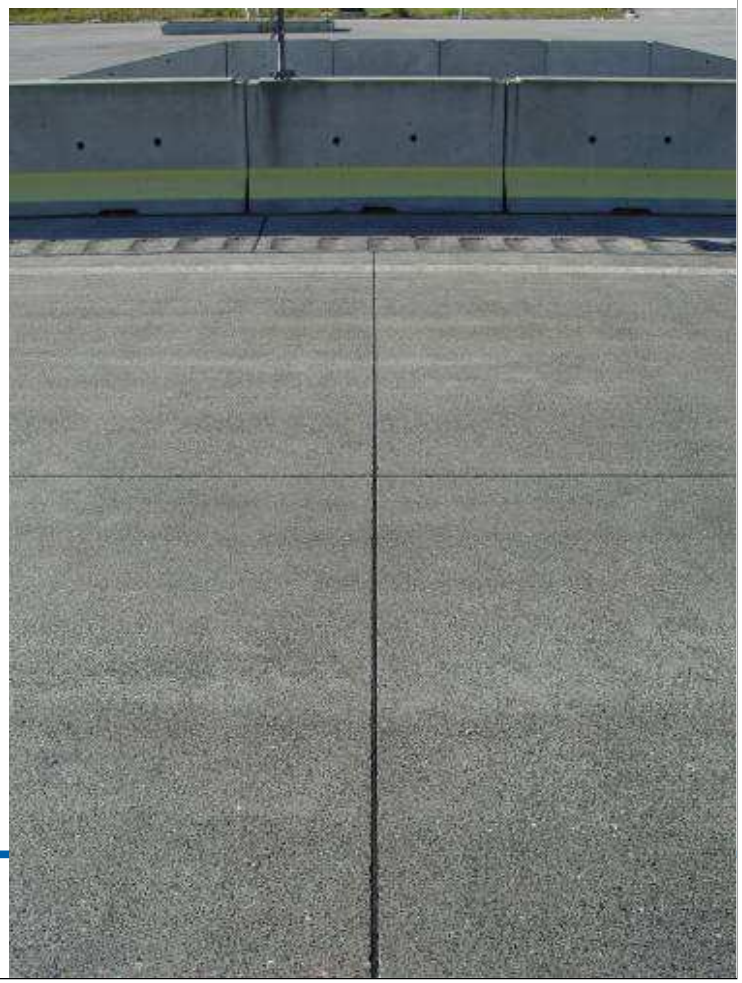
iBBT

(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Betondecke - Fugenausbildung



S 1 – Tunnel Vösendorf

S 6 - Tunnel Semmering

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Betondecke - Entwässerung

S 1 - Tunnel Rannersdorf

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Betondecke im Portalbereich

A 9 - Tunnel Ottsdorf

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Zusammenfassung

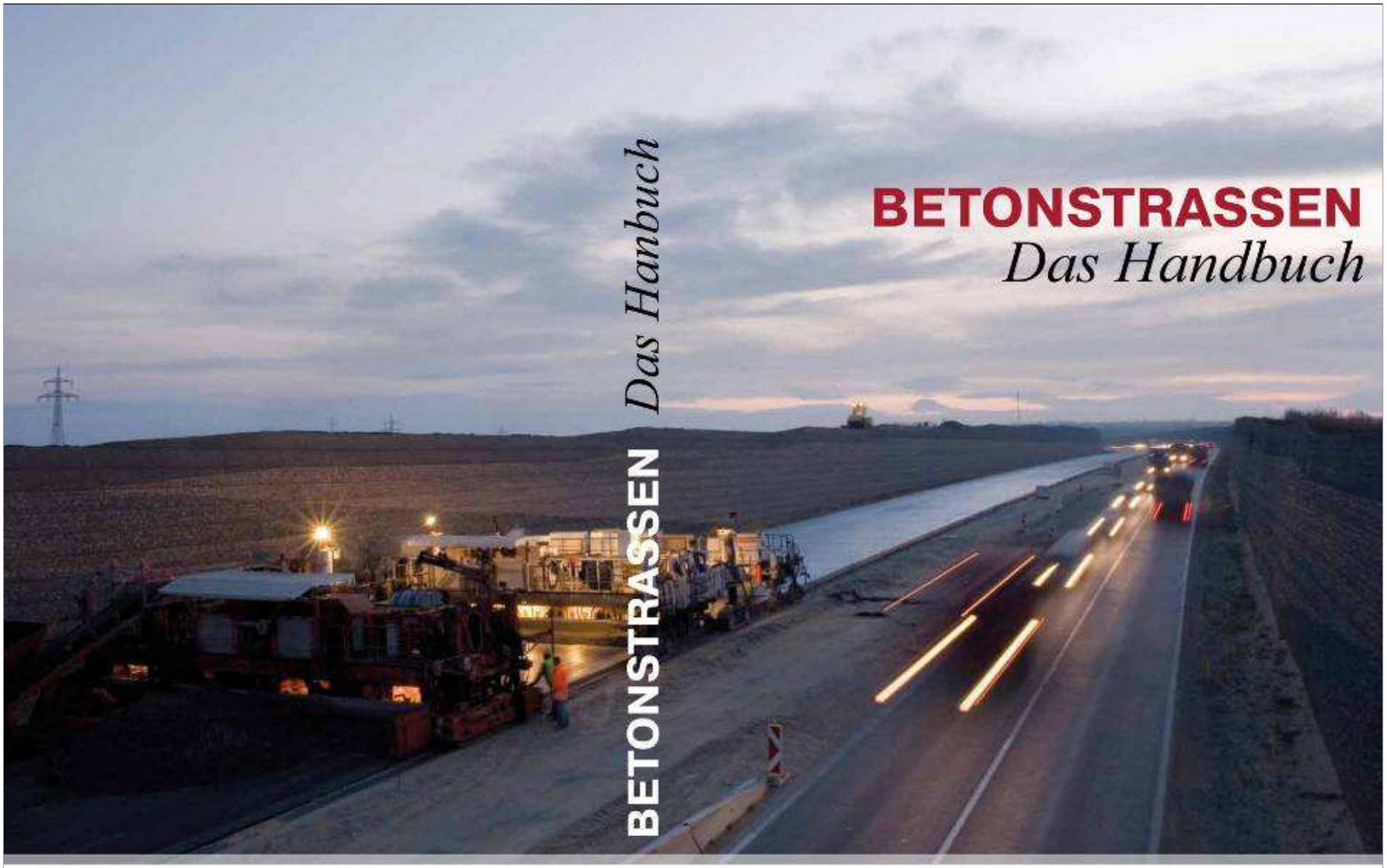
- Betondecken im Tunnel – Vorschrift bis 2010
- Hauptursache: Tunnelsicherheit
  - Brandbeständigkeit
  - Keine zusätzliche Rauchentwicklung
- Weitere Sicherheitsursachen:
  - Hohe Griffigkeit
  - Helligkeit der Fahrbahn
- Wirtschaftliche Gründe
  - Einsparung Beleuchtungskosten
  - Höhere Beständigkeit
- seit 2011 wieder beide Beläge erlaubt

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT
(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel



Interreg IV

iBBT

AUTONOME PROVINZ BOZEN SÜDTIROL
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO ALTO ADIGE

tirol

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT

(ID 5273-172)

Pavimentazione,
rivestimenti
e illuminazione innovativi
per gallerie

Innovative Beläge
und Beleuchtung für
Tunnel

Inhalt

1 **Einleitung**

2 **Eigenschaften von Betonfahrbahnen**
- 2.1 Einleitung
- 2.2 Tragfähigkeit und Lebensdauer
- 2.3 Griffigkeit und Ebenheit
- 2.4 Lärmtechnische und optische Eigenschaften
- 2.5 Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit

3 **Baustoffe und Betonzusammensetzung**
- 3.1 Allgemeines
- 3.2 Betonausgangsstoffe
- 3.3 Betontechnologie
- 3.4 Betonzusammensetzung für Beton für Verkehrsflächen
- 3.5 Weitere Baustoffe und Nachbehandlungsmittel

4 **Bauweisen und konstruktive Grundlagen**
- 4.1 Betondeckensysteme und Bautypen
- 4.2 Fugen
- 4.3 Stahleinlagen
- 4.4 Oberbau mit Betondecken
- 4.5 Unterbau und Untergrund
- 4.6 Entwässerung
- 4.7 Beanspruchung
- 4.8 Dimensionierung
- 4.9 Weitere Baugrundsätze

5 **Betonherstellung und Einbau**
- 5.1 Betonherstellung
- 5.2 Betondeckeneinbau
- 5.3 Fugen
- 5.4 Schutzmaßnahmen und Nachbehandlung

6 **Betonrecycling**
- 6.1 Rahmenbedingungen für Recycling im Betonstraßenbau
- 6.2 Verwendung von Betonabbruchmaterial in Betonstraßen
- 6.3 Zusammenfassung

7 **Qualitätssicherung**
- 7.1 Erstprüfung
- 7.2 Kontrollprüfung/Konformitätskontrolle
- 7.3 Überwachung der Kontrollprüfung
- 7.4 Prüfung der funktionalen Anforderung – Abnahmeprüfung
- 7.5 Qualitätssicherung

8 **Anwendungsgebiete und Sonderbauweisen**
- 8.1 Hochrangiger Straßenbau
- 8.2 Urbane Verkehrsflächen
- 8.3 Ländlicher Wegebau
- 8.4 White Topping
- 8.5 Parkplätze und Containerflächen
- 8.6 Sonderbauweisen und innovative Anwendungen

9 **Erhaltung von Betonstraßen**
- 9.1 Begriffsbestimmungen
- 9.2 Zustandsmerkmale Betondecken
- 9.3 Erhaltungsmaßnahmen
- 9.4 Grundlagen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen

10 **Anhang**

Mit dem vorliegenden Buch „**BETONSTRASSEN – Das Handbuch, Leitfaden für die Praxis**" wurde eine wichtige Lücke geschlossen.

Erstmals sind nun alle technischen Grundlagen für die Herstellung und Erhaltung von Betonfahrbahnen kompakt und übersichtlich zusammengefasst. Das Buch gibt einen durchgängigen Überblick über den Stand der Technik im Betonstraßenbau, wobei der Fokus auf die österreichischen Bauweisen gelegt wird. Darüber hinaus wird auch auf aktuelle Entwicklungen und innovative Bauweisen bzw. Anwendungen eingegangen.

Das Kompendium soll nicht nur ein Handbuch bzw. Nachschlagewerk für Planer, örtliche Bauaufsicht (ÖBA) und Anwender auf der Baustelle sein, sondern auch als Grundlage für die Lehre in technischen Schulen, Fachhochschulen und Universitäten dienen.

Bei der Realisierung dieses Handbuches durften wir auf Unterstützung von BMVIT/Verkehrssicherheitsfonds, ASFINAG/Baumanagement GmbH und der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZ) zurückgreifen. Unter wissenschaftlicher Leitung wurden die Autoren und Experten aus Wissenschaft, Verwaltung und Baupraxis mit Ihrem Fachwissen und Ihrer Erfahrung in den Entstehungsprozess dieses Handbuches integriert und koordiniert.

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber
Betonmarketing Österreich, www.betonmarketing.at

Hersteller
Zement + Beton Handels- u. Werbeges.m.b.H
Reisnerstraße 53, A-1030 Wien, T: +43 1 714 66 85-0 , www.zement.at

Autoren
Ronald Blab, Markus Hoffmann, Stefan Marchtrenker, Peter Nischer, Martin Peyerl, Johannes Steigenberger

Gestaltung: Atelier Simma, www.simma.net

Erhältlich bei Zement + Beton.

Realisierung unterstützt von:

Mid-Term-Konferenz
Conferenza intermedia
Bolzano / Bozen, 22.02.2013

iBBT

(ID 5273-172)

Pavimentazione, rivestimenti e illuminazione innovativi per gallerie

Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel