

Schweizer Fachtagung Betonstrassen für Bauherren, Planer und Bauunternehmer im Bereiche der Verkehrsinfrastruktur

Dienstag, 5. Mai 2015
13.45 bis 18.30 Uhr
Radisson Blu Hotel, Zurich Airport



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen ASTRA

Die Fachtagung steht unter
dem Patronat des Bundesamtes
für Strassen ASTRA.

Inhalt

Vorwort	4
Allen Leuten recht getan, ist ein Ding, das niemand kann. Bau und Unterhalt des schweizerischen Nationalstrassennetzes. – Jürg Röthlisberger, dipl. Ing. ETH, Direktor des ASTRA, Bern	5
Die ASFINAG handelt als wirtschaftlich verantwortungsvoller Autobahnbetreiber – hochbelastete Strecken verlangen nach belastbaren Belägen – DI Alois Schedl, Vorstandsdirektor der ASFINAG, Wien	23
Bau und Betrieb der A5 zwischen Malsch und Offenburg (BW): Bei PPP-Projekten stehen die Wirtschaftlichkeit und die Qualität an erster Stelle – DI Arnaud Judet, Geschäftsführer der Via Solutions Südwest GmbH & Co. AG, Bühl – DI Alexandra Vidal, Projektleiterin Eurovia Infra GmbH (Co-Autorin)	53
Lärmminderung – Optimierung verschiedener Varianten bei Betonbelägen – Dr. Thomas Beckenbauer, Müller-BBM Schweiz AG, Allschwil (BL) – DI Jens Skarabis, Technische Universität München	77
Kompositbauweise – maximale Nutzungsdauer und minimaler Unterhalt – DI Stefan Höller, Bundesanstalt für Strassenwesen (Bast), Gladbach	103
Minderverbrauch von Treibstoffen auf Betonfahrbahnen – Ökobilanz für die Herstellung und Nutzung eines Autobahnabschnittes – DI Charlotte Thiel, Technische Universität München	133

Programm

13.15 Eröffnung Tagungssekretariat, Empfang der Teilnehmenden

13.45 Erster Teil: Betonbeläge im In- und Ausland

**Allen Leuten recht getan, ist ein Ding, das niemand kann.
Bau und Unterhalt des schweizerischen National-
strassennetzes.**

– Jürg Röthlisberger, dipl. Ing. ETH, Direktor des ASTRA, Bern

**Die ASFINAG handelt als wirtschaftlich verantwortungsvoller
Autobahnbetreiber – hochbelastete Strecken verlangen nach
belastbaren Belägen**

– DI Alois Schedl, Vorstandsdirektor der ASFINAG, Wien

**Bau und Betrieb der A5 zwischen Malsch und Offenburg (BW):
Bei PPP-Projekten stehen die Wirtschaftlichkeit und die
Qualität an erster Stelle**

– DI Arnaud Judet, Geschäftsführer der Via Solutions
Südwest GmbH & Co. AG, Bühl

– DI Alexandra Vidal, Projektleiterin Eurovia Infra GmbH (Co-Autorin)

15.15 Kaffeepause

**15.35 Zweiter Teil: Umweltauswirkungen und Technik
von Betonbelägen**

**Lärminderung – Optimierung verschiedener Varianten bei
Betonbelägen**

– Dr. Thomas Beckenbauer, Müller-BBM Schweiz AG, Allschwil (BL)

– DI Jens Skarabis, Technische Universität München

**Kompositbauweise – maximale Nutzungsdauer und
minimaler Unterhalt**

– DI Stefan Höller, Bundesanstalt für Strassenwesen (Bast),
Gladbach

**Minderverbrauch von Treibstoffen auf Betonfahrbahnen –
Ökobilanz für die Herstellung und Nutzung eines Autobahn-
abschnittes**

– DI Charlotte Thiel, Technische Universität München

17.20 Abschluss der Tagung, Apéro riche

Ausklang um 18.30 Uhr

Vorwort

Während in vielen europäischen Staaten stark belastete Autobahnstrecken in der Betonbelagsweise erstellt werden, wird dieser Belagstyp in der Schweiz – trotz vieler Vorteile gegenüber andern Strassenbelägen – seit Jahren nicht mehr gebaut. Die ältesten noch in Betrieb stehenden Betonbeläge weisen ein Alter von teilweise bis zu 50 Jahren auf. Dass derart alte Beläge im Urteil des Autofahrers gegenüber neuen Asphaltbelägen als schlechter beurteilt werden, erstaunt daher nicht.

Alleine: Die neueste Generation von Betonbelägen zeichnet sich durch eine nicht zu überbietende Wirtschaftlichkeit aus. Es ist daher nicht verwunderlich, dass diejenigen Betreiber von Autobahnen, bei denen Langlebigkeit, Wirtschaftlichkeit sowie Ökologie im Vordergrund stehen, klar der Betonbelagsweise den Vorrang geben. Diese Belagsweise erfüllt die von der Gesellschaft gestellten Anforderungen an ein nachhaltiges Strassenverkehrsnetz am besten.

An der Tagung präsentieren ausgewiesene Referenten ihre Erfahrungen zur Thematik. In einem ersten Teil berichten Betreiber aus drei verschiedenen Ländern über ihre Sicht der Dinge in Sachen Autobahnbau. Im zweiten Teil werden wichtige ökologische und technische Aspekte des Betonbelagsbaus beleuchtet. Wussten Sie beispielsweise, dass LKWs und Autos auf Betonautobahnen weniger Treibstoff benötigen – und somit auch weniger CO₂-Emissionen verursacht werden? Oder dass es verschiedene Bauweisen und Techniken gibt, um eine wirksame Lärminderung zu erzielen? Die Referate werden sicher für viel Gesprächsstoff sorgen – wir freuen uns, wenn Sie sich an dieser Diskussion beteiligen.

IG Betonstrassen
Georges Spicher, Präsident

**Allen Leuten recht getan, ist ein Ding, das niemand kann.
Bau und Unterhalt des schweizerischen National-
strassennetzes.**

Jürg Röthlisberger, dipl. Ing. ETH
Direktor des ASTRA, Bern



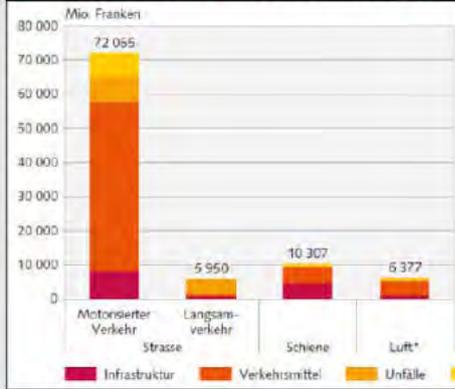
Lebenslauf

Jürg Röthlisberger, dipl. Ing. ETH
Direktor des ASTRA, Bern

Jürg Röthlisberger liess sich nach einer Lehre als Tiefbauzeichner zum Bauingenieur HTL und ETH ausbilden. Danach arbeitete er für eine Baufirma und ein Ingenieur-Unternehmen. 1997 trat er in den Bundesdienst ein und war im ASTRA zunächst als Gebietsverantwortlicher Ostschweiz tätig. Ab 2004 leitete er als Vizedirektor die Abteilung Strasseninfrastruktur, die für Bau, Unterhalt und Betrieb der Nationalstrassen verantwortlich ist. 2012 wurde er vom Bundesrat zum stellvertretenden Direktor ernannt. Seit März 2015 ist er Direktor des Bundesamts für Strassen (ASTRA). Jürg Röthlisberger ist verheiratet und Vater zweier Kinder.

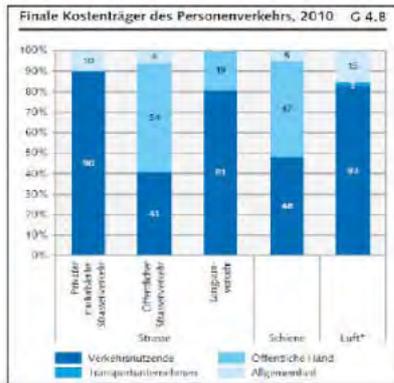


Gesamtkosten des Verkehrs, 2010 (Bfs 2015)



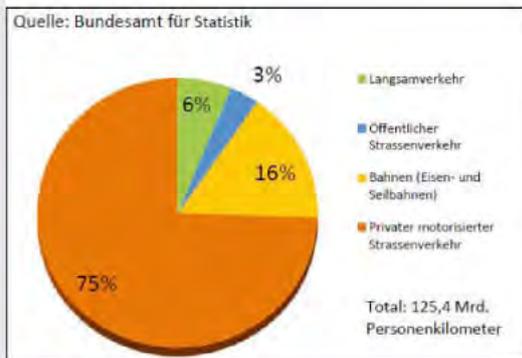
Jürg Röhlißberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 3
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

Gesamtkosten des Verkehrs, 2010 (Bfs 2015)



Jürg Röhlißberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 3
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

Verkehrsleistungen Personenverkehr 2013



Vom MIV 43% auf NS bzw. auf 2.5% der Strassen

Jürg Röhlißberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 4
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

1. Kundengerechte Erhaltung

Erhaltungsabschnitte bilden und „Sanierungen“ gleichzeitig mit den Ausbauten realisieren:

Erhaltungsabschnitt max. 15 km (Baustelle 3 bis 5 km)

Zwischen zwei Erhaltungsabschnitten min. 30 km

Unterhaltsfreier Zeitraum min. 15 Jahre

Minimale Behinderungszeit (also immer Mehrschicht und Anreize)

Ausschliesslich Nachtarbeit, falls Spurabbauten nötig

Jürg Röhliberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 8
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

2. Verkehrsfluss _ Zusätzliche temporäre Verkehrsfläche => PUN



Jürg Röhliberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 9
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

3. Verkehrsfluss _ Zusätzliche definitive Verkehrsfläche => PEB



Jürg Röhliberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 10
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

4. Verkehrsfluss _ Bessere Nutzung vorhandener Verkehrsfläche

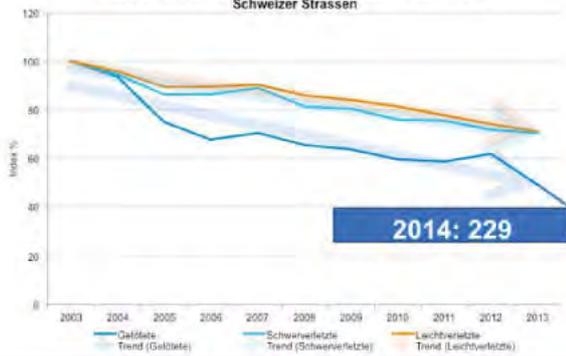
- Verkehrsinformationen auf Wechseltextanzeigen
- Wechselwegweisung
- LW-Überholverbote
- Schwerverkehrsmanagement
- Geschwindigkeitsharmonisierung
- Gefahrenwarnung
- Rampenbewirtschaftung, Lichtsignalanlagen
- Fahrzeug - Belegungsgrad



Jürg Röthlisberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 11
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

5. Strassenverkehrssicherheit

Entwicklung der Getöteten, Schwer- und Leichtverletzten auf Schweizer Strassen



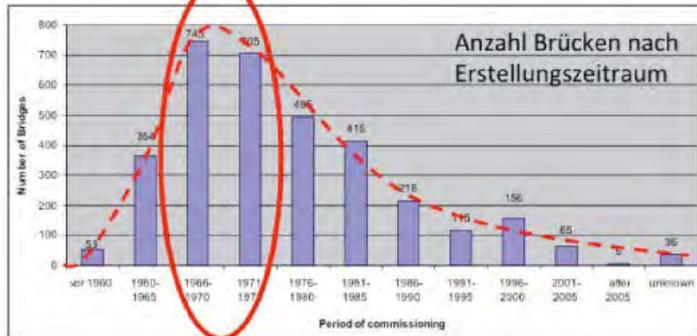
Jürg Röthlisberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 12
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

C. Erhaltungsmanagement EMS



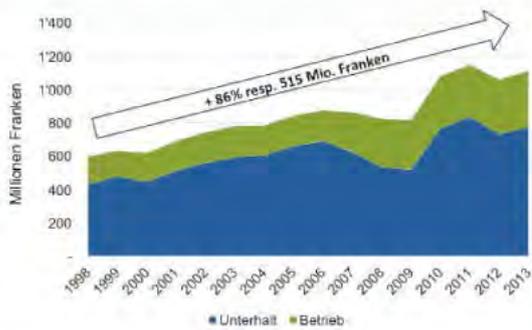
Jürg Röthlisberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 13
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

Die Nationalstrassen altern (1)



Jürg Röhliberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 14
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

Die Nationalstrassen altern (2)



Jürg Röhliberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 15
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

Verbesserungspotential _ Handlungsfeld (1)

a) Materialtechnologie / Bauteilebene

Nutzungsdauer = n * x

- mit n = 1 bis ? in ganzen Zahlen
- wobei x im Moment bei ca. 15a ist und x mit dem Deckbelag belegt ist und x zu maximieren ist

b) Erhaltungsplanung („was“)

(„das Nötige, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, im nötigen Umfang“)

Verbesserung der Projektgenerierung

Jürg Röhliberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 16
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

Beispiel Betonfahrbahnen (4)
=> Pilotprojekt Ausfahrt Oensingen



Jürg Röthlisberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 23
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

Beispiel Betonfahrbahnen (5)
=> Pilotprojekt Ausfahrt Oensingen

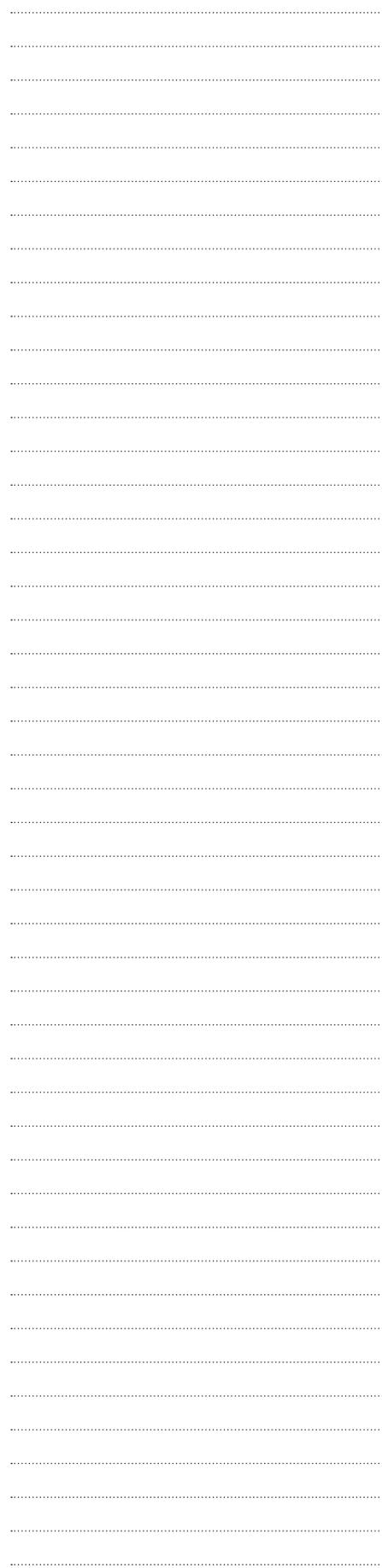
- Die Erfahrungen aus dem Pilotprojekt bilden die Grundlage für neue Beton-(Komposit-)Beläge
- Die Kompositbauweise kann bei sehr hohen Anforderungen an die Tragfähigkeit der Fahrbahn zur künftigen Bauweise auf den schweizerischen Nationalstrassen gehören
- Bei den Projekten N1, 6-spur-Ausbau Luterbach – Härkingen und N12, Vevey - Châtel-St-Denis werden Variantenvergleiche Asphalt/Beton angestellt

Jürg Röthlisberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 24
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

Beispiel Betonfahrbahnen (6)
=> Rastplätze & Kreisel



Jürg Röthlisberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 25
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015



Beispiel Betonfahrbahnen (7)
=> Schwerverkehrszentren



Jürg Röhliberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 26
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

D) Herausforderungen strategische Ebene => Künftige Finanzierung => NAF



Jürg Röhliberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 27
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

Aktuelle Baustellen im Bereich Strassenverkehrsfinanzierung



Schliessung der Finanzierungslücke
Vorschläge zur Schliessung der sich abzeichnenden Finanzierungslücke / Erhöhung Mineralölsteuerzuschlag
(Auftrag Bundesrat vom Januar 2011)

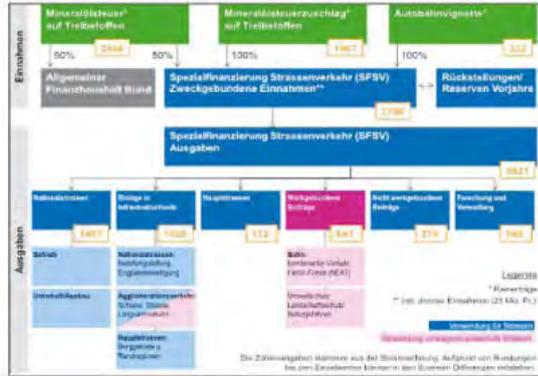


Verbesserung der Struktur der SFSV

- Kohärentere Finanzierung von Strasse und Schiene (Auftrag Bundesrat vom November 2011)
- Fonds zur Finanzierung der Nationalstrassen (vgl. FABI- und NEB-Botschaft vom Januar 2012 sowie Auftrag des Bundesrates vom 30. Januar 2013)

Jürg Röhliberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 28
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

SFSV (Finanzflüsse im 2013 in Mio. Franken)



Neue Struktur: SFSVneu & NAF



Menge: Ursachen für die Finanzierungslücke

- Erwünschter Trend zu verbrauchsärmeren, effizienteren Fahrzeugen
- Teuerungsentwicklung bei den Ausgaben ≠ Entwicklung Einnahmen
- Aufgabenkreis SFSV wurde erweitert bzw. Belastung erhöht (Beiträge an ÖV (NEAT-Viertel, BIF), Beiträge an Agglomerationsprogramme)
- Zusätzlicher Finanzbedarf Nationalstrassen und Agglomerationsverkehr
- Kundengerechte Art der Erhaltung

Finanzierungslücke: Massnahmen Ausgabenseite



Nationalstrassen

- Steigerung der Effizienz und Effektivität
- Zeitliche Verschiebung/Erstreckung von Projekten bei den Erweiterungen und Kapazitätsausbauten



Beiträge an Agglomerationsverkehr

- Zeitliche Verschiebung bzw. Erstreckung der Beiträge

Finanzierungslücke: Massnahmen Einnahmenseite



- Erhöhung Mineralölsteuerzuschlag bei Bedarf um +6 Rp./l (voraussichtlich 2018)

→ Gesetzesänderung notwendig



- Zweckbindung der Automobilsteuer für den NAF

→ Änderung der Bundesverfassung



- Abgabe auf Fahrzeugen mit alternativen Antriebstechniken (z.B. E-Fahrzeuge) ab 2020

→ Änderung der Bundesverfassung



- Möglichkeit eines Teuerungsausgleich frühestens mit zweiter Erhöhung des Mineralölsteuerzuschlags

→ Gesetzesänderung notwendig

Finanzierungslücke: Massnahmen Ausgabenseite

Güterverkehr: zwei Beispiele für die Strecke Bern-Zürich



- Für Lieferwagen*:
+0,70 Fr. für die Fahrt
+0,60 Fr. pro Tonne Nutzlast



- Für Lastwagen**:
+2,30 Fr. für die Fahrt
+0,30 Fr. pro Tonne Nutzlast



- Personenverkehr pro Haushalt mit einem Auto
- Steuerliche Mehrbelastung von 7 Fr. pro Monat***
- Erhöhung der Mobilitätsausgaben um 0,7 %

* Gesamtgewicht 3,5 Tonnen, Nutzlast 1,15 Tonnen, Treibstoffverbrauch pro 100 km 7,2 Liter
** Gesamtgewicht 18 Tonnen, Nutzlast 7,84 Tonnen, Treibstoffverbrauch pro 100 km 31,1 Liter
*** Treibstoffverbrauch pro Monat 111 Liter

F) Herausforderung => Vernetzte Mobilität



Jürg Röhliberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 38
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

So (schnell) ändert sich die Welt



Jürg Röhliberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 39
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

Wesentliche bis extreme direkte Auswirkungen auf den MIV/ÖV



Jürg Röhliberger, Dipl. Ing. ETH | Seite 40
Schweizer Fachtagung Betonstrassen, 05.05.2015

Die ASFINAG handelt als wirtschaftlich verantwortungsvoller Autobahnbetreiber – hochbelastete Strecken verlangen nach belastbaren Belägen

DI Alois Schedl

Vorstandsdirektor der ASFINAG



Lebenslauf

DI Alois Schedl

Vorstandsdirektor der ASFINAG

Alois Schedl wurde am 6. April 1952 geboren. Er studierte an der Technischen Universität Wien Bauingenieurwesen und als Aufbaustudium Raumplanung und Raumordnung. Von 1982 bis 1985 war er Mitarbeiter im Kabinett des Bundesministers für Bauten und Technik, zuständig für die Belange des Straßenbaues. Von 1983 bis 1990 war er Leiter der Budgetabteilung im Bundesministerium für Bauten und Technik. Ab 1985 war er in verschiedenen Vorstandsfunktionen in Straßenbaugesellschaften des Bundes tätig.

Seit Oktober 2007 ist Alois Schedl Vorstandsdirektor der Autobahnen- und Schnellstrassen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft, kurz ASFINAG. Dort verantwortet er im Unternehmen primär die Belange der Planung, des Neubaus sowie der baulichen und betrieblichen Erhaltung.



Die ASFINAG handelt als wirtschaftlich verantwortungsvoller Autobahnbetreiber – hochbelastete Strecken verlangen nach belastbaren Belägen

Alois Schedl

Autobahnen und Schnellstraßen sind als hochrangige Verkehrsträger eine der grundlegenden Voraussetzungen für den freien Güter- und Personenverkehr sowie die Befriedigung moderner Mobilitätsbedürfnisse. Darüber hinaus trägt ein bedarfsgerechtes, verkehrssicher ausgebautes und gut serviciertes Netz mit einer hohen Verfügbarkeit zur Entwicklung der Regionen und der Stärkung des Wirtschaftsstandortes Österreich bei.

Die 1982 gegründete ASFINAG ist ein rein kundenfinanziertes Unternehmen und zuständig für die Planung, die Finanzierung, den Bau und die Erhaltung, den Betrieb und die Bemannung des österreichischen Autobahn- und Schnellstraßennetzes mit einer Gesamtlänge von 2183 km.

Aufgrund der geografischen Lage mit sechs wichtigen Transitkorridoren und der damit stetig zunehmenden Verkehrsbelastung im hochrangigen Netz, haben Betondecken in Österreich eine sehr lange Tradition. Nachdem 1954 der Grundstein für den Wiederbeginn des Autobahnbaus in Österreich gelegt wurde, war Beton DER Baustoff für Fahrbahnen. Hohe Tragfähigkeit und Verschleißfestigkeit und somit längere Intervalle zwischen den Sanierungen – Generalerneuerungsintervalle von 40 Jahren sind durchaus realistisch – ermöglichen ein Maximum an Streckenverfügbarkeit, eines der wesentlichen Kundenkriterien der ASFINAG. Die erhöhte Sicherheit im Brandfall kombiniert mit einer hellen Fahrbahnoberfläche ist vor allem in den 153 Tunnel von Bedeutung.

Als wirtschaftlich und innovativ agierendes Unternehmen, fördert die ASFINAG maßgeblich die Entwicklung von neuen Bauweisen und Techniken. Einige davon – die zweischichtige Decke mit Waschbetonoberfläche ist hier besonders hervorzuheben – haben den Sprung in die USA und nach Deutschland geschafft, wo die genannte österreichische Entwicklung mittlerweile eine der Standardbauweisen darstellt. Die Anforderungen an die Waschbetonoberfläche wurden mittlerweile so weit optimiert, dass die Bauweise auch in lärmsensiblen Abschnitten eingesetzt und die Anrainer über sehr lange Zeiträume mit einer gleichblei-

benden Geräuschemission vor Belastung geschützt werden können.

Die ASFINAG legt bereits in den Planungsphasen und Bauverträgen hohes Augenmerk auf die laufende Steigerung der Wiederverwertungsquote von Baumaterial. Der aktuelle Stand der Technik und die zugehörigen Verfahrensschritte zur vollständigen Wiederverwertung alter Decken beim Bau neuer Decken basieren auf den im Rahmen der Generalerneuerung der A1 West Autobahn zu Beginn der 1990er Jahre gewonnenen Erkenntnissen. Die Erstumsetzung der Neuen Österreichischen Betondeckeninstandsetzungsmethode NÖBI stellt einen weiteren Meilenstein der Erfolgsgeschichte von Betondecken im ASFINAG-Netz dar.

Die positiven wirtschaftlichen und ökologischen Eigenschaften und die damit einhergehende maximale Streckenverfügbarkeit bei minimalem Erhaltungsaufwand, machen die Betondecke zu einer betriebs- und volkswirtschaftlich attraktiven Bauweise, welche auch in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen wird.



ASFINAG-Konzern: Entwicklung

- 1982:** Gründung **ASFINAG** als Finanzierungsgesellschaft
- 1993:** Gründung ÖSAG und ASG
- 1997:** Fruchtgenussvertrag mit Republik Österreich:
Gesamtverantwortung Netz und Verbindlichkeiten bei **ASFINAG**, Recht zur Maut-Einhebung
→ Einführung der **Vignette** (Kfz < 12 t)
- 2004:** Einführung streckenabhängige **Lkw-Maut** (Kfz > 3,5 t)
- 2005:** **Übernahme** der **EUROPPASS** mit Mautsystem
- 2006:** Direkte **Übernahme** des **Straßenbetriebes** durch Beendigung Werkverträge mit den Bundesländern
- 2010:** Zusammenlegung der für den Betrieb zuständigen Gesellschaften: „Servicegesellschaft **SG neu**“

02.04.2015



ASFINAG-Konzern: Heute Organisationsstruktur ASFINAG-Gruppe



5
02.04.2015



ASFINAG-Konzern: Herausforderungen ASFINAG-Mission: Verlässlichkeit auf allen Wegen

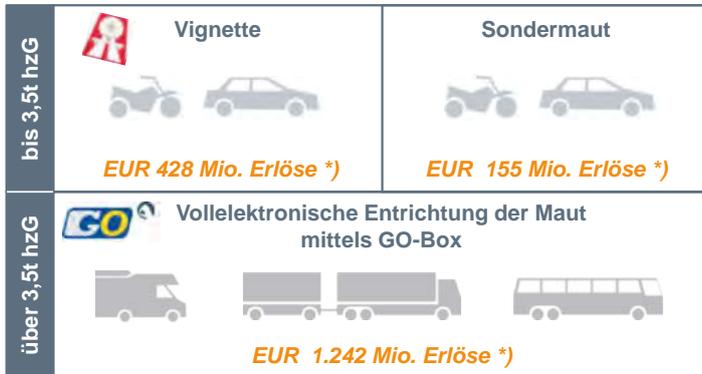
- Die **ASFINAG** ist ein **kundenfinanzierter** und **wirtschaftlich agierender** Betreiber und Errichter von Autobahnen und Schnellstraßen.
- Wir bieten unseren **Kunden** ein **verkehrssicher** ausgebautes und **gut serviciertes Netz** mit **hoher Verfügbarkeit** und benutzerfreundliche Mautsysteme.
- Wir arbeiten im Einklang mit unserer **wirtschaftlichen, ökologischen** und **gesellschaftlichen** Verantwortung und stärken den Wirtschaftsstandort Österreich.

6
02.04.2015



ASFINAG-Konzern: Einnahmen

Mittel - Erlöse aus Maut 2014



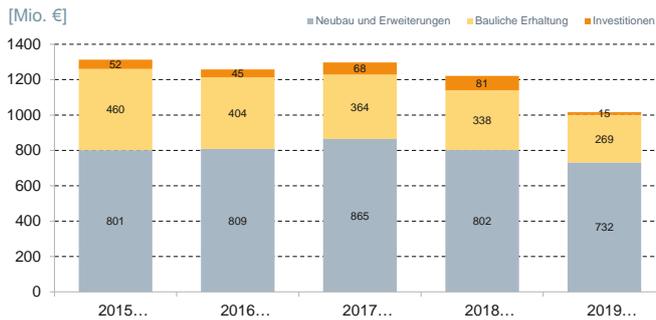
*) Netto-Erlöse 2014, gerundet

7
02.04.2015



ASFINAG-Konzern: Ausgaben

Vorschau Infrastrukturinvestitionsprogramm



➔ Finanzierung Betrieb, Bau und Erhaltung durch Mauteinnahmen. Keine Zuschüsse aus dem Staatsbudget!

8
02.04.2015



Überblick

- 🕒 Der ASFINAG-Konzern
- 🕒 Das ASFINAG-Streckennetz
- 🕒 Betondecken im ASFINAG-Streckennetz
- 🕒 Beton oder Asphalt? Ein Fazit.



ASFiNAG-Netz

Kundenkriterien für Baustellen

Maximaler baustellenbedingter Zeitverlust

- Zumutbarer baustellenbedingter Zeitverlust: **5 Minuten/100 km**

Maximale Gesamtlänge der Baustellen pro definiertem Abschnitt

- Maximale Länge: **17 km pro 100 km** (entspricht einem 5-minütigen Zeitverlust bei Reduktion von 130 km/h auf 80 km/h)



10
02.04.2015



ASFiNAG-Netz

Kundenkriterien für Baustellen

Maximale durchgängige Länge von Baustellen

- **10 km** bei einer baustellenbedingten Geschwindigkeitsbeschränkung auf 100 km/h oder 80 km/h,
- **6 km** bei einer baustellenbedingten Geschwindigkeitsbeschränkung von 60 km/h.



Maximale Anzahl an Baustellen pro 100 km-Abschnitt

- **max. 2** Baustellen der Kategorie „stark“
- **max. 4** Baustellen der Kategorien „stark“ und „mittel“

11
02.04.2015



ASFiNAG Netzausbau - 1969



12
02.04.2015



ASFINAG Netzausbau - 1979



13
02.04.2015



ASFINAG Netzausbau - 1989



14
02.04.2015



ASFINAG Netzausbau - 2000



15
02.04.2015

Series of horizontal dotted lines for handwritten notes.





ASFINAG-Netz

Kennzahlen

- Netzlänge in Betrieb: **2.183 km** (ca. 2 % v. Gesamtnetz in A)
- Fahrstreifen-Kilometer: **11.594 km**
- Tunnel: **153** (davon 4 PPP)
- Tunnelkilometer: **361 km** (+ca. 95 km in Bau/Planung)
- Brücken: **5.194**
- Brückenkilometer: **340 km**
- Lärmschutzwände im Bestand: **1.315 km**
(seitlich der Fahrbahnen und im Mittelstreifen)
- Gesamtfläche Lärmschutzwände: **4,25 km²**

19
02.04.2015



ASFINAG-Netz

Kennzahlen

- Autobahnmeistereien: **43**
- Raststationen: **87**
- Rastplätze: **46**
- Parkplätze: **123** (ca. 16.500 Pkw- und ca. 6.500 Lkw-Stellplätze)
- Mitarbeiter: **2.691**
- Anschlussstellen: **360** (+51 HAST, +38 Knoten)
- Jahresfahrleistung: **27,7 Mrd. km**

20
02.04.2015



Überblick

- 🕒 Der ASFINAG-Konzern
- 🕒 Das ASFINAG-Streckennetz
- 🕒 Betondecken im ASFINAG-Netz
- 🕒 Beton oder Asphalt? Ein Fazit.

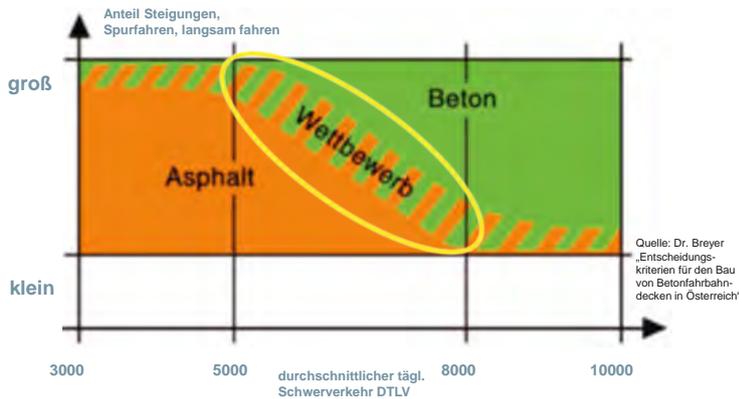
Series of horizontal dotted lines for notes.

Betondecken im ASFiNAG-Netz
Wesentliche Einflussfaktoren für die Wahl der Bauweise

- Verkehrsbelastung, -entwicklung (Schwerverkehr)
- Betrachtungszeitraum, Bemessungsperiode
- Anforderungen Umwelt (Lärmemission, Recycling, Energie)
- Soziale Kriterien (Netzverfügbarkeit, Sicherheit, Kraftstoffverbrauch)
- Wirtschaftlichkeitskriterien (Baukosten, bauliche und betriebliche Erhaltung inkl. Betriebskosten wie z.B. für Tunnelbeleuchtung)

22
02.04.2015

Betondecken im ASFiNAG-Netz
Wesentliche Einflussfaktoren für die Wahl der Bauweise



23
02.04.2015

Betondecken im ASFiNAG-Netz
Wesentliche Einflussfaktoren für die Wahl der Bauweise

Erhaltungsabfolgen für bituminöse und zementgebundene Bauweise*

Zeit	Bituminöse Bauweise	Zementgebundene Bauweise
0 Jahre/Bau	Neubau/Erneuerung	Neubau/Erneuerung
Ca. 10 Jahre	Instandsetzung	Vereinzelte Felder, Fugenpflege
Ca. 20 Jahre	Instandsetzung	
Ca. 30 Jahre	Erneuerung	Erneuerung

*In Anlehnung an „Betondecken aus volkswirtschaftlicher Sicht“; Vortragsband, Internationale Fachtagung, Wien, 2005

24
02.04.2015

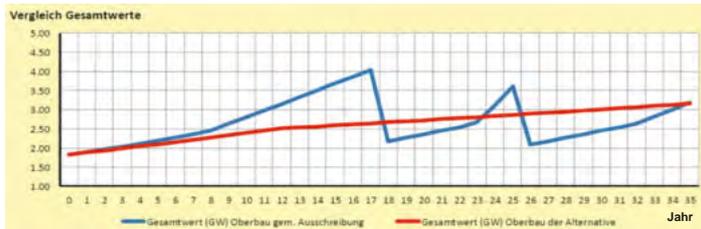


Betondecken im ASFINAG-Netz Entscheidungshilfe durch Softwareunterstützung

Beispiel: Zustandsentwicklung zweier Bauweisen über 35 Jahre

Gesamtwert =
Griffigkeit + Ebenheit + Risse +
Oberflächenschäden + Schichtalter +
Schichtart + Schichtdicke

Zustandsklasse	Zustandswert	Bewertung
1	[1,0 - 1,5]	Sehr gut
2	[1,5 - 2,5]	Gut
3	[2,5 - 3,5]	Mittel
4	[3,5 - 4,5]	Schlecht
5	[4,5 - 5,0]	Sehr schlecht



Betondecken im ASFINAG-Netz Entscheidungshilfe durch Softwareunterstützung

Beispiel: Kostenvergleich zweier Bauweisen über 35 Jahre

Gesamtkosten gem. Ausschreibung (hier: **Asphalt**) Bau + Erhaltung
Gesamtkosten der Alternative (hier: **Beton**) Bau + Erhaltung



Betondecken im ASFINAG-Netz Sonderfall Tunnel: Wahl der Bauweise

- bis Mitte 1980er: (fast) ausschließlich Beton
- seit Mitte 1980er: vermehrt Asphalt
- 1999: nach den Brandkatastrophen im Mont-Blanc- und Tauern Tunnel → Betondecke ab 1000 m Tunnellänge verpflichtend (Ministerieller Erlass)
- seit 2011: **beide** Bauweisen **zulässig** wenn Anforderung gem. RVS 09.01.23 eingehalten:

„Die Anforderung an das Brandverhalten der Deckschichte hat mindestens der Klasse A2_{fl} gemäß ÖNORM EN 13501-1 zu entsprechen.“

02.04.2015



Betondecken im ASFINAG-Netz

Aktueller Stand Betondecken in Österreich

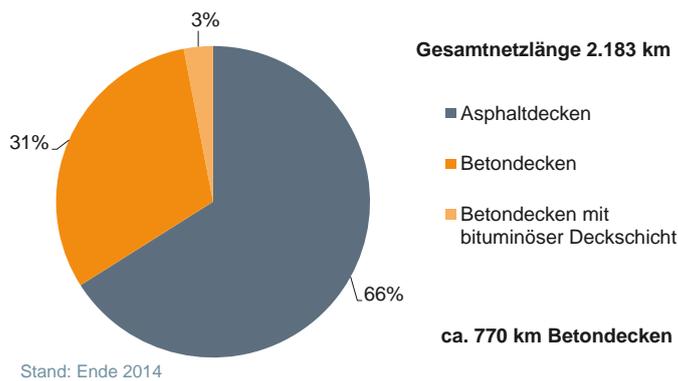
- 1930er Jahre:** Erste Betondecke im Autobahnnetz
- 1950/60er Jahre:** Wesentlicher Anteil Betondecken beim Neubau im Autobahnnetz
- 1990er Jahre:** Beginn **zweischichtige** Betondecke mit Oberbeton in **Waschbetonbauweise**
 - Seitdem **Regelbauweise** im ASFINAG-Netz
 - Lärmindernde Eigenschaften
 - Langfristig hohes Griffigkeitsniveau
- 2010er Jahre :** **Wiederverwendung** von alten Betondecken
„**NÖBI**“: Neue Sanierungstechnologie

02.04.2015



Betondecken im ASFINAG-Netz

Anteile Betondecken und Asphaltdecken

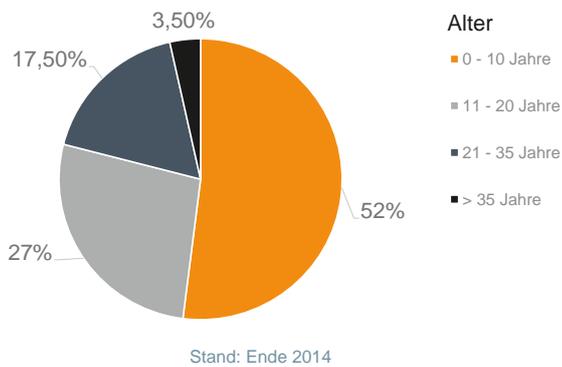


35
02.04.2015



Betondecken im ASFINAG-Netz

Altersverteilung Betondecken

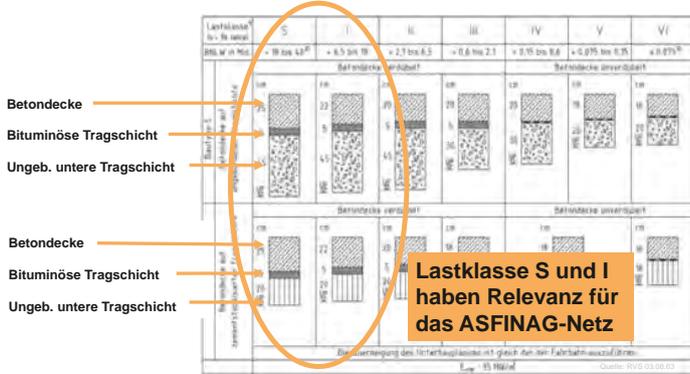


36
02.04.2015



Betondecken im ASFINAG-Netz

Dimensionierung - Standardaufbau gemäß RVS 03.08.63



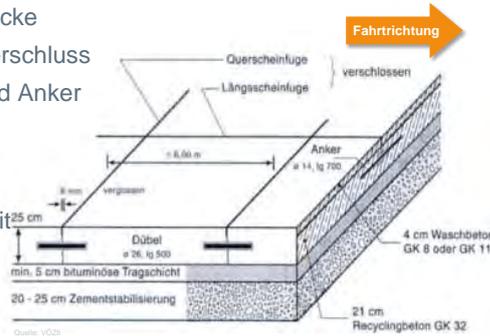
37
02.04.2015



Betondecken im ASFINAG-Netz

Ausführung gemäß RVS. 08.17.02

- zweischichtiger Einbau
- Einhaltung Mindestdicke
- Fugenausbildung/-verschluss
- Anordnung Dübel und Anker
- Entwässerung Deckenunterlage
- Erosionsbeständigkeit
- Tragfähigkeit der Unterlage



Quelle: VO21
38
02.04.2015



Betondecken im ASFINAG-Netz

Eigenschaften

Waschbetondecke gem. RVS 08.17.02:

- langandauernde lärmindernde Wirkung
- hohe Griffigkeit über den gesamten Nutzungszeitraum
- hohe Verschleißfestigkeit → keine Spurrinnen
- helle Oberfläche (geringere Energiekosten im Tunnel, erhöhte Verkehrssicherheit insbesondere bei Nacht)
- Möglichkeit der vollständigen Wiederverwertung
- gute Oberflächenentwässerungseigenschaften



39
02.04.2015



Betondecken im ASFINAG-Netz Waschbetonoberfläche zur Lärmreduktion

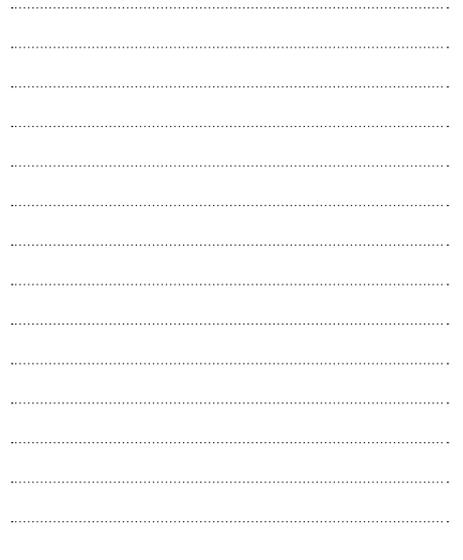
Anforderung im Rahmen der Abnahme nachzuweisen:

- Mindestrautiefe
- Profilspitzenzahl/-dichte
- Rollgeräusch

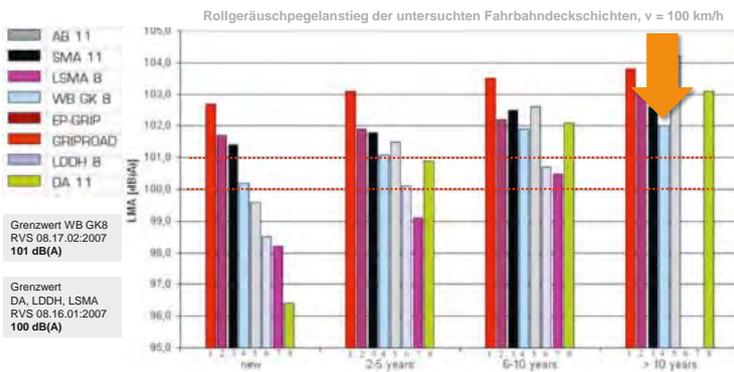


Quelle: VÖZB

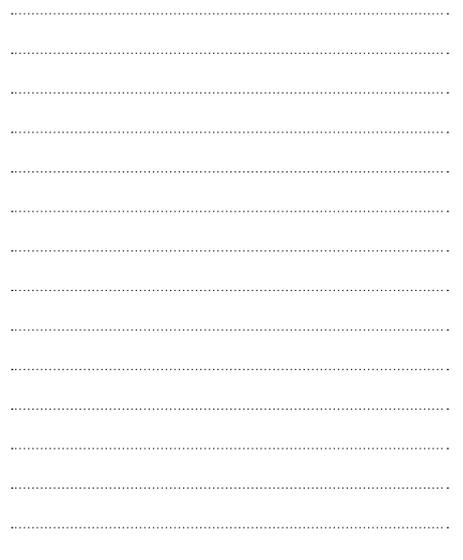
40
02.04.2015



Betondecken im ASFINAG-Netz Messergebnisse Lärmentwicklung über Zeit



Quelle: Dipl.-Ing. Jürgen Haberl, o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Dr. hc. Johann Litzka, „Bewertung der Nahfeld-Geräuschemission österreichischer Fahrbahndeckschichten“, Reihe Straßenforschung des BMVIT, Heft 554, p.63, 2005 41
02.04.2015



Betondecken im ASFINAG-Netz Wiederverwendung und Recycling alter Betondecken

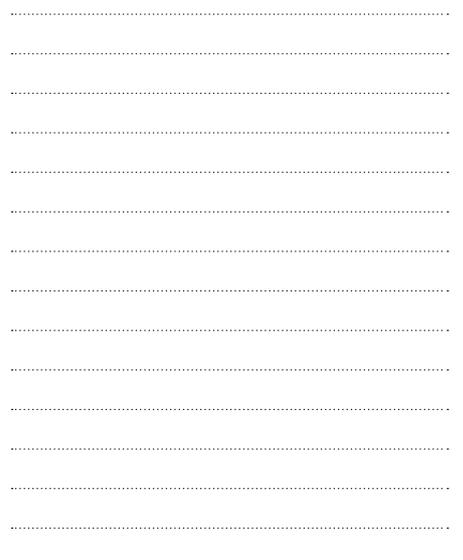
Warum Wiederverwendung und Recycling?

- Schonung natürlicher Ressourcen
- begrenzter Deponieraum
Reduktion der Transporte bzw. Transportentfernungen
- Vorliegen eines homogenen Ausgangsmaterials mit über viele Jahre nachgewiesenen Eigenschaften
- EU-Richtlinie zur Wiederverwendung (Ziel 70% bis 2020)



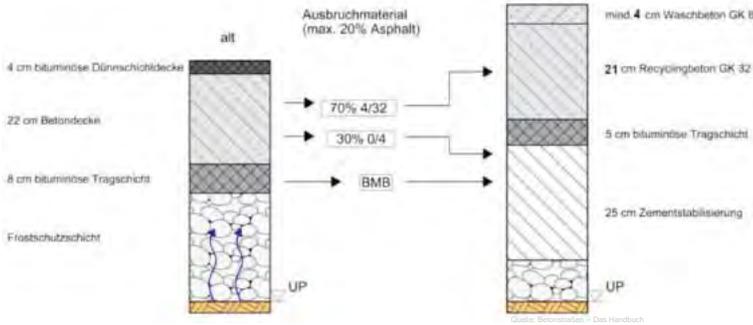
Quelle: Asamer Holding AG

42
02.04.2015



Betondecken im ASFINAG-Netz

Wiederverwendung und Recycling alter Betondecken



➔ **100 % Wiederverwertung möglich!**

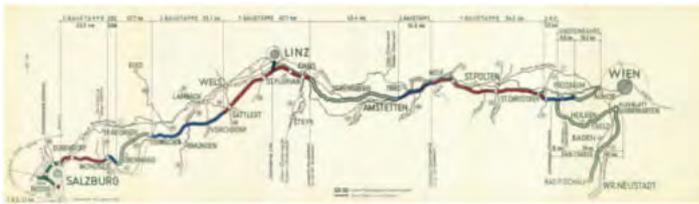
43
02.04.2015

Betondecken im ASFINAG-Netz

Wiederverwendung und Recycling alter Betondecken

Beispiel für ein erfolgreiches Projekt:
Generalerneuerung A 1 Wien – Salzburg

- Länge ca. 290 km
- Fahrbahnfläche ca. 3.200.000 m²
- Volumen ca. 700.000 m³



Quelle: Archiv der ehemaligen Oberösterreichischen Autobahnverwaltung

44
02.04.2015

Betondecken im ASFINAG-Netz

Instandsetzung von Betondecken

Wirtschaftliche Instandsetzungsmaßnahmen:

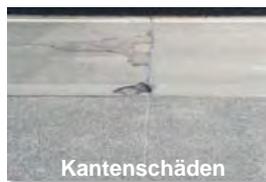
Was tun bei

- schlechtem Lärmverhalten,
- Griffmängeln,
- Schäden im Oberbeton,
- Kantenschäden

bei sonst einwandfreien Decken?



Griffigkeit



Kantenschäden

➔ **Durchführung erprobter Instandsetzungsmaßnahmen**

45
02.04.2015



Überblick

- Der ASFInAG-Konzern
- Das ASFInAG-Streckennetz
- Betondecken im ASFInAG-Netz
- Beton oder Asphalt? Ein Fazit.

Beton oder Asphalt?

Fazit

- Es gibt **keine** Entscheidung pro oder contra Beton/Asphalt
- Beide** Bauweisen stehen **gleichberechtigt** nebeneinander
- Entscheidung im Einzelfall: Wahl der für das jeweilige Projekt wirtschaftliche und aus Kundensicht optimale Bauweise



Ziel der ASFInAG ist es, den **Wettbewerb** zwischen den Bauweisen zu fördern, da die **Kosten** maßgeblich die Wahl entscheiden

52
02.04.2015

Beton oder Asphalt?

Fazit

Was tut die ASFInAG für den Wettbewerb?

- Berücksichtigung der **Lebenszykluskosten** bei der Wahl der Bauweise
- Berücksichtigung im Rahmen der Ausschreibung:
 - Alternativen** grundsätzlich **zulassen**
 - Fallweise Beaufschlagung der Asphaltdecke bzw. Nachlass der Betondecke aufgrund der kürzeren Lebensdauer der Asphaltdecke
- Berücksichtigung (auch) der (zukünftigen) **Streckenverfügbarkeit** bei der Wahl, im Sinne der Kunden

53
02.04.2015

Betonstraßen im ASFINAG Netz

Erfahrungen und Perspektiven mit hochbelasteten Belägen

Schedl A.; Huditz A.; Krmek M.; Steigenberger J.

Kurzfassung

Autobahnen und Schnellstraßen sind als hochrangige Verkehrsträger eine der grundlegenden Voraussetzungen für den freien Güter- und Personenverkehr sowie die Befriedigung moderner Mobilitätsbedürfnisse. Darüber hinaus trägt ein bedarfsgerechtes, verkehrssicher ausgebautes und gut serviciertes Netz mit einer hohen Verfügbarkeit zur Entwicklung der Regionen und der Stärkung des Wirtschaftsstandortes Österreich bei.

Die 1982 gegründete ASFINAG ist ein rein kundenfinanziertes Unternehmen und zuständig für die Planung, die Finanzierung, den Bau und die Erhaltung, den Betrieb und die Bemaunung des österreichischen Autobahn- und Schnellstraßennetzes mit einer Gesamtlänge von 2183 km.

Aufgrund der geografischen Lage mit sechs wichtigen Transitzkorridoren und der damit stetig zunehmenden Verkehrsbelastung im hochrangigen Netz, haben Betondecken in Österreich eine sehr lange Tradition. Nachdem 1954 der Grundstein für den Wiederbeginn des Autobahnbaus in Österreich gelegt wurde, war Beton DER Baustoff für Fahrbahnen. Hohe Tragfähigkeit und Verschleißfestigkeit und somit längere Intervalle zwischen den Sanierungen – Generalerneuerungsintervalle von 40 Jahren sind durchaus realistisch – ermöglichen ein Maximum an Streckenverfügbarkeit, eines der wesentlichen Kundenkriterien der ASFINAG. Die erhöhte Sicherheit im Brandfall kombiniert mit einer hellen Fahrbahnoberfläche ist vor allem in den 153 Tunnel von Bedeutung.

Als wirtschaftlich und innovativ agierendes Unternehmen, fördert die ASFINAG maßgeblich die Entwicklung von neuen Bauweisen und Techniken. Einige davon – die zweischichtige Decke mit Waschbetonoberfläche ist hier besonders hervorzuheben – haben den Sprung in die USA und nach Deutschland geschafft, wo die genannte österreichische Entwicklung mittlerweile eine der Standardbauweisen darstellt. Die Anforderungen an die Waschbetonoberfläche wurden mittlerweile so weit optimiert, dass die Bauweise auch in lärmsensiblen Abschnitten eingesetzt wird und die Anrainer über sehr lange Zeiträume mit einer gleichbleibenden Geräuschemission vor Belastung geschützt werden können.

Die ASFINAG legt bereits in den Planungsphasen und Bauverträgen hohes Augenmerk auf die laufende

Steigerung der Wiederverwertungsquote von Baumaterial. Der aktuelle Stand der Technik und die zugehörigen Verfahrensschritte zur vollständigen Wiederverwertung alter Decken beim Bau neuer Decken basieren auf den im Rahmen der Generalerneuerung der A 1 West Autobahn zu Beginn der 1990er Jahre gewonnenen Erkenntnissen. Die Erstumsetzung der Neuen Österreichischen Betondeckeninstandsetzungsmethode NÖBI stellt einen weiteren Meilenstein der Erfolgsgeschichte von Betondecken im ASFINAG-Netz dar.

Die positiven wirtschaftlichen und ökologischen Eigenschaften und die damit einhergehende maximale Streckenverfügbarkeit bei minimalem Erhaltungsaufwand, machen die Betondecke zu einer betriebs- und volkswirtschaftlich attraktiven Bauweise, welche auch in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen wird.

Einleitung – Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich

Erste Ideen zum Autobahnbau in Österreich reichen in die 1920er Jahre zurück. Die Umsetzung diverser Planungen und Entwürfe erfolgte jedoch unter diktatorischen Vorzeichen mit der Ausdehnung der deutschen Reichsautobahnen auf das Gebiet der heutigen Republik Österreich. Der kriegsbedingte Baustopp ab 1943 hinterließ jedoch lediglich zwei kurze Teilstücke von insgesamt 16,8 km Länge, eine größere Anzahl an Brückenbauwerken und bereits abgeschlossene Erdarbeiten in größerem Umfang. Der Startschuss für das heutige Autobahn- und Schnellstraßennetz lässt sich mit dem Jänner 1953 datieren, als durch den damaligen Bundeskanzler Raab das Projekt der heutigen A1 West Autobahn öffentlich vorgestellt wurde. Die gesetzliche Grundlage wurde mit der Novellierung des Bundesstraßengesetzes im Jahr 1954 geschaffen, mit welcher der Begriff «Autobahn» erstmals als Bundesstraße «A» aufgenommen wurde. Nach Klärung der Eigentumsfragen der ursprünglichen Reichsautobahnen inklusive der noch nicht vollendeten Bauten, erfolgte der Spatenstich durch Raab am 17. Juli 1954 in Salzburg. Bereits damals hatten Betondecken den wesentlichen Anteil am stetig wachsenden Netz (vgl. Abb. 1)*.

Die Finanzierung des Netzausbaus erfolgte in den Anfangsjahren aus dem Bundesbudget, welches sich wiederum u.a. über die bis 1975 für den Ausbau der

*Hinweis: Abbildungen zum Referat ab Seite 48.

Autobahnen und Bundesstraßen «B» zweckgebundenen Mittel aus der Mineralölsteuer speisen konnte. Zur Abwicklung der ambitionierten Erweiterung des Autobahnnetzes wurden in den 1960er/70er Jahren mehrere Sondergesellschaften gegründet, welche einerseits den Bau vorantreiben, andererseits außerbudgetäre Finanzierungen ermöglichen sollten. Die Ausgliederung der Autobahnen und Schnellstraßen an die 1982 gegründete privatrechtliche Aktiengesellschaft ASFINAG im Eigentum der Republik Österreich im Jahr 1997 mit der gleichzeitigen Einführung der Vignette für Fahrzeuge unter 12 t Gesamtgewicht als Ergänzung zu den Sondermautabschnitten der Alpenquerungen, stellte eine Lösung zur Zwischenfinanzierung bis zur Einführung der weltweit ersten fahrleistungsabhängigen elektronischen Mauterhebung im fließenden Verkehr für Fahrzeuge über 3,5 t Gesamtgewicht im Jahr 2004 dar. Die 2005 übernommene und in die ASFINAG eingegliederte Mautsystembetriebsfirma sorgt seitdem für die Finanzierung von Neubau- und Erhaltungsprojekten sowie den Betrieb des Autobahn- und Schnellstraßennetzes. Im Jahr 2006 wurden diese Aufgaben von den Bundesländern und den Sondergesellschaften direkt durch die ASFINAG übernommen, an operative Tochtergesellschaften übertragen (vgl. Abb. 2) und aktuell von ca. 2650 Mitarbeitern bewältigt.

Wahl der Bauweise

Vor allem aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten konzentrierte sich der Betonstraßenbau in Österreich überwiegend auf das hochrangige Autobahnen- und Schnellstraßennetz (vgl. Abb. 4), Bereiche in denen ein hoher Schwerverkehrsanteil bei stetig zunehmenden Gesamtverkehrszahlen entsprechende Bauweisen erforderte. Aber auch Sicherheitsbestrebungen, insbesondere bei Tunnel mit Längen über 1000 m, sorgen für eine anhaltend weite Verbreitung von Betondecken im ASFINAG-Netz, in welchem sie aktuell einen Anteil von fast 35 Prozent besitzen (vgl. Abb. 3).

Die Wahl der Bauweise wird im Wesentlichen von der Schwerverkehrsbelastung und der prognostizierten Entwicklung, aber auch von der Bemessungsperiode beeinflusst. Weiters sind die an Bedeutung zunehmenden und zum Teil rechtlich reglementierten Umweltaforderungen – vor allem die Begrenzung von Lärmemissionen durch den Verkehr und die Recyclingfähigkeit – bedeutende Entscheidungskriterien. Nicht nur für privatwirtschaftlich organisierte Autobahnbetreiber geben Wirtschaftlichkeitskriterien wie Bau- und Betriebskosten (Lebenszykluskosten) letztlich den Ausschlag für die Wahl der Bauweise.

Zur Objektivierung der Entscheidung für die projektbezogen optimale Bauweise hat die ASFINAG ein Excel-basiertes Berechnungstool entwickeln lassen,

welches unter Berücksichtigung relevanter Eingangsdaten (u. a. Schwerverkehrsdaten, angenommene Angebotspreise, Betrachtungszeiträume, Betriebs-/Erhaltungskosten) gute Anhaltspunkte für die im Rahmen der Ausschreibung vorzuziehende Bauweise liefert (vgl. Abb. 4). Darüber hinaus sind Alternativen bei Angeboten von Auftragnehmerseite grundsätzlich zugelassen.

Die moderne Betonstraße bietet eine optimale Lösung für alle Anforderungen im ASFINAG-Netz: hohe Tragfähigkeit und Verformungswiderstand (keine Spurrinnen), längere Instandsetzungsintervalle (weniger Baustellen, hohe Netzverfügbarkeit) und geringerer Erhaltungsbedarf (Lebenszykluskosten). Hinzu kommen erhöhte Sicherheit im Brandfall, lärmindernde Eigenschaften, hohe Griffigkeit und die insbesondere für den wirtschaftlichen Tunnelbetrieb (Beleuchtung) erforderliche Helligkeit. Für richtig bemessene und nach modernen Gesichtspunkten gebaute Betonstraßen sind Erneuerungsintervalle von 40 Jahren [4] durchaus realistisch, was auch die Erfahrungen der ASFINAG mit den Lebenszyklen von Betondecken in der Vergangenheit bestätigen.

Baugrundsätze

Entsprechend den österreichischen Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS 03.08.63, Oberbaubemessung [2]) haben Betonstraßen in der höchsten Lastklasse (Lastklasse S bei 18 bis 40 Millionen Bemessungsnormlastwechseln) folgenden Aufbau:

- 25 cm Betondecke (Oberbeton / Unterbeton)
- 5 cm Asphalttragschicht
- 20 cm Zementstabilisierung oder 45 cm ungebundene Tragschicht

Die Betondecke wird nicht bewehrt (vgl. Abb. 5), sie enthält jedoch stets Dübel in den Quertugen und Anker in den Längsfugen [3]. Für höhere Belastungen ist eine Dickenerhöhung auf 28 cm bzw. ab 80 Mio. BNLW eine gesonderte Bemessung notwendig.

Der Dickenbemessung der Decke und der Vermeidung von Minderdicken im Zuge der Herstellung, kommt eine große Bedeutung zur Sicherstellung der prognostizierten Lebensdauer zu (vgl. Abb. 6).

Die strukturelle Lebensdauer einer Betondecke hängt aber nicht nur von der Deckendicke allein, sondern auch von baulichen Randbedingungen, wie Fugenausbildung, Entwässerung, Erosionsbeständigkeit und Qualität der Unterlage etc. ab [4]. Neue Betondecken werden ausschließlich mit abgedichteten Fugen hergestellt. Zusätzlich wird die Entwässerung der Deckenunterlage an den Tiefpunkten durch Einlegen von flachen Drainageprofilen in die eingefräste Asphaltunterlage sichergestellt (vgl. Abb. 7).

Lärmindernde Oberflächenstruktur – Waschbeton

Die Betondecke wird in Österreich überwiegend mit einer lärmindernden Waschbetonoberfläche (vgl. Abb. 8) ausgeführt. Bereits 1990 wurde diese Waschbetonbauweise mit ihren guten lärmindernden Eigenschaften und hohem Griffniveaueingeführt.

Sie stellt heute die Standardbauweise in Österreich dar und hat sich auch im städtischen Bereich bewährt. Jüngste Untersuchungen (Forschungsauftrag des BMVIT) [1] bestätigen das gute Langzeitverhalten: die Waschbetonoberfläche mit Größtkorn 8 mm verliert auch nach weit über 10 Jahren unter Verkehr kaum von ihren lärmindernden Eigenschaften, in einzelnen Fällen [5] konnte sogar eine Abnahme der Lärmemissionen festgestellt werden.

Betondecke im Tunnel

Tunnel werden unter größtmöglichen Sicherheitsaspekten geplant und gebaut. Als Folge der schweren Brandereignisse in Tunnel in den vergangenen Jahren wurde in Österreich in der RVS 09.01.23 [6] festgelegt, dass ab einer Tunnellänge von 1.000 m eine Betonfahrbahndecke anzuordnen ist (vgl. Abb. 9).

Die Helligkeit trägt im Tunnel zur Verkehrssicherheit bei: So hat beispielsweise die Schweizer Beratungsstelle für Unfallverhütung verlangt, dass im Bereich von Straßentunnel besonders hohe Anforderungen an die lichttechnischen Eigenschaften von Fahrbahnbelägen zu stellen seien [7]. Helle Betonflächen können somit entscheidend zur Senkung des Unfallrisikos beitragen.

Beachtlich sind auch die Energieeinsparungen bei der Beleuchtung. Untersuchungen der Betriebskosten der beiden längsten Straßentunnels der Schweiz – Gotthardtunnel und Selisbergtunnel – zeigen die signifikanten Auswirkungen der hellen Betonfläche in Hinblick auf die Energieeinsparung (Licht) auf [8].

Nachhaltige Betonstraßen – Internationaler Trend

Mehr denn je müssen Überlegungen in punkto Nachhaltigkeit in den Entscheidungsfindungsprozess bei Infrastrukturbauten einfließen. Eine intensive und kritische Auseinandersetzung mit dem Thema Nachhaltigkeit im Bereich des Betonstraßenbaus hat in den letzten Jahren entscheidend dazu beigetragen, ein breiteres Verständnis von Nachhaltigkeit zu entwickeln.

Die zu Beginn der 1990er Jahre im Zuge der Generalerneuerung der über 40 Jahre alten und zirka 290 km langen A 1 West Autobahn entwickelten Verfahren zur vollständigen Wiederverwertung der alten Betondecke ohne Qualitätseinbußen [11], stellen aktuell den internationalen Stand der Technik dar (vgl. Abb. 10).

In der Vergangenheit wurde der Aufwand für die Sanierung schadhafter Oberflächen häufig als Nachteil von Betondecken angesehen. Mit der in den letzten Jahren mehrfach im ASFINAG-Netz angewendeten neuen österreichischen Betondeckeninstandsetzungsmethode NÖBI, konnten mangelhafte Oberflächen, durch Abfräsen der schadhaften Schicht und entsprechenden Vorbereitung der Verbundfläche, mittels eines neuen Oberbetons nachhaltig, substanzschonend und wirtschaftlich saniert werden (vgl. Abb. 11).

Durch Optimierung von Arbeitsabläufen und gutes Zusammenspiel zwischen Auftraggeber- und Auftragnehmerseite werden Instandsetzungen einzelner schadhafter Felder mittlerweile ohne nennenswerte Einschränkung hinsichtlich Verkehrsablauf und Streckenverfügbarkeit im Sinne der Kunden abgewickelt: Von der Fahrstreifensperre bis zu neuerlichen Verkehrsfreigabe vergehen weniger als 10 Stunden, wobei die eigentlichen Abbruch- und Betonierarbeiten in ca. 3 Stunden abgeschlossen werden.

In Österreich werden mit Unterstützung der ASFINAG, seit über 20 Jahren neue Technologien erdacht, vorangetrieben und praktisch umgesetzt (Recycling, zweischichtiger Einbau, lärmarme Oberflächen etc.). Diese wurden nicht nur in Europa, sondern auch weltweit in die Praxis übernommen. Darüber hinaus entwickeln sie sich immer stärker zu den wesentlichen Faktoren im Bereich nachhaltiger Bauweisen.

Zusammenfassung

Die Betonbauweise wird sich zu einer nachhaltigen Bauweise entwickeln: die geringeren Lebenszykluskosten für den Baulastträger, der Nutzen für die Umwelt aus Recyclingfähigkeit, Schadstoffreduktions-, Lärm- und Energiesparaspekte, der Nutzen für den Straßenbenutzer durch Verkehrssicherheit, Komfort und verringerte Fahrzeugkosten, sowie geringere Staukosten und eine hohe Netzverfügbarkeit infolge kürzerer Baustellenbehinderungen, machen die Betondecke zu einer betriebs- und volkswirtschaftlich attraktiven Bauweise.

Literaturverzeichnis

- [1] Haberl, J.; Litzka, J.: Bewertung der Nahfeld-Geräuschemission österreichischer Fahrbahndeckschichten, Reihe Straßenforschung des BMVIT, Heft 554, p.63, Wien, 2005.
- [2] RVS 03.08.63, Oberbaubemessung, FSV, 2008.
- [3] RVS 08.17.02: Betondecken, Deckenherstellung, FSV, 2007.
- [4] Litzka, J.: Dimensionierung von Betondecken – Bemessungssicherheit und Life-Cycle-Costs. Betonstraßen 2003, Vortragsveranstaltung 22. Mai 2003. Zement und Beton, Mai 2003.
- [5] Haider, M.: Lärmtechnisches Verhalten von Waschbetonoberflächen, BMVIT Straßenforschung, Heft 583, Wien, 2009.
- [6] RVS 09.01.23 (9.234), Ausgabe September 2001: Projektierungsrichtlinien für Tunnel, Bauliche Gestaltung – Innenausbau, Österr. Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV), Wien.
- [7] Tunnelbeleuchtung und Strassenbeläge, Bericht BfU vom 28. Oktober 1977 (CH)
- [8] Vergleichenden Untersuchungen der Betriebskosten für die Beleuchtung in den Strassentunnels St. Gotthard und Seelisberg, Bericht Nr. 52477B vom Oktober 1984 der Betonstrassen AG, Wildegg
- [9] Betonstrassen, Das Handbuch, Leitfaden für die Praxis, Wien, 2012
- [10] Das Autobahnnetz in Österreich – 30 Jahre ASFINAG, Wien, 2012
- [11] Sommer, H.: Wiederverwendung von Altbeton für neue Betonfahrbahndecken. Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Schriftenreihe Straßenforschung, Heft 403, Wien, 1992
- [12] Spalt, S.: Sanierung von Betondecken mittels der Neuen Österreichischen Betondeckeninstandsetzungsmethode (NÖBI), update 42

Abbildungen zum Text

Abbildung 1:

Betondecke, West Autobahn A1 1960 (Puckinger Berg, zwei Jahre nach Verkehrsfreigabe); kleines Foto: Gedenkfeier im Bereich St. Florian-Mönchgraben, Oktober 1957 (Fotos: ÖÖ Landespressediens)



Abbildung 2:

Struktur der ASFINAG und Zuständigkeit der Tochtergesellschaften



Abbildung 3:

Anteile Betondecken und Asphaltdecken im Netz der ASFINAG (Stand: Ende 2014)

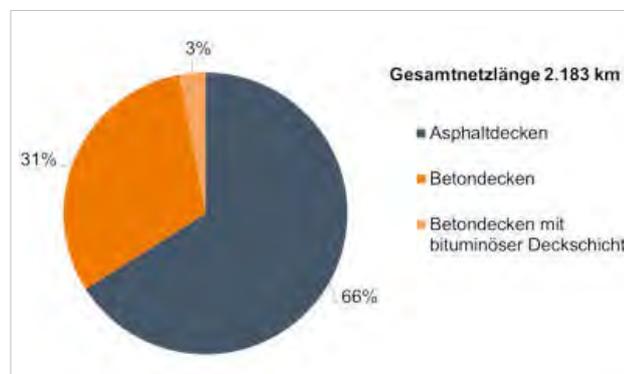


Abbildung 4:

Softwareunterstützte Entscheidungshilfe zur Wahl der Bauweise, Beispiel: Lebenszykluskosten über 35 Jahre

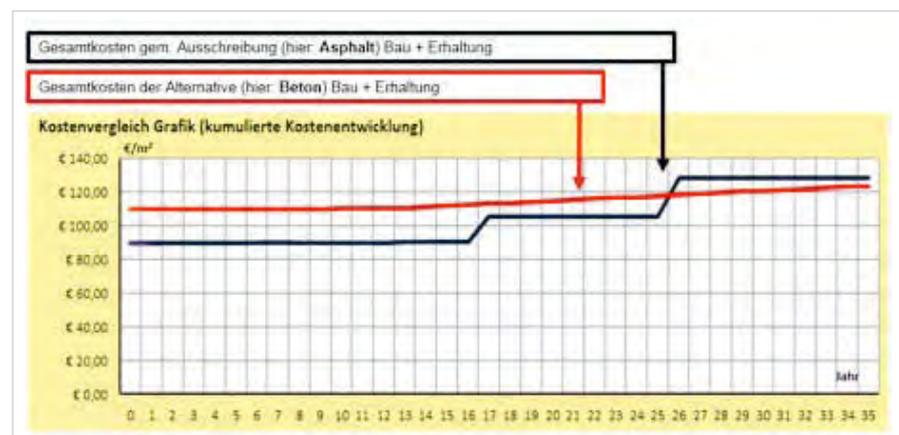


Abbildung 5:

Knoten Vösendorf – Süd Autobahn
A2, 2005 (Foto: VÖZ)



Abbildung 6:

Prinzipskizze Betondecke im
ASFINAG-Netz (Grafik: VÖZ)

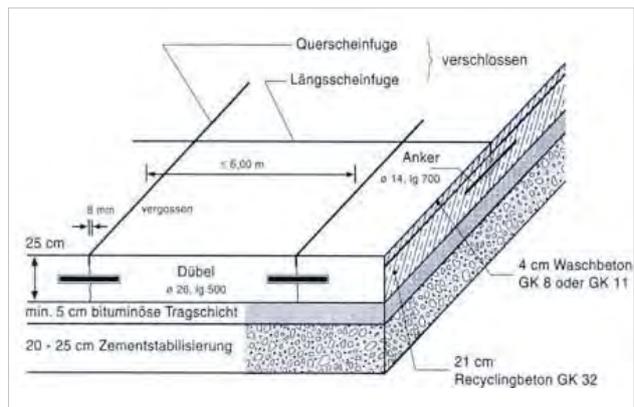


Abbildung 7:

Flachdrains zur Entwässerung der
Unterlage der Betondecke [9]



Abbildung 8:

Waschbetonoberfläche – Größtkorn
8 mm links / 11 mm rechts (Foto: VÖZ)

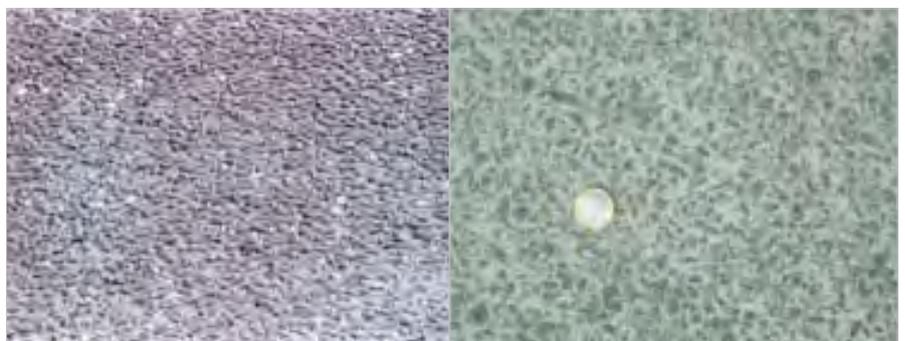


Abbildung 9:
 Betonfahrbahndecke im Tunnel
 (Foto: BREYER)



Abbildung 10:
 Querschnitt Generalerneuerung A1
 – Recycling [9]

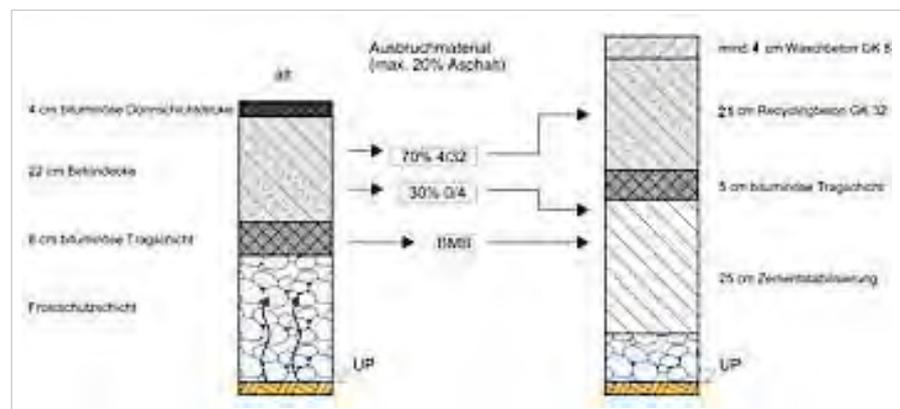
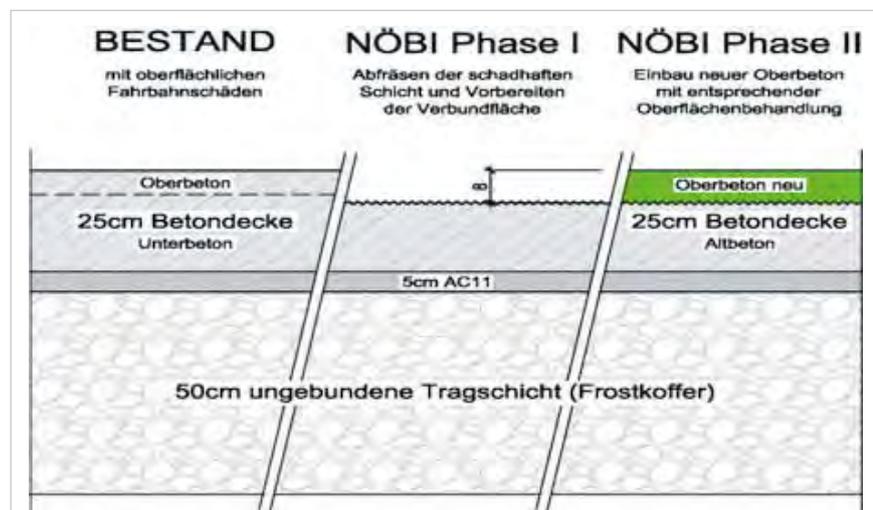
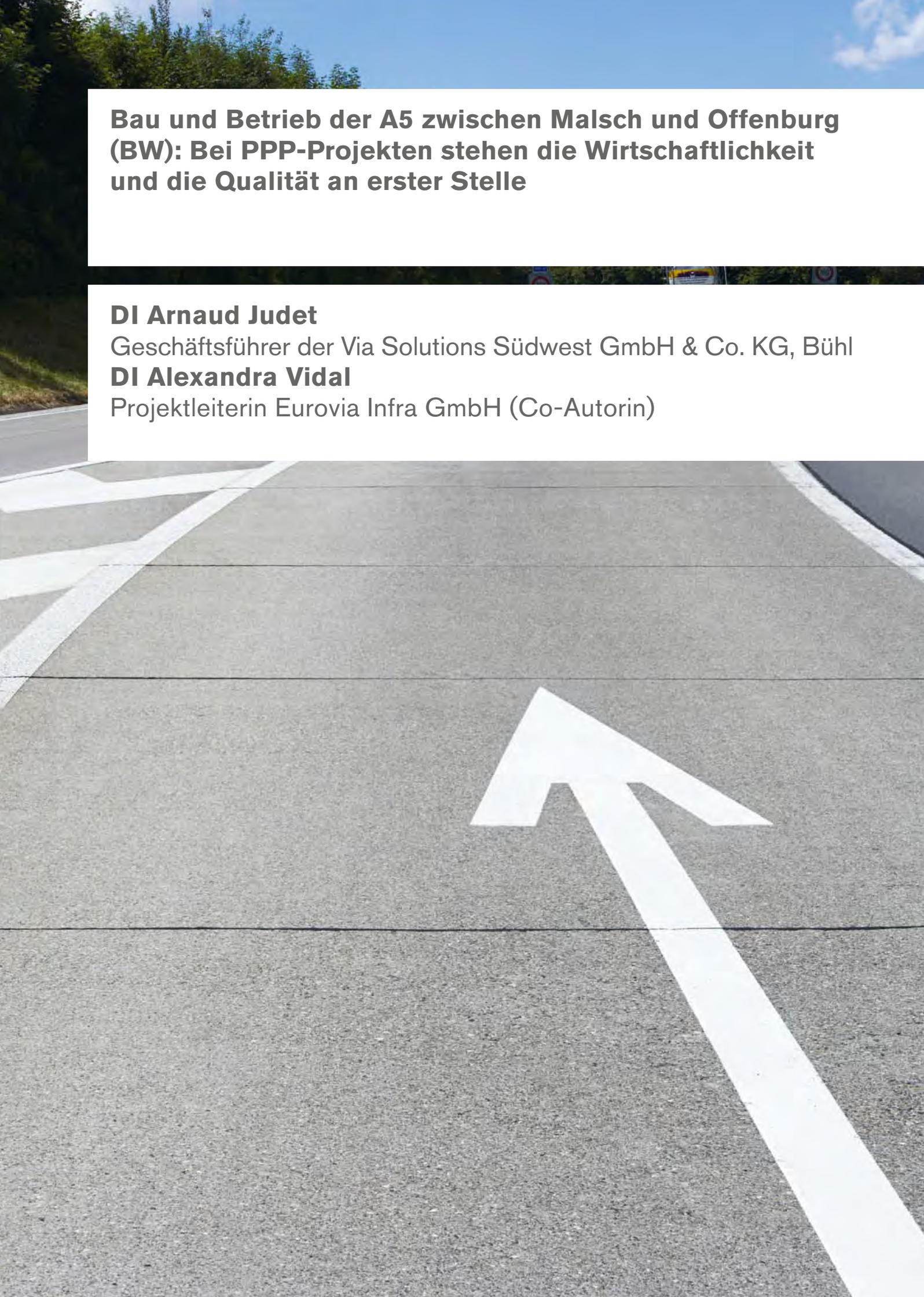


Abbildung 11:
 Ablaufschema der NÖBI [12]





Bau und Betrieb der A5 zwischen Malsch und Offenburg (BW): Bei PPP-Projekten stehen die Wirtschaftlichkeit und die Qualität an erster Stelle

DI Arnaud Judet

Geschäftsführer der Via Solutions Südwest GmbH & Co. KG, Bühl

DI Alexandra Vidal

Projektleiterin Eurovia Infra GmbH (Co-Autorin)

Lebenslauf

Arnaud Judet

Geschäftsführer von VINCI Concessions Deutschland

Arnaud Judet, US-Amerikaner und Franzose, geboren 1965, ist Absolvent des Agro-Paristech, der führenden Universität in Frankreich für Agrarwirtschaft. Er begann seine Laufbahn als Betriebswirtschaftsingenieur im Konzern Veolia, wo er unter anderem die Privatisierung der Berliner Wasserbetriebe begleitete. 2007 trat er in den VINCI-Konzern als Gründergeschäftsführer der Vinci Concessions Deutschland ein. Er war Geschäftsführer des Projekts A4 und A9. Er ist derzeit Geschäftsführer des Projekts A5 (Via Solutions Südwest). Seit 2008 ist Arnaud Judet Mitglied des Arbeitskreises ÖPP bei der Bauindustrie. Seit 1999 wohnt er mit seiner Familie in Deutschland.



Lebenslauf

Alexandra Vidal

Geschäftsführerin der EUROVIA Concrete Technologies GmbH

Nachdem sie ihr Studium in der Ingenieurhochschule «Ecole Nationale des Ponts et Chaussées» in Paris abgeschlossen hatte, begann Frau Vidal 1995 ihre berufliche Laufbahn beim Gleisbauunternehmen Spie Batignolles in Berlin. In den folgenden 10 Jahren übernahm sie unterschiedliche Funktionen vom Vertragsmanagement bis zur Projektleitung. Im Jahre 2005 wechselte sie zu dem Straßenbauunternehmen EUROVIA Infra GmbH. Sie beschäftigte sich mit dem Thema PPP, vor allem mit den Themen Erhaltung und Betrieb. Frau Vidal war in den Bereichen Erhaltung und Betrieb für alle A-Modell-Ausschreibungen zuständig. Seit 2010 ist sie Geschäftsführerin der Projektgesellschaft Via-Bau Südwestfalen GmbH, die für die Abwicklung des PPP-Projektes Südwestfalen in NRW zuständig ist. Seit 2011 ist sie Prokuristin und für die Abteilung PPP Projektentwicklung und Abwicklung zuständig. Seit 2015 ist sie Geschäftsführerin der EUROVIA Concrete Technologies GmbH und für die Auslandsaktivitäten der EUROVIA Beton Niederlassung Betonstraßenbau zuständig.



Bau von Betondecken in Betreibermodellen aus Sicht eines Konzessionärs

Arnaud Judet, Alexandra Vidal

Die Öffentlich Private Partnerschaft (ÖPP) ist eine Beschaffungsvariante der öffentlichen Hand, welche auf den Lebenszyklus des Projektes abstellt, unterschiedliche Elemente für den Bau, die Erhaltung und den Betrieb einer Infrastruktur beinhaltet und die Finanzierung außerhalb der öffentlichen Haushalte über einen bestimmten Zeitraum regelt. Die Vertragsinhalte sind die Planung, die Finanzierung, der Neubau und Ausbau sowie Betrieb und Erhaltung einer Infrastruktur. Die Vertragslaufzeit beträgt bis zu 30 Jahren. Die Vergütung erfolgt aus Mauteinnahmen über die gesamte Vertragslaufzeit.

Bei der Wahl der Oberbauvariante bei ÖPP-Projekten steht vor allem die normative Nutzungsdauer des Straßenbelages im Vordergrund. Gleichzeitig sind die Herstellkosten sowie der wirtschaftliche Aufwand über den Lebenszyklus von Bedeutung. Die Betonfahrbahn wird allen diesen Anforderungen gerecht. Zum einen besitzt sie ein exzellentes Gebrauchsverhalten, welches sich durch die sog. Gebrauchs- und Substanzvorteile ausdrückt, zum anderen hat sie eine hohe Wirtschaftlichkeit.

Im Rahmen des Beitrages wird der Einsatz von Betonfahrbahndecken in den Projektphasen Planung, Bau und Betrieb am Beispiel des A-Modells BAB A5 Malsch-Offenburg betrachtet.



Bau und Betrieb der A5 zwischen Malsch und Offenburg (BW)
Bei PPP-Projekten stehen die Wirtschaftlichkeit und die Qualität an erster Stelle

Arnaud Judet
Geschäftsführer Via Solutions Südwest GmbH und Co. KG
Alexandra Vidal
Geschäftsführerin EUROVIA Concrete Technologies GmbH

Via Solutions Südwest EUROVIA BETONSUISSE

Übersicht

1. ÖPP
2. Grundsatzüberlegungen
3. Angaben zum ÖPP-Projekt, A-Modell BAB A5 Malsch - Offenburg
4. Aufbau und Anforderungen
5. Bauphase
6. Betriebs- und Erhaltungsphase
7. Fotos
8. Technologie – weitere Produktanwendungen
9. Ergebnisse und Diskussion

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 2
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Via Solutions Südwest EUROVIA BETONSUISSE

ÖPP – Öffentlich Private Partnerschaft

- Betreibermodell, Partnerschaften zwischen Bund und Privaten im Bundesfernstrassenbau
- Betreibermodell, Betrachtungsweise des ganzen Lebenszyklus eines Projektes (Finanzierung, Planung, Neubau, Betrieb und Erhaltung)
- Haushaltmittelunabhängige Umsetzung von Infrastrukturprojekten
- Effizienzgewinne
- Umsetzung von Neuerungen im Verkehrswegebau
- Betreibermodelle:
 - A-Modell, mehrspuriger Ausbau von Bundesautobahnen
 - F-Modell, Bau von Brücken, Tunneln, Bergpässen, mehrspurigen Bundesstrassen
 - Verfügbarkeitsmodelle

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 3
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015



Via Solutions Südwest

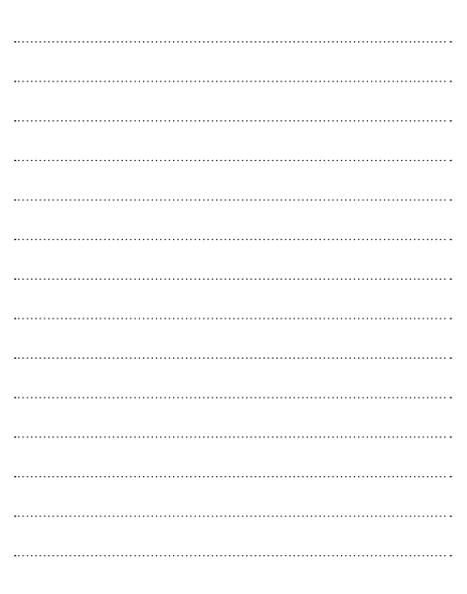
EUROVIA

BETONSUISSE

1. ÖPP – Öffentlich Private Partnerschaft

- A-Modell, privates Konsortium (Konzessionsnehmer), erhält Konzession mit der Aufgabe an einer bestehenden Bundesautobahn Fahrspuren auf eigene Kosten anzubauen (Konzessionsstrecke)
- Konzessionslaufzeit (i.d.R. 30 Jahre), Betrieb und Erhaltung der Konzessionsstrecke durch Konzessionsnehmer
- Ende Konzessionsvertrag, Rückgabe Konzessionsstrecke in vertraglich festgelegten Zustand
- Refinanzierung Investitionen, Partizipation an LKW-Maut und eventuell Anschubfinanzierung am Projektstart. Das Verkehrsmengenrisiko wird durch den KN getragen
- Optimierung Bauzeit, Reduktion von Staus, Unfällen und bauzeitlichem Mautausfall, Vorteil für Bund, Autofahrer und Betreiber

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 4
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015



Via Solutions Südwest

EUROVIA

BETONSUISSE

2. Grundsatzüberlegungen

Lebensdauer einer Betonstraße

Quelle: E. Villaret

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 5
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015



Via Solutions Südwest

EUROVIA

BETONSUISSE

2. Grundsatzüberlegungen

Auf Nutzungsdauer von 30 Jahren ausgelegt

Voraussetzung:
Fachgerechte Planung und sachgerechte Herstellung

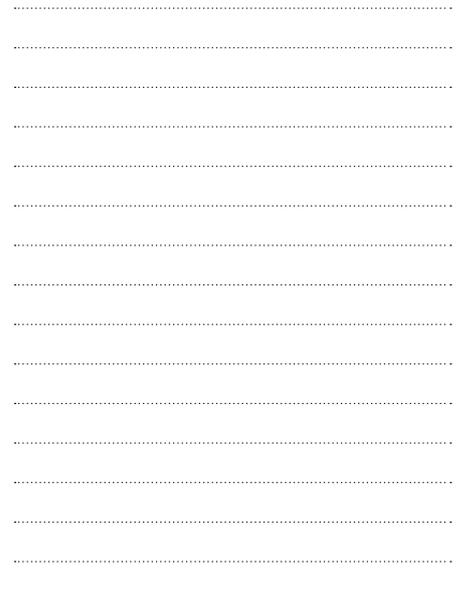
Herstellkosten:
Vergleichbare Herstellkosten bei Beton-/Asphaltbauweisen

Betrachtung der Life-Cycle-Kosten:

- Maßgebend sind die Kosten der Erhaltung
- Betonbauweise: Erhaltungskonzept Fugenpflege u. ggfls. Plattenersatz
- Asphaltbauweisen: Erhaltungskonzept Deck- und Binderschicht
- Unbestimmte Preisentwicklung bei Bitumen (im Preisindex nicht abgebildet)

ÖPP-Modelle:
Vorzug für Betonbauweise aus wirtschaftlichen Gründen

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 6
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015



Via Solutions Südwest | EUROVIA | BETONSUISSE

2. Grundsatzüberlegungen

Vorteile des Fahrbahndeckenbetons

Gebrauchsvorteile

- Helligkeit, Nachtsicht
- Lärminderung
- Griffbarkeit
- Verformungswiderstand; keine Spurrinnen
- lange Instandhaltungsintervalle
- geringe Sperrzeiten bei Instandhaltungsarbeiten
- geringe Verkehrsbeeinträchtigung

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 7
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Via Solutions Südwest | EUROVIA | BETONSUISSE

2. Grundsatzüberlegungen

Vorteile des Fahrbahndeckenbetons

Substanzvorteile

- Festigkeit (Druckfestigkeit, RDO/Spaltzugfestigkeit)
- Dauerhaftigkeit
- gleichmäßige Lastverteilung auf die Unterlage
- Verschleißwiderstand
- Wiederverwendbarkeit
- Wirtschaftlichkeit (Instandhaltungsarmut)
- Treib- und Schmierstoffresistenz
- Nacherhärtung
- keine Alterung, keine Versprödung des Bindemittels

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 8
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Via Solutions Südwest | EUROVIA | BETONSUISSE

2. Grundsatzüberlegungen

Einfluss- und Steuerungsgrößen

Abhängigkeit und Steuerung

Planung & Dimensionierung

Baustoffe & Bauausführung

Betrieb & Erhaltung

Entscheidend ist die Qualität in allen Bereichen

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 9
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Series of horizontal dotted lines for handwritten notes.

Via Solutions Südwest | EUROVIA | BETONSUISSE

3. Angaben zum Projekt

Konzessionsnehmer: Via Solutions Südwest GmbH & Co. KG
 Konzessionsbereich: km 641+200 bis km 700+910 (59,71 km)
 Ausbaubereich: km 660.010 bis km 701.500 (41,49 km)

Konzessionsstrecke A-Mödel A5
 6 - streifiger Ausbau

Offenburg, Achem, Baden-Baden, Rastatt, Karlsruhe

Naturpark Schwarzwald Mitte - Nord

Regierungsbezirk Freiburg, Regierungsbezirk Karlsruhe

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 10
 Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Via Solutions Südwest | EUROVIA | BETONSUISSE

3. Angaben zum Projekt

Leistungsumfang Fahrbahndeckenbeton BAB A5

- 1,17 Mio. m² Betondecke (2 Schichtbeton mit einem Waschbeton als Oberbeton)
- 242 km Querscheinfugen
- 248 km Längsscheinfugen
- 1,24 Mio.m² Verfestigung (d=20 cm)
- 80 km Betonschutzwand im Mittelstreifen

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 11
 Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Via Solutions Südwest | EUROVIA | BETONSUISSE

4. Aufbau und Anforderungen

Oberbau

- Durchgehende Strecke und LKW-Stellflächen in Betonbauweise
- Standspur, B+V-Spuren Belastungskategorie 100 mit besonderer Beanspruchung
- Brückenvorfelder, B+V-Spuren, Anschlussstellen und PWC-Anlagen in Asphaltbauweise
- Zweischichtige Gleitschalungsbauweise
- Betondecke nach RDO (Oberbeton 0/8, Unterbeton 0/22)
- Waschbetonoberfläche, lärmindernder Belag, Korrekturwert DStrO = -2 db (A) gem. RLS 90
- Betonendfelder als doppelte Platte

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 12
 Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Via Solutions Südwest | EUROVIA | BETONSUISSE

5. Bauphase

Sollkriterien gemäss Dimensionierung

	SOLL: 2010	IST: 2010	SOLL: NEU	IST: 13
Charakt. SPZ (5%-Quantil OB X) in N/mm ²	3,7	4,3	3,9	4,0
Charakt. SPZ (5%-Quantil UB XII) in N/mm ²	3,7	4,7	3,9	4,4
Charakt. Deckendicke (10%-Quantil) in cm	26	27,3	25	25,5

Nr.	Datum			Schicht	ABE	ABPI	Lage			EP		f _c (N/mm ²)		f _{ct} (N/mm ²)		Rohdichte (kg/dm ³)		Betondicke		
	Produktion	Ertüchtung	Prüfung				Station	Probe	FB	OB	UB	OB	UB	OB	UB	OB	UB	OB	Gesamt	(cm)
501	25.05.12	15.06.12	24.07.12		x		839+740	83040	2	x	200	5,0	6,2	68,0	2,21	2,30	6,9	27,1		
502	25.05.12	15.06.12	24.07.12		x		839+845	83023	1	x	200	5,1	6,9	68,0	2,33	2,38	7,5	27,7		
503	25.05.12	15.06.12	24.07.12	AS		x	839+910	83046	55	x	200	4,4	6,3	62,2	2,18	2,37	5,5	27,8		
504	25.05.12	15.06.12	24.07.12		x		839+975	83074	1	x	200	4,5	5,1	67,5	2,15	2,35	7,5	27,2		
Mittelwert Gesamt:												5,9	5,6	62,7	2,29	2,35	6,4	26,4		
Mittelwert ABE:												4,93	5,52				26,4			
Mittelwert ABPI:												5,08	5,77				26,5			
Anzahl Gesamt:												134	134				135			
Standardabweichung Gesamt:												0,5	0,4				0,8			
Variationskoeffizient Gesamt:												9,4	9,9				3,2			
Charakteristische Spaltzugfestigkeitsdicke Gesamt:												4,1	4,6				16,2			

Tabelle: Auszug aus der Ergebniszusammenstellung der RIFA Basel 2012 OB X (IST: 2012)

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 16
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Via Solutions Südwest | EUROVIA | BETONSUISSE

6. Betriebs- und Erhaltungsphase

Gewählte Oberbauvariante

- Erfordert keine griffigkeitsverbessernden Maßnahmen (Griffigkeitsreserve Waschbetonoberfläche)
- Erfordert keine Maßnahmen zur Einhaltung der Anforderung bzgl. Querebenheit sowie der lärmindernden Wirkung -2dB(A)
- Erhaltungskonzept
 - Plattenausfall bzw. Ersatz in Relation zur rechnerischen Dimensionierung
 - Austausch Fugenverschluss und gleichzeitig Kantensanierung
- Bis 2011 wurden Gummiprofile in der Quer- und bituminöser Verguss in den Langsscheinfugen eingesetzt. Ab 2012 wurden in den Quer- und Langsscheinfugen Fugenprofil eingesetzt. Bereits heute ist erkennbar, dass die Fugenprofile ein besseres Funktionsverhalten sowie eine längere Lebensdauer als der bituminöse Verguss hat.
- Die erste Funktionsinspektion des KN, nach der ZTV Funktion -Stb / ZEB-Messung wurde im Dezember 2014 durchgeführt. Die Messungen sind derzeit in der Auswertung und werden Mitte Mai übergeben.

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 17
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Via Solutions Südwest | EUROVIA | BETONSUISSE

7. Fotos – Verkehrsaufkommen (am Tage)

Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 18
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Umschlagbahnhof DB PUSP **BETONSUISSE**

8. Technologie – weitere Produkteanwendungen

Hafenanlagen – Bsp. Containerterminal



Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 34
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Via Solutions Südwest **EUROVIA** **BETONSUISSE**

8. Technologie – weitere Produkteanwendungen

Industrieflächen



Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 35
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Via Solutions Südwest **EUROVIA** **BETONSUISSE**

Ergebnisse und Diskussion

- Ermittlung der SPZ-Festigkeiten geben mehr Sicherheit
- Qualitativ sehr hoher Anspruch von „A wie Arbeitsvorbereitung“ bis „Z wie Zustandsnote“
- Event. höhere Kosten in Ausführungsphase werden bei Erreichen der geforderten Parameter über den Zeitraum der Konzession wieder ausgeglichen.



Arnaud Judet & Alexandra Vidal | Seite 36
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Series of horizontal dotted lines for notes.

Bau von Betondecken in Betreibermodellen aus Sicht eines Konzessionärs

Arnaud Judet, Alexandra Vidal

1 Öffentlich Private Partnerschaft – ÖPP

Das BMVBS geht im Bundesfernstraßenbau mit sog. Betreibermodellen Partnerschaften zwischen Bund und Privaten ein. Die Betrachtungsweise bei Betreibermodellen umfasst den ganzen Lebenszyklus eines Projektes. Dies beinhaltet die Finanzierung, die Planung und den Neubau sowie den Betrieb und die Erhaltung des Projektes. Durch die Partnerschaft werden eine haushaltsmittelunabhängige Umsetzung von Infrastrukturprojekten, Effizienzgewinne und Neuerungen im Verkehrswegebau ermöglicht. Derzeit werden zwei Betreibermodelle angewendet. Zum einen das A-Modell, zum mehrspurigen Ausbau von Bundesautobahnen, zum anderen das F-Modell, für den Bau von Brücken, Tunneln, Bergpässen und mehrspurigen Bundesstraßen. Bei den A-Modellen erfolgt die Vergütung indirekt, aus der LKW Maut. Bei den F-Modellen erfolgt die Vergütung direkt, aus einer eigens erhobener Maut.

Im Rahmen eines A-Modells erhält ein privates Konsortium, in Form einer Projektgesellschaft (Konzessionsnehmer), eine Konzession mit der Aufgabe, an einer bestehenden Bundesautobahn Fahrspuren auf eigene Kosten anzubauen (Konzessionsstrecke). Während der Konzessionslaufzeit (i.d.R. 30 Jahre) muss der Konzessionsnehmer die Konzessionsstrecke betreiben und erhalten. Am Ende des Konzessionsvertrages wird die Konzessionsstrecke, in einem vertraglich festgelegten Zustand, an den Konzessionsgeber (Bund) zurückgegeben.

Somit beträgt die «Gewährleistung» bei ÖPP-Projekten 30 Jahre, im Vergleich zu 5 Jahren bei konventionellen Bauverträgen. Bei ÖPP-Projekten kommt sozusagen alles aus einer Hand. Durch die Steuerung von Planung und Ausführung durch den Konzessionsnehmer während der Ausbauphase, kann die Bauzeit optimiert und dadurch verkürzt werden. Dies stellt einen Zugewinn für den Bund, den Autobahnnutzer und den Konzessionsnehmer dar. Die baustellenbedingten Verkehrsbeeinträchtigungen und die dadurch bedingten Staubildungen werden reduziert. Gleichzeitig kann der bauzeitliche Mautausfall optimiert werden. Beides zum volkswirtschaftlichen Vorteil. Beim A-Modell BAB A5 Malsch-Offenburg, wird die vertragliche Bauzeit um bis zu einem Jahr unterschritten.

2 Grundsatzüberlegungen

Bevor ein Großprojekt in Angriff genommen wird, müs-

sen einige grundsätzliche Überlegungen angestellt werden. Die Abb. 1* verdeutlicht die Vorgehensweise bei der technische Lösung der Aufgabe.

Der vertraglich vereinbarte Nutzungszeitraum entspricht in den meisten Fällen der normativen Nutzungsdauer und somit dem angestrebten Zeitraum der Nutzung, welcher einer rechnerischen Dimensionierung zugrunde gelegt wird. Belastung aus Witterung und Verkehr müssen prognostiziert werden. Die Ausfallrate der Betonfahrbahnplatten ist rechnerisch prozentual abzuschätzen, was nur mit einer rechnerischen Dimensionierung unter Beachtung der statistischen Verteilung ermöglicht wird. Der rechnerisch erreichte Zustand am Ende der normativen Nutzungsdauer wird daher als Grenzzustand bezeichnet.

Diesen Grenzzustand vorab zu bestimmen, ist eine Aufgabe der Planungs- und Dimensionierungsphase. Um diesen Wert in der Praxis zu erreichen, ja sogar noch zu unterbieten, ist einerseits die strikte Durchsetzung des Qualitätsmanagementsystems und andererseits ein engagiertes Management für den Betrieb und die Erhaltung notwendig. Der Grenzzustand entspricht den Anforderungen nach Konzessionsvertrag.

2.1 Auslegung auf die Nutzungsdauer

Voraussetzung für eine Lebensdauer von 30 Jahren ist generell die fachgerechte Planung und die sachgerechte Ausführung. Bei Betrachtung der Herstellkosten, kann die Vergleichbarkeit zwischen Beton und Asphalt festgestellt werden. Die Lebenszykluskosten werden maßgeblich durch den Aufwand der Erhaltung bestimmt. Beim Betonoberbau ist hier die Fugенpflege und gegebenenfalls der Plattenersatz im Erhaltungskonzept zu berücksichtigen. Für die Asphaltbauweise ist das Erhaltungskonzept, an der Deck- und Binderschicht zu orientieren. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass Bitumen nicht im Preisindex dargestellt wird, was eine entsprechende Kostenprognose erschwert. Infolge der vorgenannten Parameter, wird bei ÖPP-Projekten die Betonbauweise aus wirtschaftlichen Gründen bevorzugt.

2.2 Lebensdauer einer Straße

In Abb. 2 sind die drei Stufen der Steuerungs- bzw. Einflussgrößen auf die Lebensdauer einer Straße zusammengefasst. Für den Erfolg ist die Qualitätssicherung in allen Projektphasen entscheidend. Diese kann jedoch

*Hinweis: Abbildungen zum Referat ab Seite 73.

nachhaltig gesichert werden, wenn die betreffenden Leistungen «aus einer Hand» erbracht werden. Dies trifft bei ÖPP-Projekten zu. Nicht beeinflussbar sind die äußeren Einwirkungen aus Verkehr und Witterung.

2.3 Vorteile des Fahrbahndeckenbetons

Die Vorteile des Betonoberbaus sind nachfolgend dargestellt.

2.3.1 Gebrauchsvorteile

- Helligkeit und dadurch eine gute Nachtsicht
- Lärminderung durch die Herstellung einer Waschbetonoberfläche
- Griffigkeit, als dauerhafte Eigenschaft durch die Waschbetonoberfläche
- keine Spurrinnen durch den hohen Verformungswiderstand
- lange Instandhaltungsintervalle
- geringe Sperrzeiten bei Instandhaltungsarbeiten
- geringe Verkehrsbeeinträchtigung

Die Betonfahrbahn hat insgesamt ein exzellentes Gebrauchsverhalten.

2.3.2 Substanzvorteile

- Festigkeit, wird verifiziert durch die Prüfung der Druckfestigkeit und zusätzlich bei Anwendung der RDO, ergänzt durch die Spaltzugfestigkeit
- große Dauerhaftigkeit
- gleichmäßige Lasteinleitung in die Tragschichten und somit in den Unterbau
- hoher Verschleißwiderstand
- Wiederverwendbarkeit, im Sinne des Materialkreislaufes
- Wirtschaftlichkeit durch die Instandhaltungsarmut, ermöglicht sicher kalkulierbare Kosten über 30 Jahre
- Treib- und Schmierstoffresistenz
- Nacherhärtung
- kaum Alterung und keine Versprödung des Bindemittels

3 Angaben zum Projekt

Die Via Solutions Südwest GmbH & Co. KG ist die Konzessionsnehmerin für das ÖPP-Projekt, A-Modell BAB A5 Malsch-Offenburg. In Abb. 3 ist die Konzessionsstrecke dargestellt. Der Konzessionsbereich befindet sich südlich von Karlsruhe und erstreckt sich von km 641+200 bis km 700+910. Die Länge beträgt 59,71 km. Im nördlichen Teilstück befindet sich eine 6-spurige Bestandsstrecke von ca. 19 km. Daran schließt sich südlich die Ausbaustrecke an. Hier wird zwischen Baden-Baden und Offenburg der 6-streifige Neubau über 41,5 km realisiert. Für die Planung und Ausführung des Ausbaus wurde die ARGE VCS A5, bestehend

aus den Firmen EUROVIA, F. Kirchhoff und Reif, beauftragt.

Für die Betonfahrbahndecke werden durch eine Unter-ARGE, 1,17 Mio. m² Betondecke in Waschbetonbauweise, 242 km Querscheinfugen, 248 km Längsscheinfugen, 1,24 Mio. m² hydraulisch verfestigte Tragschicht und 80 km Betonschutzwand im Mittelstreifen hergestellt.

4 Aufbau und Anforderungen Fahrbahn

4.1 Oberbau

Die durchgehende Strecke sowie die LKW-Stellflächen auf den PWC-Anlagen werden in Betonbauweise ausgeführt. Die Betondecke wird rechnerisch dimensioniert, nach RDO Beton 09. Die Herstellung der Betonfahrbahn erfolgt in zweischichtiger Gleitschalungsbauweise, mit einer Lage Unterbeton (0/22) und einer Lage Oberbeton (0/8). Die Oberfläche wird als Waschbetonoberfläche ausgeführt und entspricht somit einem lärmindernden Belag, mit einem Korrekturwert nach DStrO = -2 db (A) gem. RLS 90. Die Betonendfelder werden als doppelte Platte gebaut.

Brückenvorfelder, B+V-Spuren, Anschlussstellen und PWC-Anlagen werden in Asphaltbauweise hergestellt. Die Standspur und die B+V-Spuren werden nach der Bauklasse SV mit besonderer Beanspruchung nach RStO 01 dimensioniert.

4.2 Schichtenaufbau und Belastung

In Abb. 4 ist die gewählte Schichtenfolge dargestellt. Dies entspricht der RDO Beton 09. Maßgebend für eine rechnerische Dimensionierung ist die Plattengeometrie im Hauptfahrstreifen. Diese wurde mit 4,00 m Breite und 5,00 m Länge festgelegt. Die Platten sind in den Querscheinfugen verdübelt und in den Längsfugen verankert. Es kommt keine Sparverdübelung zum Einsatz. Für die rechnerische Dimensionierung wird ein Nutzungszeitraum von 30 Jahren angesetzt. Dies entspricht den sich ändernden Konstruktions- und Materialparametern wie Betonzugfestigkeit, Auflagerbedingungen und Bedingungen der Querkraftübertragung. Der rechnerischen Dimensionierung liegt eine charakteristische Deckendicke von 25 cm beim 10% Quantilwert und eine charakteristische Spaltzugfestigkeit von 3,9 N/mm² beim 5% Quantilwert zu Grunde.

4.3 Qualitätskriterien

Zur Sicherstellung der Qualitätskriterien wurden in den maßgeblichen Herstellungsphasen QM-Prozesse und Prüfpläne aufgestellt sowie Versuche durchgeführt. Im Rahmen der Arbeitsvorbereitung wurden die Baustoffe ausgewählt. Unter Einsatz verschiedener Rezepturen und Gesteinskörnungen, unter Berücksichtigung der regionalen Gesteinsvorkommen, wurden die Erstprüfungen zur Ermittlung der dimensionierungsrelevanten

Spaltzugfestigkeit durchgeführt. Nach Abschluss des Performance-Tests wurden die endgültigen Rezepturen für den Baustelleneinsatz gewählt. Zur Qualitätssicherung wurde vor dem Betonierbeginn ein Probe-feld hergestellt, unter Einsatz verschiedener Oberbeton- und Unterbetonrezepturen. An den hier gewonnen Bohrkernen wurde ein sogenannter Ringversuch mit allen Baustoffprüflaboren der ARGE VCS A5 und des Konzessionsnehmers durchgeführt. Dieser gewährleistet die Übereinstimmung der Prüfprozedur für die Ermittlung der Spaltzugfestigkeit.

Während des Betoneinbaus werden die Eigenüberwachungsprüfungen durch den Auftragnehmer nach eigenen Prüfplänen und der ZTV Beton Stb 09 durchgeführt. Seitens des Auftraggebers erfolgen die Kontrollprüfungen auf Grundlage der ZTV Beton Stb 09 in Kombination mit den Übereinstimmungsprüfungen nach der AL Sp Beton 06. Für die fertiggestellte Leistung wurde ein sogenanntes Konzept zum Schutz der Betondecke erstellt, in dem unter anderem der Zeitpunkt der Befahrbarkeit, Reinigungsmaßnahmen und ähnliches für den Schutz der Flächen, Fugen und Kanten geregelt ist.

Zur Standardisierung der Reparatur von herstellungsbedingten Imperfektionen wurde ein Imperfektionskatalog vereinbart, wie in Abb. 5 dargestellt. Vor der Abnahme werden gemeinsame Vorbegehungen durchgeführt, mit dem Ziel der Identifikation und Beseitigung von Mängeln bis zur Abnahme. Die Abnahme erfolgt nach den vertraglich vereinbarten Regelwerken.

5 Bauphase SOLL-IST-Vergleich Dimensionierung

Nach der ersten Dimensionierung, vor Beginn der Bauausführung, waren die charakteristischen SOLL-Werte für Spaltzug mit $3,7 \text{ N/mm}^2$ und für die Deckendicke mit 26 cm festgelegt. Die Ergebnisse aus der ersten Bauphase 2010, haben gezeigt, dass die charakteristischen IST-Werte, die SOLL-Vorgaben für Spaltzug und Deckendicke sehr deutlich übertroffen haben. Dies ist durch die gleichmäßige Herstellungsqualität und die geringen Abweichungen begründet. Durch diese Qualitätssteigerung konnte die Betondecke für die folgenden Bauphasen optimiert werden. Für die Bauphase 2011 und folgende wurde die Betondecke neu dimensioniert, mit dem charakteristischen SOLL-Wert von $3,9 \text{ N/mm}^2$ für die Spaltzugfestigkeit. Hieraus ergab sich eine charakteristische Deckendicke von 25 cm als SOLL-Wert.

In Abb. 6 sehen wir eine Auswahl von Ergebnissen aus der Bauphase 2012 bzw. 2013. Die charakteristische Deckendicke in situ ist mit 25,5 cm eingehalten, die charakteristische Spaltzugfestigkeit des Oberbetons liegt bei $4,0 \text{ N/mm}^2$, die des Unterbetons bei $4,4 \text{ N/mm}^2$.

6 Betriebs- und Erhaltungsphase

Die gewählte Oberbauvariante erfordert über die Ver-

tragslaufzeit keine griffigkeitsverbessernden Maßnahmen, da durch die Herstellung der Waschbetonoberfläche eine Griffigkeitsreserve vorliegt. Durch die Entscheidung für die Betonbauweise werden keine Maßnahmen zur Einhaltung der Anforderungen bzgl. Querebenheit sowie der lärmindernden Wirkung -2dB(A) erforderlich.

Das Erhaltungskonzept basiert auf einem Plattenausfall bzw. Plattenersatz in Relation zur rechnerischen Dimensionierung. Des Weiteren sieht die Erhaltungsplanung einen regelmäßigen Austausch des Fugenverschlusses bei gleichzeitiger Kantensanierung vor. Neben der Tatsache, dass die Fugenpflege die wichtigste Maßnahme zur Funktionserhaltung einer Betonfahrbahn darstellt, ist diese auch proaktiv zu betreiben, zur Vermeidung von gravierenden Verkehrsbeeinträchtigungen infolge umfangreicher Reparaturarbeiten. Bedingt dadurch, dass die Fertigstellung und Inbetriebnahme der gesamten Betonfahrbahn erst Ende 2013 erfolgt, liegen derzeit (Herbst 2013) noch keine Erfahrungswerte vor. Über diesen kann in drei bis vier Jahren im Rahmen einer Folgeveranstaltung berichtet werden.

7 Ergebnisse und Diskussion

Die infolge der rechnerischen Dimensionierung erforderliche Ermittlung der Spaltzugfestigkeit gibt mehr Sicherheit zur Abschätzung des Langzeitverhaltens der Betonfahrbahn. Der hohe Labor- und Prüfaufwand sowie die Durchsetzung einer gleichbleibenden, hohen Ausführungsqualität wirken sich positiv auf das Endprodukt «Betonfahrbahndecke» aus. Eventuell höhere Kosten in der Bauphase werden durch das Erreichen der geforderten Parameter über die Laufzeit der Konzession wieder ausgeglichen.

Die erforderlichen Deckendicken sowie Festigkeiten wurden in allen Baulosen erreicht bzw. übertroffen. Die zusätzlichen Tragreserven infolge der Nacherhärtung des Festbetons sind dabei noch nicht berücksichtigt. Bedingt dadurch, dass die Fertigstellung und Inbetriebnahme der gesamten Betonfahrbahn erst Ende 2013 erfolgt, liegen derzeit (Herbst 2013) noch keine Erfahrungswerte vor. Über diese kann in drei bis vier Jahren im Rahmen einer Folgeveranstaltung berichtet werden. ÖPP Modelle haben durch die Vereinigung von Planung, Bau, Betrieb und Erhaltung einen automatischen Qualitätssicherungsmechanismus.

Literaturverzeichnis

- Krause, J (2013): Betondeckenbau bei Betreibermodellen, Vortrag VSVI Niedersachsen, Seminar Betondeckenbau 2013
 Villaret, S., Krause, J. (2012): Dauerhafte Betondecken für hohe Verkehrsbelastungen, Vortrag zum Deutschen Straßen- und Verkehrskongress 2012

Abbildungen zum Text

Abbildung 1

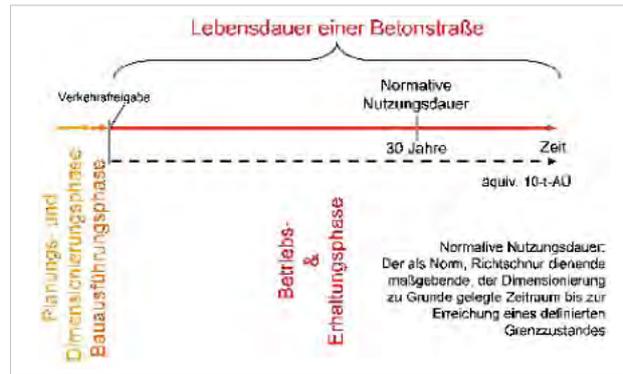


Abbildung 2



Abbildung 3



Abbildung 4

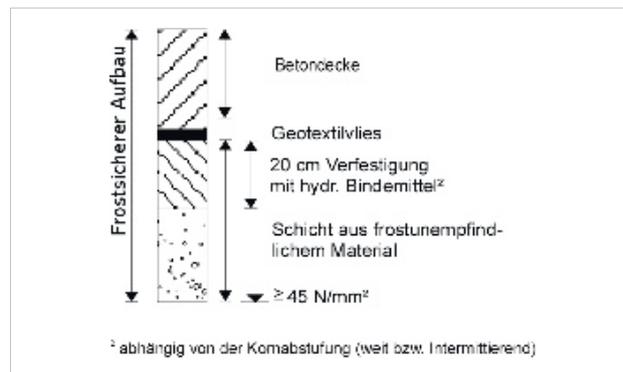


Abbildung 5


 ARBEITSGEMEINSCHAFT
 Betondecke A5 Malsch - Offenburg | F. KIRCHHOFF

Nummer	Bezeichnung
1	a Kartenschaden im Fugenbereich der Fahrbahnenklein - kein Sanierungstil
	b Kartenschaden im Fugenbereich der Fahrbahnenklein - kein Sanierungstil
2	a Kartenschaden im Innerebereich des Band - Fahrerwara groß
	b Kartenschaden im Innerebereich des Band - Fahrerwara klein - kein Sanierungstil
	c Kartenschaden im Anlaufbereich von Bsp - Spure groß
	d Kartenschaden im Anlaufbereich von Bsp - Spure klein - kein Sanierungstil
3	a Kartenschaden im Bankbereich groß
	b Kartenschaden im Bankbereich klein - kein Sanierungstil
	c Kartenausschabung im Bankbereich nicht tragelagig - kein Sanierungstil
4	a Fugenwischen klein
	b Fugenwischen groß
	c Fugenwischen überroll
5	a Tiefe und breite Fehlstellen großflächig
	b Tiefe und breite Fehlstellen kleinflächig
	c Flache Fehlstellen geringflächig (Tiefenlimit) - kein Sanierungstil
6	a Unzureichende Tasterhöhe - Gültigkeit nicht einleitet
	b Unzureichende Tasterhöhe - Gültigkeit einleitet - kein Sanierungstil
7	a Unoberflächen der rechnerischen 4 m Lane groß
	b Unoberflächen der rechnerischen 4 m Lane klein - kein Sanierungstil
	c Unoberflächen der rechnerischen 4 m Lane Harthanbau UKG - kein Sanierungstil
	d Unoberflächen der rechnerischen 4 m Lane Übergang Beton/Asphalt - kein Sanierungstil
8	- Fahrbahnpflichtschichten oder 1/3/7/1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13/14/15/16/17/18/19/20/21/22/23/24/25/26/27/28/29/30/31/32/33/34/35/36/37/38/39/40/41/42/43/44/45/46/47/48/49/50/51/52/53/54/55/56/57/58/59/60/61/62/63/64/65/66/67/68/69/70/71/72/73/74/75/76/77/78/79/80/81/82/83/84/85/86/87/88/89/90/91/92/93/94/95/96/97/98/99/100/101/102/103/104/105/106/107/108/109/110/111/112/113/114/115/116/117/118/119/120/121/122/123/124/125/126/127/128/129/130/131/132/133/134/135/136/137/138/139/140/141/142/143/144/145/146/147/148/149/150/151/152/153/154/155/156/157/158/159/160/161/162/163/164/165/166/167/168/169/170/171/172/173/174/175/176/177/178/179/180/181/182/183/184/185/186/187/188/189/190/191/192/193/194/195/196/197/198/199/200/201/202/203/204/205/206/207/208/209/210/211/212/213/214/215/216/217/218/219/220/221/222/223/224/225/226/227/228/229/230/231/232/233/234/235/236/237/238/239/240/241/242/243/244/245/246/247/248/249/250/251/252/253/254/255/256/257/258/259/260/261/262/263/264/265/266/267/268/269/270/271/272/273/274/275/276/277/278/279/280/281/282/283/284/285/286/287/288/289/290/291/292/293/294/295/296/297/298/299/300/301/302/303/304/305/306/307/308/309/310/311/312/313/314/315/316/317/318/319/320/321/322/323/324/325/326/327/328/329/330/331/332/333/334/335/336/337/338/339/340/341/342/343/344/345/346/347/348/349/350/351/352/353/354/355/356/357/358/359/360/361/362/363/364/365/366/367/368/369/370/371/372/373/374/375/376/377/378/379/380/381/382/383/384/385/386/387/388/389/390/391/392/393/394/395/396/397/398/399/400/401/402/403/404/405/406/407/408/409/410/411/412/413/414/415/416/417/418/419/420/421/422/423/424/425/426/427/428/429/430/431/432/433/434/435/436/437/438/439/440/441/442/443/444/445/446/447/448/449/450/451/452/453/454/455/456/457/458/459/460/461/462/463/464/465/466/467/468/469/470/471/472/473/474/475/476/477/478/479/480/481/482/483/484/485/486/487/488/489/490/491/492/493/494/495/496/497/498/499/500/501/502/503/504/505/506/507/508/509/510/511/512/513/514/515/516/517/518/519/520/521/522/523/524/525/526/527/528/529/530/531/532/533/534/535/536/537/538/539/540/541/542/543/544/545/546/547/548/549/550/551/552/553/554/555/556/557/558/559/560/561/562/563/564/565/566/567/568/569/570/571/572/573/574/575/576/577/578/579/580/581/582/583/584/585/586/587/588/589/590/591/592/593/594/595/596/597/598/599/600/601/602/603/604/605/606/607/608/609/610/611/612/613/614/615/616/617/618/619/620/621/622/623/624/625/626/627/628/629/630/631/632/633/634/635/636/637/638/639/640/641/642/643/644/645/646/647/648/649/650/651/652/653/654/655/656/657/658/659/660/661/662/663/664/665/666/667/668/669/670/671/672/673/674/675/676/677/678/679/680/681/682/683/684/685/686/687/688/689/690/691/692/693/694/695/696/697/698/699/700/701/702/703/704/705/706/707/708/709/710/711/712/713/714/715/716/717/718/719/720/721/722/723/724/725/726/727/728/729/730/731/732/733/734/735/736/737/738/739/740/741/742/743/744/745/746/747/748/749/750/751/752/753/754/755/756/757/758/759/760/761/762/763/764/765/766/767/768/769/770/771/772/773/774/775/776/777/778/779/780/781/782/783/784/785/786/787/788/789/790/791/792/793/794/795/796/797/798/799/800/801/802/803/804/805/806/807/808/809/810/811/812/813/814/815/816/817/818/819/820/821/822/823/824/825/826/827/828/829/830/831/832/833/834/835/836/837/838/839/840/841/842/843/844/845/846/847/848/849/850/851/852/853/854/855/856/857/858/859/860/861/862/863/864/865/866/867/868/869/870/871/872/873/874/875/876/877/878/879/880/881/882/883/884/885/886/887/888/889/890/891/892/893/894/895/896/897/898/899/900/901/902/903/904/905/906/907/908/909/910/911/912/913/914/915/916/917/918/919/920/921/922/923/924/925/926/927/928/929/930/931/932/933/934/935/936/937/938/939/940/941/942/943/944/945/946/947/948/949/950/951/952/953/954/955/956/957/958/959/960/961/962/963/964/965/966/967/968/969/970/971/972/973/974/975/976/977/978/979/980/981/982/983/984/985/986/987/988/989/990/991/992/993/994/995/996/997/998/999/1000
9	- Aufwände/Instandhaltung/Instandhaltung
10	- Einbauten

Hinweis: Die angegebenen Maßwerte für die Sanierung sind beispielhaft, sie können durch gleichwertige Maßnahmen ersetzt werden.

Abbildung 6

Sollkriterien gemäss Dimensionierung

	SOLL: 2010	IST: 2010	SOLL: NEU	IST: 13
Charakt. SPZ (5%-Quantil OB X) in N/mm ²	3,7	4,3	3,9	4,0
Charakt. SPZ (5%-Quantil UB XII) in N/mm ²	3,7	4,7	3,9	4,4
Charakt. Deckendicke (10%-Quantil) in cm	26	27,3	25	25,5

Nr.	Ordnung				ABE	ABPI	Lage			EP		f _{ct} (N/mm ²)		f _c (N/mm ²)		Rohdichte (kg/dm ³)		Betondicke	
	Produktion	Entnahme ab	Prüfung	Schicht			Streifen	Platte	FS	OB	UB	OB	UB	OB	UB	OB	UB	OB	Gesamt
551	25.05.12	15.06.12	24.07.12				695+780	61043	-2	X	XII	5,0	6,2	68,0	2,21	2,36	6,3	27,1	
552	29.05.12	18.06.12	24.07.12				695+845	61033	3	B	XII	6,1	6,9	69,0	2,33	2,38	7,3	27,7	
553	25.05.12	15.06.12	24.07.12	NS			695+910	61055	SS	X	XII	4,4	6,3	62,5	2,18	2,38	5,5	27,6	
554	25.05.12	15.06.12	24.07.12				695+975	61099	3	B	XII	4,8	6,1	67,5	2,15	2,36	7,5	27,2	
Mittelwert Gesamt:												5,0	6,6	62,7	2,20	2,35	6,4	26,4	
Mittelwert ABE:												4,93	5,52					26,4	
Mittelwert ABPI:												5,06	5,77					26,5	
Anzahl Gesamt:												134	134					135	
Standardabweichung Gesamt:												0,5	0,6					0,6	
Variationskoeffizient Gesamt:												9,4	9,1					3,2	
Charakteristische Spaltzugfestigkeit/Dicke Gesamt:												4,1	4,4					25,2	

Lärminderung – Optimierung verschiedener Varianten bei Betonbelägen

Dr. Thomas Beckenbauer

Müller-BBM Schweiz AG, Allschwil (BL)

DI Jens Skarabis

Technische Universität München



Lebenslauf

Dr.-Ing. Thomas Beckenbauer
Müller-BBM Schweiz AG, Basel, Schweiz

Herr Beckenbauer studierte Elektrotechnik mit Schwerpunkt Elektroakustik und Psychoakustik an der Technischen Universität München und hat 1990 in diesem Fachgebiet promoviert.

Im Jahr 1990 trat er in die Ingenieurgesellschaft Müller-BBM ein und arbeitete im Fachbereich Verkehrsakustik als Projektleiter in nationalen und internationalen Forschungs- und Entwicklungsprojekten. Er ist Berater für Strassenbauverwaltungen und die Strassenbauindustrie auf dem Gebiet der lärmarmen Fahrbahnbeläge.

Seit 15. Mai 2011 ist Herr Beckenbauer Geschäftsführer der Müller-BBM Schweiz AG in Allschwil (BL). Er wirkt in der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV) an der Erarbeitung von Regelwerken für den Bau und Unterhalt lärmarmer Deckbeläge mit.

Herr Beckenbauer ist verheiratet und Vater zweier Kinder.



Lebenslauf

Dipl.-Ing. Jens Skarabis
TU München, Centrum Baustoffe und Materialprüfung (cbm)

Studium

Hochschulstudium Bauingenieurwesen an der Technischen Universität Berlin
Abschluß: 2006

Berufsweg

Seit 2006: Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Centrum Baustoffe und Materialprüfung (cbm) der TU München

Seit 2009: Leiter der Arbeitsgruppe Betontechnologie

Forschungsschwerpunkte

Dauerhaftigkeit von Straßenbeton

Lärminderung von Betonfahrbahndecken

Gremienarbeit

Mitglied des Ausschusses 8.4 (Betonbauweise – Oberflächen) der fgsv
Lärmindernde Betonfahrbahndecken

Leiter des Arbeitskreises 8.4.2 (Akustisches Grinding) der fgsv



Lärminderung – Optimierung verschiedener Varianten bei Betonbelägen

Thomas Beckenbauer, Jens Skarabis

Im geräuscherzeugenden System Fahrzeug-Reifen-Fahrbahn hat die Fahrbahn nach wie vor das grösste Potential, den Strassenverkehrslärm nachhaltig zu mindern. Die Zusammenhänge der Rollgeräuschenstehung mit den bautechnischen Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche hat man heute bereits gut verstanden. Die Umsetzung schalltechnischer Konzepte in die Baupraxis mit dem Ziel der Reproduktion lärm- armer Deckbeläge mit dauerhaften Eigenschaften stellt jedoch nach wie vor eine grosse Herausforderung für Materialherstellung und Einbautechnik dar. Mit Hilfe von akustischen Simulationen lassen sich bautechnische Entwicklungen und Versuche jedoch heute schon auf Labormassstab herunterbrechen. Durch den Wegfall aufwändiger Belageeinbauten für akustische Untersuchungen können Entwicklungszyklen verkürzt und wirtschaftlich vorangetrieben werden. Anhand der Betonbauweisen Waschbeton und Festbetongrinding wird gezeigt, wie Materialzusammensetzung und Technik der Oberflächenbearbeitung ineinandergreifen und gesteuert werden müssen, um lärmarme Deckbeläge herzustellen. Bei Waschbeton zeigt sich, dass eine geeignete Wahl und Zusammensetzung der groben Gesteinskörnung zu einer Packungsdichte des Feststoffs und eine geeignete Ausbürsttiefe zu einer Verbesserung der akustischen Performance von Waschbeton um 2 bis 3 dB(A) führen können. Bei der Texturierung des Festbetons durch Grinding beeinflusst die Betonzusammensetzung die akustisch relevante Steggeometrie signifikant, weshalb Material und Werkzeug gut aufeinander abgestimmt werden müssen. Über entsprechende akustische und bautechnische Untersuchungen wird berichtet.



Umweltauswirkungen und Technik von Betonbelägen

Lärminderung

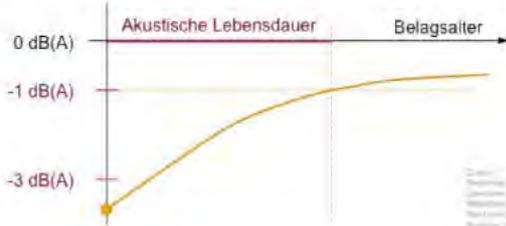
Optimierung verschiedener Varianten bei Betonbelägen

Teil 1 – Schalltechnik

Thomas Beckenbauer
Müller-BBM Schweiz AG, Allschwil

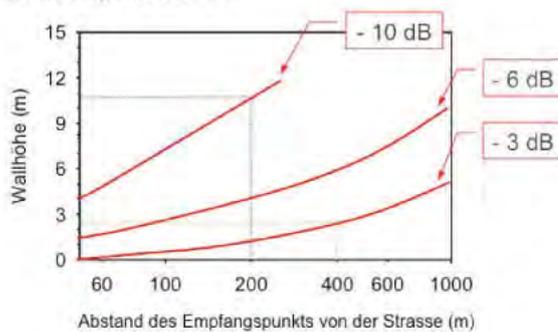
Begriffsbestimmung

- Lärmarmen Fahrbahnbelag (Schweiz)
 - Anfangsminderung gegenüber dem Referenzwert für den Mischverkehr (PW und LKW) von mindestens -3 dB(A)
 - Dauerhafte Wirkung von mindestens -1 dB(A)



Lärmschutzmassnahmen

Beispiel: 6-streifige Autobahn



Dotted lines for handwritten notes.

BETONSUISSE **MÜLLER-BBM**
SCHWEIZ AG

Rollgeräuscentstehung

- Schallquelle 1
mechanische Anregung
- Schallquelle 2
aerodynamische Anregung
- Schallabstrahlung
„Horneffekt“

05.05.2015 Schweizer Fachtagung Betonstrassen - Lärmminimierende Betonfahrbahndecken 4

BETONSUISSE **MÜLLER-BBM**
SCHWEIZ AG

Rollgeräuscentstehung – Mechanische Anregung

Verformung des Reifens

Kräfte im Reifen-Fahrbahn-Kontakt

Quelle: SPER/Infocast/air
© Leibniz Universität (S) - Müller-BBM (Ch) - MFP (NL)

05.05.2015 Schweizer Fachtagung Betonstrassen - Lärmminimierende Betonfahrbahndecken 5

BETONSUISSE **MÜLLER-BBM**
SCHWEIZ AG

Rollgeräuscentstehung – Mechanische Anregung

freigelegtes Korn
(Waschbeton)

gewalzte Oberfläche

Kraft F (N)

Zeit t (s)

$v = 80 \text{ km/h}$

$F_{\text{mean}} = 4.220 \text{ N}$

Kraft F (N)

Zeit t (s)

$v = 80 \text{ km/h}$

$F_{\text{mean}} = 4.220 \text{ N}$

05.05.2015 Schweizer Fachtagung Betonstrassen - Lärmminimierende Betonfahrbahndecken 6

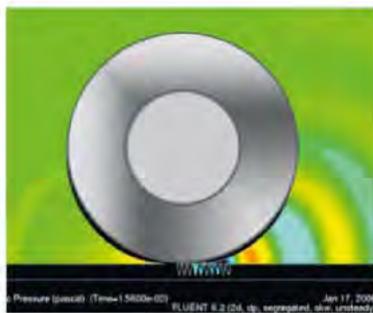
Rollgeräuschentstehung – Mechanische Anregung

- Zielsetzung lärmarmere Deckbeläge

Gleichmässige Lastverteilung auf viele Kontaktpunkte:

- führt zu kleineren Kontaktkräften pro Kontaktpunkt
- führt zu weniger Schwingungsanregung
- führt zu geringerer Geräusentwicklung

Rollgeräuschentstehung - Aerodynamische Anregung (air pumping)



Quelle: © ESI-Rechenwerkstattprogramm: Preaak (TAM) - integrated Tera and Fluid Interactions 2007

Rollgeräuschentstehung – Aerodynamische Anregung

- Zielsetzung lärmarmere (dichter) Deckbeläge

Hohe Packungsdichte und geringe Rauigkeitstiefe:

- erhöhen den texturinduzierten Luftströmungswiderstand
- führen zu weniger air pumping
- führen zu geringerer Strömungsgeräusentwicklung

BETONSUISSE **MÜLLER-BBM**
SCHWEIZ AG

Offenporiger Beton

- Schallabsorption für optimale Lärminderung $\alpha > 18 \text{ Vol.-%}$ $\alpha > 0.6$
- Additiver Effekt (bis zu 6 dB(A) Minderung zusätzlich)

~ 2 cm obere Schicht
~ 5 cm untere Schicht
Versiegglg. Unterlage

Verkehrsgeraeusch $v_{sig} = 100 \text{ km/h}$
SV-Anteil = 5%

05.05.2016 Schweizer Fachtagung Betonstrassen - Lärmmindende Belontafelbahndecken 16

cbm Centrum Baustoffe und Materialprüfung Technische Universität München **TUM**

Lärminderung – Optimierung verschiedener Varianten bei Betonbelägen

Teil 2: Bautechnik

Jens Skarabis
Centrum Baustoffe und Materialprüfung (cbm) der TU München

1

cbm Centrum Baustoffe und Materialprüfung Technische Universität München **TUM**

Herstellung von Fahrbahndecken aus Beton

Der Fertiger

Quelle: Magazin this

2

Waschbeton

Untersuchte Einflussparameter

- 1. Kornzusammensetzung Grobkorn
 - a. Größtkorn (2/5, 2/6,3, 2/6,7, 2/8)
 - b. Kleinstkorn (2/8, 4/8, 5,0/8, 5,6/8)
- 2. Profilspitzenanzahl
- 3. Ausbürsttiefe

6

Washbeton



Michelin Energy 3A

7

Washbeton



ETD 0,59 mm ETD 0,71 mm ETD 0,93 mm ETD 1,23 mm ETD 1,45 mm

8




Grinding

Grindingtextur nach der Herstellung (A 13)



A 24, Grindingjahr: 2001
Foto: 2014

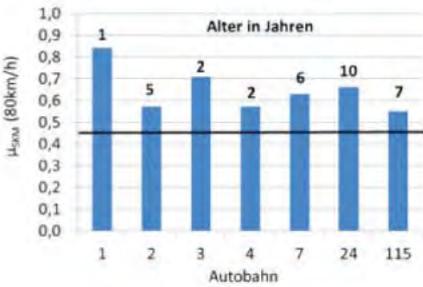
Griffigkeitsverbesserung: Seit rd. 15 Jahren
Beseitigen von Unebenheiten: Seit 40 Jahren

12




Grinding

Griffigkeitsmessung

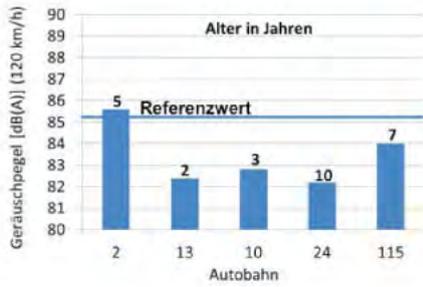
Autobahn	Alter in Jahren	µ _{max} (80km/h)
1	1	0.85
2	5	0.55
3	2	0.70
4	2	0.55
7	6	0.60
24	10	0.65
115	7	0.55

13




Grinding

SPB-Messung

Autobahn	Alter in Jahren	Geräuschpegel [dB(A)] (120 km/h)
2	5	85.5
13	2	82.5
10	3	83.0
24	10	82.0
115	7	84.0

14

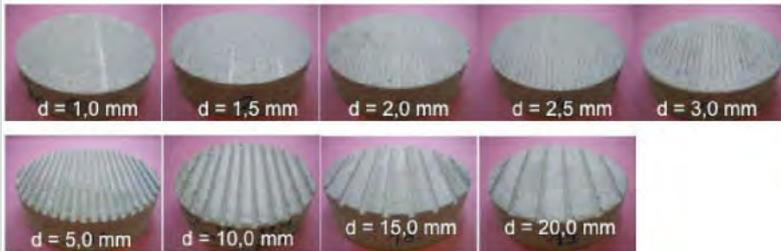
Grinding



Segment [mm]	Distanzscheibe [mm]								
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	5,0	10,0	15,0	20,0
3,2									
3,0									
2,8									
2,4									

15

Grinding



16

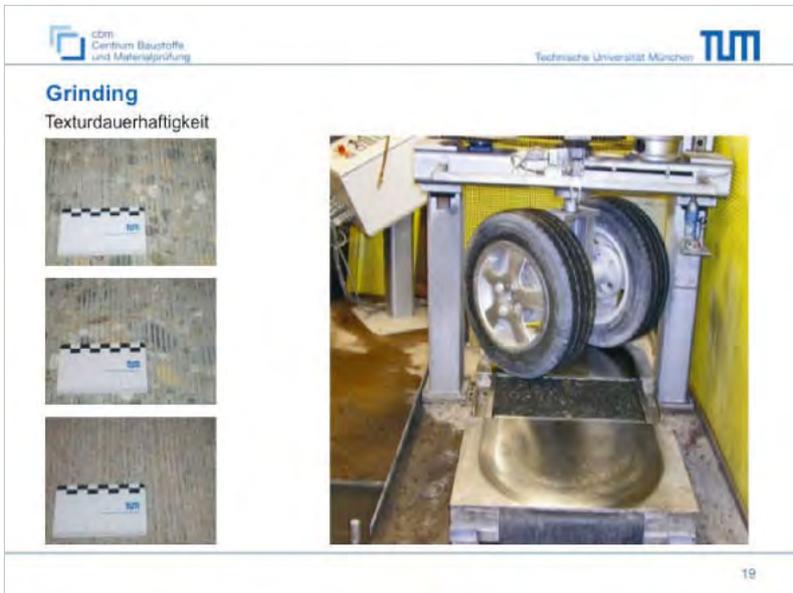
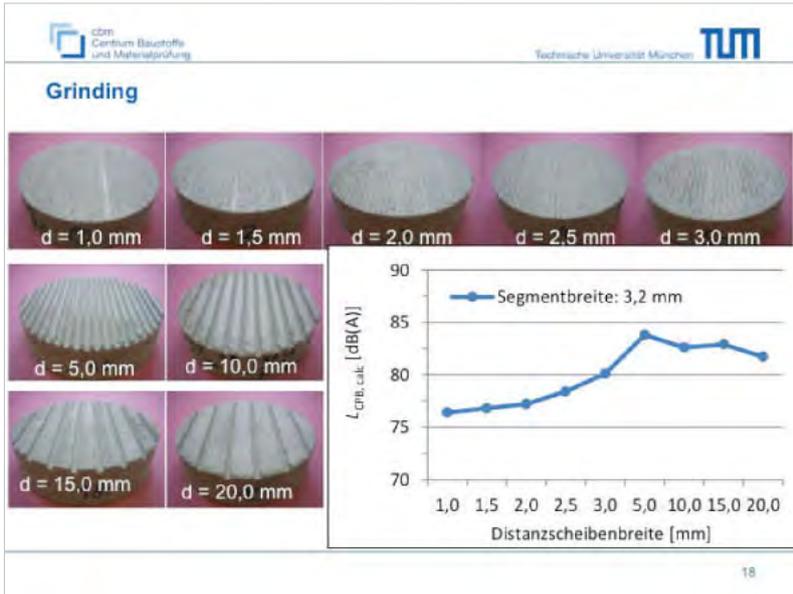
Grinding

Messung der Textur und des Strömungswiderstands



Michelin Energy 3A

17

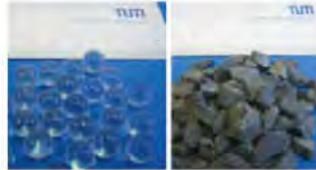


Offenporiger Beton

Vorgehensweise

Untersuchungen an ungebundenen Gemischen

- Glaskugeln
- Gesteinskörnung



Untersuchungen an gebundenen Gemischen

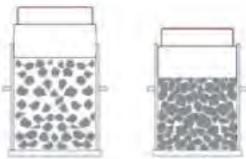
- Einschichtig



21

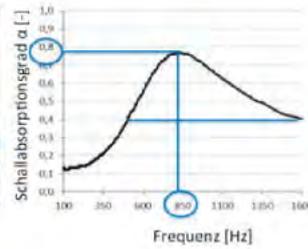
Offenporiger Beton

Hohlraumgehalt



$$\phi = \frac{V_{Kern}}{V_{Gemisch}}$$

Schallabsorptionsgrad: Impedanzmessung

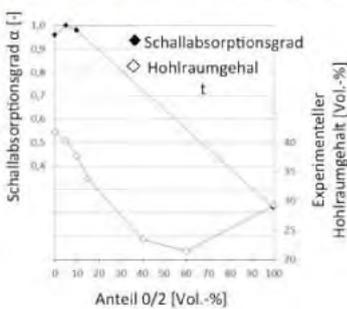


22

Offenporiger Beton

Gesteinskörnung

grobe und feine Gesteinskörnung: 5/8 und 0/2

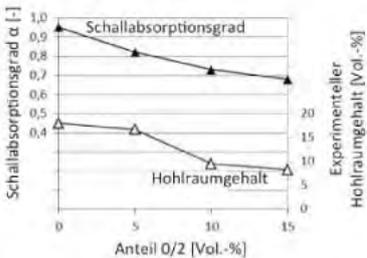


23




Offenporiger Beton

Beton: einschichtig
Einfluss Sandgehalt



Anteil 0/2 [Vol.-%]	Schallabsorptionsgrad α [-]	Experimenteller Hohlraumgehalt [Vol.-%]
0	~0,45	~18
5	~0,55	~15
10	~0,65	~10
15	~0,7	~8



24




Offenporiger Beton

Demonstrator
Akustische Eigenschaften



Statistische Vorbeifahrt

Fotos: SF-Kooperation

→ D_{S10} -Vergleichswert von -7,6 dB(A)

25




Zusammenfassung

Waschbeton

- Regelbauweise in Deutschland
- Oberflächen sind dauerhaft griffig
- Derzeit die einzige lärmindernde Oberfläche in Deutschland (-2 dB(A))

Grinding

- Hauptsächlich zur Verbesserung der Griffigkeit und Ebenheit eingesetzt
- Oberflächen sind dauerhaft griffig
- Hohes Lärminderungspotential (-4 dB(A))

Offenporiger Beton

- Bisher existieren noch keine Fahrbahndecken aus OPB
- Gegenstand aktueller Forschung
- Laborversuche zeigen, dass über die Wahl der Betonzusammensetzung eine hohe Schallabsorption erreicht werden kann.
- Größtes Lärminderungspotential (-7,6 dB(A))

26

Lärminderung – Optimierung verschiedener Varianten bei Betonbelägen

Thomas Beckenbauer, Jens Skarabis

Einleitung

Lange Zeit hat man unter geräuschmindernden Fahrbahnbelägen nur offenporige Asphalte (OPA) verstanden und versucht, offenporige Konzepte auch mit zementgebundenem Mischgut zu realisieren. Im Betonbereich bislang leider ohne nennenswerte Erfolge. Durch systematische, gross angelegte Untersuchungen in mehreren europäischen Ländern seit 1989 hat sich mittlerweile ein tiefergehendes Verständnis der Zusammenhänge zwischen den bautechnischen Eigenschaften einer Fahrbahndeckschicht, der Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche und der Entstehung der Reifen-Fahrbahn-Geräusche aufgebaut, das die Grundlagen für eine gezielte Entwicklung und Verbesserung geräuschmindernder Bauweisen auch mit dem Baustoff Beton bildet. Die bautechnischen Zusammenhänge einer gezielten und reproduzierbaren Herstellung lärmarmen Deckbeläge aus Beton müssen jetzt angegangen werden.

Eine wesentliche Erkenntnis aus den Projekten ist, dass alleine durch gezielte Texturoptimierung schon mit dichten Deckschichten Pegelminderungen bewirkt werden können, die der Geräuschminderung von einschichtigen offenporigen Asphaltbelägen in nichts nachsteht. Die schalltechnischen Vorgaben für diese Texturoptimierung sind eindeutig und werden in der Praxis des Asphaltstrassenbaus teilweise bereits erfolgreich umgesetzt. Und genau darin, also in der Realisierung texturoptimierter, dichter Deckschichten liegt auch das Potential und die Chance für hochwirksame, geräuschmindernde Fahrbahnbeläge aus Beton.

Im geräuscherzeugenden System Fahrzeug-Reifen-Fahrbahn hat die Fahrbahn ausserdem nach wie vor das grösste Potential, den Strassenverkehrslärm nachhaltig zu mindern [1]. Gemessen an einem herkömmlichen Splittmastixasphalt 0/8 S wird das Minderungspotential für die Reifen-Fahrbahn-Geräusche auf 15 dB geschätzt, die alleine die Fahrbahn, unter Ausnutzung aller heute bekannten Geräuschminderungsstrategien, theoretisch zur Verkehrslärbekämpfung beisteuern kann. Ein Potential, das teilweise bereits erschlossen ist und dessen weitere Erschliessung angesichts des bis 2025 zu erwartenden, weiterhin dramatischen Anstiegs gerade des Güterverkehrs auf den Strassen dringend notwendig ist. Mit der Zunahme des Güterverkehrs steigt auch die bau-

technische Beanspruchung der Deckbeläge – die ihrerseits wiederum zu einer Verringerung der akustischen Dauerhaftigkeit geräuschmindernder Deckschichten führt. Gerade aber die Herausforderung einer guten bautechnischen und damit auch akustischen Dauerhaftigkeit, die bei allen bislang in der Praxis eingesetzten geräuschmindernden Bauweisen noch nicht zufriedenstellend gelöst ist, sollte Anlass genug sein, die Betonbauweisen dahingehend weiter zu entwickeln.

Akustische Eigenschaften des Fahrbahnbelages

Unabhängig von der Bauweise lassen sich drei Merkmale zur Beschreibung der akustischen Eigenschaften von Fahrbahnbelägen angeben: Fahrbahnrauigkeit, Offenporigkeit und Nachgiebigkeit. Alle drei Merkmale lassen sich ihrerseits jeweils durch einen Satz akustisch bedeutsamer Parameter charakterisieren und quantifizieren. Die massgeblichen Parameter sind in Abbildung 1* dargestellt.

Die geometrische Feingestalt von Fahrbahnoberflächen, die sogenannte Textur, weist je nach Art und Zusammensetzung der verwendeten Baustoffe und des Herstellverfahrens sehr unterschiedliche Formen auf, die in den üblichen Einzahlwerten wie der Mittleren Profiltiefe (Mean Profile Depth – MPD) kaum oder überhaupt nicht berücksichtigt sind. Um zwischen Textur und Rollgeräuschenstehung Zusammenhänge erkennen, herstellen und diese für Weiterentwicklungen anwenden zu können, sind derartige Einzahlwerte gänzlich ungeeignet. Texturen von Fahrbahndeckschichten setzen sich aus vielfältigen Überlagerungen von Rauigkeitswellen eines kontinuierlichen Spektrums zusammen. Bedeutsam für die Akustik sind die Wellenlängen der Textur im Bereich zwischen etwa 2 mm und 200 mm, der sogenannten Makrotextur, deren Wellenlängen ungefähr mit den Abmessungen des Reifen-Fahrbahn-Kontaktes und der Reifenprofilelemente übereinstimmen.

Die Textur der Fahrbahnoberfläche und damit auch die mechanische Anregung des Reifens zu Schwingungen hängt sowohl von der Materialauswahl und Mischgutzusammensetzung als auch vom Herstellverfahren ab. Bei (heiss) gewalzten Fahrbahnbelägen wie beispielsweise Splittmastixasphalt oder dünnen Schichten

*Hinweis: Abbildungen zum Referat ab Seite 99.

im Heisseinbau entstehen plateauartige Texturen mit schluchtenförmigen Vertiefungen (konkave Gestalt), bei abgestreuten Deckschichten wie Gussasphalt oder Deckschichten mit freigelegtem Mineralstoff wie Waschbeton entstehen dagegen eher «gebirgige» Texturen mit dazwischenliegenden «Tälern» (konvexe Gestalt). Der erstgenannte Typ von Fahrbahntexturen führt bei gleichem Grösstkorndurchmesser des Mineralstoffgemischs tendenziell zu leiseren Reifen-Fahrbahn-Geräuschen als der zweite. Beide Gestalttypen sind in Abbildung 2 für zwei reale Oberflächen dargestellt. Neben der Wellenlängenzusammensetzung und der Verteilung der Rauigkeitstiefen im Reifen-Fahrbahn-Kontakt stellt die Gestalt eine zusätzliche (statistisch) unabhängige Information über die Textur einer Fahrbahnoberfläche dar.

Die in Abbildung 1 zusätzlich eingetragenen Parameter Strömungswiderstand und Reibwert dienen der akustisch vollständigen Beschreibung der Textur. Der texturinduzierte Strömungswiderstand einer Fahrbahnoberfläche, der im Übrigen auch gemessen werden kann, gibt an, inwieweit es gelingt, Luft durch den Reifen-Fahrbahn-Kontakt hindurchzupressen, genauer gesagt, welcher Überdruck notwendig ist, um im Reifen-Fahrbahn-Kontakt eine bestimmte Strömungsgeschwindigkeit der Luft aufrecht zu erhalten.

Akustische Simulation als Werkzeug der Bautechnik

Welche Bedeutung die Textur für die Rollgeräuschenstehung hat, lässt sich heute mit sehr weit entwickelten Rechenmodellen für die Vorhersage der Reifen-Fahrbahn-Geräusche auf der Grundlage von Fahrbahnoberflächeneigenschaften untersuchen. Folgendes Modellexperiment soll zeigen, welche Herausforderung beim Bau von Fahrbahndeckschichten aus Beton beispielsweise die Optimierung von Waschbetonoberflächen darstellt. Das Experiment basiert auf Berechnungen mit Hilfe des validierten Rechenmodells SPERoN [2] [3]. Abbildung 3 zeigt ein Schema des Rechenmodells. SPERoN wird mit Fahrbahn- und Reifendaten gespeist, um den Vorbeifahrtpegel für ein Kollektiv unterschiedlicher Reifen und eine bestimmte Geschwindigkeit zu berechnen. Der berechnete Vorbeifahrtpegel entspricht der Grösse, die auch bei Messungen der Vorbeifahrgeräusche einzelner Fahrzeuge an einer Strasse in 7,5 m Abstand und 1,2 m Höhe über der Fahrbahnoberfläche ermittelt wird. Das Rechenmodell enthält zwei für die Abbildung der Geräuschenstehungsmechanismen wesentliche Module. Das erste Modul dient der Berechnung des mechanisch induzierten Anteils des Reifen-Fahrbahn-Geräuschs auf Basis eines physikalisch analytischen Algorithmus zur Berechnung der dynamischen Kräfte

im Reifen-Fahrbahn-Kontakt und der Reifenschwingungen. Das zweite Modul umfasst ein empirisches Modell für die durch das sogenannte air pumping hervorgerufenen aerodynamischen Geräusche im Reifen-Fahrbahn-Kontakt. Die Anteile dieser beiden Geräuschenstehungsmechanismen am Gesamtgeräusch werden getrennt berechnet und im Rechenresultat getrennt ausgewiesen.

Optimierung von Betonbelägen – Waschbeton

In Abbildung 4 sind Texturdaten visualisiert, die in das Rechenmodell eingespeist werden können. Das linke Diagramm zeigt das Ergebnis einer 3D-Lasertexturmessung über eine Länge von mehr als 2 m mit hoher Auflösung. Aus dieser Messung werden sechs einzelne Spuren extrahiert, deren Abstand so gewählt ist, dass die Breite der Reifenaufstandsfläche auch in Querrichtung abgebildet wird. Die Mindestlänge von 2 m, die ungefähr dem Umfang eines Pkw-Reifens entspricht, ist erforderlich, um innerhalb einer (berechneten) Radumdrehung das reale Texturprofil der Fahrbahnoberfläche lückenlos abzutasten. Die dargestellte Textur ist das Ergebnis einer Messung auf einer Waschbetonoberfläche mit 8 mm Grösstkorn und einer geschätzten Ausbürsttiefe von 0,85 mm.

Ein einzelnes Texturprofil der untersuchten Waschbetonoberfläche ist in Abbildung 5 nochmals mit typischen Texturprofilen zweier anderer Fahrbahnoberflächen vergleichend dargestellt. Die obere Teilabbildung zeigt das Texturprofil einer Waschbetonoberfläche mit 8 mm Grösstkorn und einer geschätzten Ausbürsttiefe von 0,4 mm und in der unteren Teilabbildung das der Oberfläche eines Splittmastixasphalts mit 8 mm Grösstkorn. Schon aus dieser Abbildung wird ein wesentlicher Unterschied der Oberflächen deutlich. Die Profilspitzen der Splittmastixoberfläche liegen deutlich enger aneinander und weisen ein wesentlich homogeneres und gleichbleibenderes Niveau auf als die Waschbetonoberflächen, selbst bei nur 0,4 mm Ausbürsttiefe. Das bedeutet, dass sich der Reifen bei der Splittmastixoberfläche auf viel mehr Profilflächen der Fahrbahn abstützen kann als auf den Waschbetonoberflächen. Die Reifenlast verteilt sich beim Splittmastix auf mehr Kontaktpunkte, die Kontaktkräfte pro Kontaktpunkt werden kleiner, die Reifenschwingungen geringer und die mechanisch induzierten Reifen-Fahrbahn-Geräusche leiser. Aus diesem Grund wird bei der Optimierung von Waschbetonen eine erhöhte Profilspitzenzahl durch grössere Packungsdichte der Gesteinskörner angestrebt. Ein Problem des Waschbetons im Speziellen und von Betonoberflächen im Allgemeinen ist damit aber noch nicht gelöst. Der Herstellungsprozess von Betondeckschichten fehlt der für die Er-

zielung einer schalltechnisch günstigen Oberfläche entscheidende Walzvorgang. Erst durch die Walzung entsteht die für geräuschmindernde Asphalte typische plateauartige und damit schalltechnisch günstige Oberfläche. Welche Auswirkungen dies hat, lässt sich mit Hilfe des Rechenmodells zeigen.

In Abbildung 6 sind Profile zweier Modelltexturen gezeigt, denen eine gleich dichte Abfolge, jedoch eine unterschiedliche, zufällige Höhenanordnung der Profilspitzen zugrunde liegt. Für den Vorbeifahrtpegel (nur Reifen-Fahrbahn-Geräusche) ergeben sich unter Zugrundelegung eines repräsentativen Reifens (Michelin Energy) Werte, die sich zwischen diesen beiden Fällen, je nach Geschwindigkeit, um 2 dB bis 3 dB voneinander unterscheiden – zu Ungunsten der Textur mit unterschiedlicher Höhenanordnung der Profilspitzen. Durch eine fehlende Einebnung des oberflächlichen Texturprofils gehen also bis zu 3 dB Pegelminderung verloren. Dadurch hat Waschbeton grundsätzlich einen Nachteil gegenüber heiss gewalzten Asphaltbelägen, der nur durch grösste Sorgfalt bei der Mischgut-zusammensetzung, beim Einbau und bei der Oberflächenbehandlung kompensiert werden kann.

Auf Grundlage der Simulationsergebnisse wurden im Labor Waschbetonprobekörper hergestellt und dabei systematisch mögliche Einflussgrössen auf die Geräuschemission variiert [4]. Dazu gehörten die Ausbürsttiefe, die Korngrössenverteilung der groben Gesteinskörnung, die Kornform sowie die Profilspitzenanzahl. Anschliessend wurden an den Oberflächen Texturmessungen und Messungen des texturinduzierten Strömungswiderstands durchgeführt und der zu erwartende Vorbeifahrtpegel (PKW mit definiertem Reifentyp) berechnet. Abbildung 7 zeigt beispielhaft einige der im Labor hergestellten Probekörper mit systematischer Variation der Ausbürsttiefe.

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen im bautechnischen Labor lässt sich für die Praxis Folgendes ableiten:

- Die Verwendung von Gesteinskörnung mit stetiger Sieblinie ist im Vergleich zur Ausfallkörnung als akustisch günstiger zu beurteilen.
- Bezüglich der Kornform ist darauf zu achten, dass die verwendete grobe Gesteinskörnung der Kornformklasse SI15 genügt. Ein geringer Anteil ungenügend geformter Körner führt zu einer höheren Packungsdichte und zu einer höheren Profilspitzenanzahl. Das Reifenprofil kann sich beim Abrollvorgang dann auf mehr gleichmässig verteilte Kontaktpunkte abstützen, was die Schwingungsanregung des Reifens und die Geräuschenstehung im Reifen-Fahrbahn-Kontakt vermindert.
- Eine Profilspitzenanzahl von mindestens 50 (pro 25 cm²) ist anzustreben.

- Die Texturtiefe der Waschbetonoberfläche sollte so gering wie möglich bzw. zulässig ausgeführt werden. Bei der Festlegung der Texturtiefe ist darauf zu achten, dass eine Verringerung der Texturtiefe zu geringeren Griffigkeiten führt. Der Mindestwert der Texturtiefe muss in jedem Fall sicher eingehalten werden.
- Ohne nähere Kenntnis der griffigkeitstechnischen Auswirkungen der gewählten Gesteinskörnung scheint als Anhaltswert für die sichere Erfüllung der Griffigkeitsanforderungswerte ein MPD-Wert von 0,64 mm erforderlich zu sein. Dieser Wert entspricht einer geschätzten Texturtiefe ETD von 0,71 mm, welche aufgrund der 100m-Abschnittsbildung und -bewertung des SKM-Griffigkeitsmessverfahrens auch in jedem einzelnen 100m-Abschnitt zu erreichen wäre.
- Stark schwankende Ausbürstzeitpunkte nach Einbau des Frischbetons sollten im Bauablauf vermieden werden.

Optimierung von Betonbelägen – Texturierung des Festbetons durch Grinding

Grinding wird in Deutschland seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzt, um die Griffigkeit bzw. die Ebenheit von Betonfahrbahndecken zu verbessern. Als positiver Nebeneffekt wurde dabei festgestellt, dass Grindingtexturen auch lärmindernd sein können. Bisher ist jedoch nicht bekannt, welche Grindingtexturen zur Herstellung lärmindernder Oberflächen besonders geeignet sind. Beim Grinding werden Sägeblätter, die sich auf einer rotierenden Welle befinden, über die Betonoberfläche geführt. Die Schleiftiefe beträgt zwischen 3 und 5 mm. Am Rand der Sägeblätter befinden sich diamantbesetzte Schleifsegmente, die verschiedene Breiten haben können. Der Abstand der Sägeblätter zueinander wird über Distanzscheiben, die sich zwischen den Schleifscheiben befinden, gesteuert und beträgt max. 3 mm. Die Grindingtextur besteht aus Rillen und Stegen. Die Breite der Rillen wird von der Breite der Schleifsegmente und die Breite der Stege vom Abstand der Segmente zueinander bestimmt. Abbildung 8 zeigt das Schema, eine praktische Grindingwelle mit Scheibenbesatz und das Grindingergebnis.

Eine wesentliche baupraktische Fragestellung des sogenannten akustischen Grindings ist, inwieweit die Betonzusammensetzung das Grindingergebnis an sich, insbesondere aber auch dessen Reproduzierbarkeit beeinflusst und ob die Einstellungen des Werkzeugs und der Grindingmaschine, hier beispielsweise die Vortriebsgeschwindigkeit, auf die Betonqualität abgestimmt werden können und müssen, um ein optimales Ergebnis zu erzielen. Akustisch günstige Grindingtexturen ergeben sich immer dann, wenn der Rei-

fen über eine gleichmässig geformte Stegoberfläche ohne Fehl-, bzw. Ausbruchstellen und mit gleichmässiger Stegbreite rollen kann.

In bautechnischen Laborversuchen wurden deshalb Betone unterschiedlicher Zusammensetzung hergestellt und mit Hilfe einer Laborgrindingmaschine (Abbildung 9) texturiert. Dabei sollte geklärt werden, welchen Einfluss die Betonzusammensetzung auf die sich ergebende Textur und die damit verbundene Geräuschemission hat [5]. Es wurden Probekörper aus einem praxisüblichen Waschbeton sowie aus einem Beton, der für eine Texturierung mittels Kunstrasen verwendet werden kann, hergestellt. Die grobe Gesteinskörnung beider Betone bestand aus gebrochenem Material. Des Weiteren wurden Probekörper aus einem Beton hergestellt, dessen grobe Gesteinskörnung, so wie bei Unterbetonen üblich, aus gerundeter Gesteinskörnung bestand. Dies sollte zeigen, ob grundsätzlich die Verwendung von gerundeter Gesteinskörnung möglich ist, wenn die Oberfläche mittels Grinding texturiert wird. Durch den Schleifvorgang entsteht gegebenenfalls eine vergleichbare Feinrauheit wie auch beim Grinding eines Betons, der mit gebrochener Gesteinskörnung hergestellt wurde. In Tabelle 1 ist die Zusammensetzung der Betone sowie deren Druckfestigkeit im Alter von 28 Tagen dargestellt.

Die Betone wurden mit einer Distanzscheibenbreite von 2,0 mm sowie 5,0 mm texturiert. Dies sollte zeigen, welchen Einfluss die Betonzusammensetzung auf die Grindingtextur hat, wenn eine geringe Distanzscheibenbreite (2,0 mm) und eine grosse Distanzscheibenbreite (5,0 mm) verwendet werden. Bei allen Betonen betrug die Breite des Schleifsegments 3,2 mm und die Schleiftiefe 3,0 mm. An den texturierten Betonprobekörpern wurden die Textureigenschaften und der texturinduzierte Strömungswiderstand bestimmt. Zur Beurteilung der Griffigkeit wurde zusätzlich der SRT-Wert der Betone mit dem SRT-Pendelgerät bestimmt. In Abbildung 10 sind Fotos der Oberflächen dargestellt.

Bei einer Distanzscheibenbreite von 2,0 mm sind die Texturen aller Betone vergleichbar. Ein deutlicher Einfluss des Betons zeigt sich bei einer Distanzscheibenbreite von 5,0 mm. Beim Waschbeton sind die Stege ungleichmässig gebrochen und sehr schmal. Beim Beton für Kunstrasentextur hingegen sind die Stege breiter und homogener. Beim Unterbeton ist die Oberfläche mit der des Waschbetons vergleichbar. Die homogenen Stege des Betons für Kunstrasentextur ist vermutlich auf dessen im Vergleich zu den anderen beiden Betonen um rd. 12 N/mm² höhere Druckfestigkeit zurückzuführen (siehe Tabelle 1). Infolge der höheren Druckfestigkeit brechen die Stege beim Schleifvorgang nicht. Die Fotos zeigen, dass bei der Verwendung gerundeter Gesteinskörnung (Unterbeton) die Texturen vergleichbar sind zu Betonen, die

mit gebrochener Gesteinskörnung hergestellt werden.

Die akustischen Untersuchungen haben gezeigt, dass bei sehr geringen Distanzscheibenbreiten die Geräuschemission am tiefsten ist. Infolge des nahezu vollflächigen Abtrags der Oberfläche wurde kein Einfluss der Betonzusammensetzung auf die Textureigenschaften festgestellt. Auch die Feinrauheiten der Oberflächen waren ausreichend hoch. Allerdings ist bisher nicht geklärt, ob die Texturtiefen für eine gute Griffigkeit der Oberfläche ausreichen. Bei zunehmenden Distanzscheibenbreiten beeinflusst die Betonzusammensetzung die Steggeometrie signifikant. Hier hatte die Festigkeit des Betons einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Textureigenschaften und damit verbunden auf die Geräuschemission. Der Beton, der mit gerundeter Gesteinskörnung hergestellt wurde, wies im Vergleich zu den Betonen, die mit gebrochener Gesteinskörnung hergestellt wurden, vergleichbare Textureigenschaften, Geräuschemission und Feinrauheit auf. In einem neuen Forschungsvorhaben sollen lärmindernde Grindingtexturen optimiert werden, wobei gleichzeitig eine hohe Griffigkeit der Oberfläche sicherzustellen ist. Es sollen Betonzusammensetzungen entwickelt werden, die hinsichtlich der Texturgeometrie besonders dauerhaft sind.

Zusätzliche geräuschkindernde Eigenschaften

Bleibt noch die Frage der Offenporigkeit und Nachgiebigkeit als zusätzliche akustisch relevante Eigenschaften einer Fahrbahndeckschicht neben der Textur. Der Gehalt an zugänglichen Hohlräumen von Deckschichten führt ab etwa 8 Vol.-% zu wirksamer Schallabsorption. Je höher der Hohlraumgehalt, desto besser ist das Schallschluckvermögen. Bei Hohlraumgehalten zwischen 8 % und 15 % spricht man heute von semiporösen, bei höheren Hohlraumgehalten von offenporigen Fahrbahnbelägen. Schallabsorption durch erhöhten Hohlraumgehalt stellt eine von der Textur unabhängige zusätzliche akustische Eigenschaft eines Fahrbahnbelags dar, die in jedem Fall zu einer zusätzlichen Pegelminderung führt. Der Gewinn gegenüber einer dichten gleichartig texturierten Oberfläche liegt zwischen 4 und 6 dB. Auch eine erhöhte Nachgiebigkeit der Fahrbahndeckschicht, die nachgewiesenermassen zu einer Verminderung der Reifen-Fahrbahn-Geräusche führt, stellt eine zusätzliche schalltechnisch wirksame Eigenschaft dar. Ihr Geräuschkinderungspotential liegt bei zusätzlichen 3 bis 4 dB. Die Nachgiebigkeit des Fahrbahnbelages muss aber dann mindestens der des Reifens entsprechen. Ob semiporöse, offenporige und elastische Konzepte, beispielsweise durch entsprechende dünne Beschichtungen, für Fahrbahndecken aus Beton in naher Zukunft in Frage kommen, zeichnet sich derzeit noch nicht ab.

Fazit

Dauerhaftigkeit, Wirtschaftlichkeit und gleichmässige Reproduzierbarkeit der akustischen Performance stellen die Herausforderungen der kommenden Jahre für die geräuschkindernden Bauweisen dar. Angepasste Prüfverfahren und physikalische Berechnungsmodelle können dabei helfen, die Qualität zielgerichtet zu überprüfen und im Sinne der Wirtschaftlichkeit sicher zu stellen. Mit Einbausystemen aus Beton, die vorgegebene Texturen mit hoher Genauigkeit reproduzieren, könnte eine Lücke bei der Sicherstellung einer vorhersehbaren, wirksamen und dauerhaften akustischen Performance von Fahrbahnen in die Realität umgesetzt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Beckenbauer, T.: «Design and construction of low-noise road surfaces – state of the art, challenges and constraints», Proc. International Council of Academies of Engineering and Technological Science (CAETS) Workshop on Transportation Noise Sources in Europe, Day 2 – Road Transportation Vehicles, Institute of Sound and Vibration Research, Southampton, 2008
- [2] www.speron.net
- [3] Beckenbauer, T., Klein, P., Hamet, J.-F., Kropp, W.: «Tyre/road noise prediction: A comparison between the SPERoN and HyRoNE models – Part 1», Proc. Acoustics'08 conference, Paris, 2008
- [4] Gehlen, C., Altreuther, B., Beckenbauer, T., Frohböse, B., Schmidt, J., Skarabis, J., Villaret, S.: Bewertung und Optimierung der Grobtextur von Waschbetonfahrbahndecken. BAST Forschungsprojekt FE 08.0201/2009/OGB, Bundesanstalt für Strassenwesen, Bergisch Gladbach, 2012
- [5] Villaret, S.; Altreuther, B.; Beckenbauer, Th.; Frohböse, B.; Skarabis, J.: Akustische Optimierung von Betonfahrbahnoberflächen durch Texturierung des Festbetons mit verbesserten Grinding-Verfahren. BAST Forschungsprojekt FE 08.0211/2011/OGB, Bergisch Gladbach, 2015

Abbildungen zum Text

Abbildung 1:

Bauweisenunabhängige Merkmale und Parameter zur Beschreibung der akustischen Eigenschaften von Fahrbelägen.

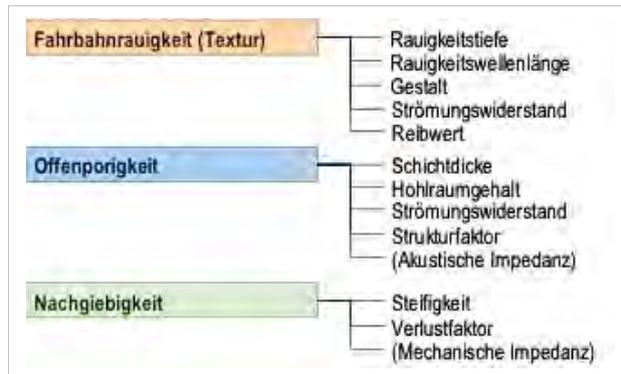


Abbildung 2:

Beschreibung der Textur von Fahrbelagoberflächen. Akustisch relevante Parameter am Beispiel der Rauigkeitsprofile zweier grundsätzlich verschiedener Typen von Deckschichten.

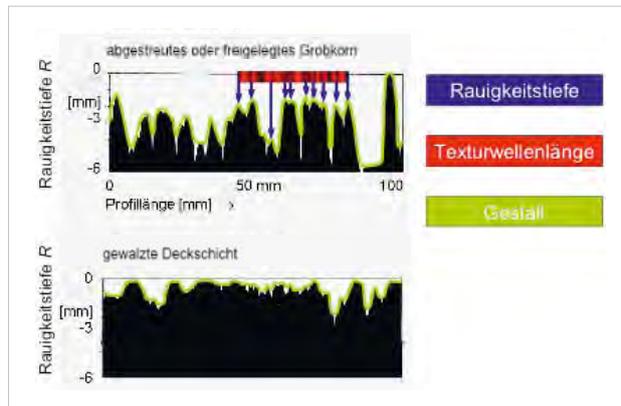


Abbildung 3:

Schema des Rechenmodells SPERoN.

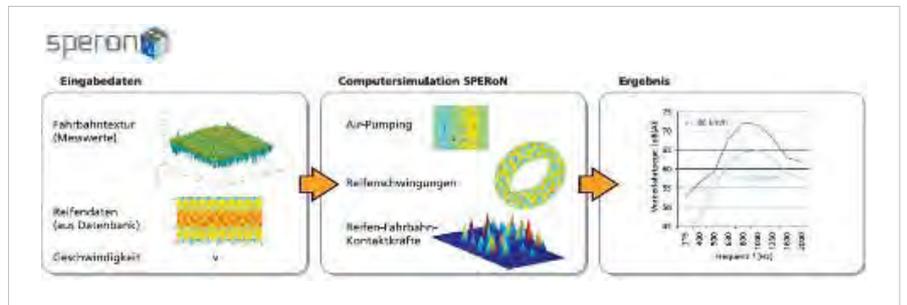


Abbildung 4:

Texturanalyse einer Waschbetonoberfläche mit 8 mm Grösstkorn und 0,85 mm Ausbüsttiefe. Links: Rauigkeitstiefe in Abhängigkeit von der Position in Längs- und Querrichtung als Ergebnis einer 3D-Lasertexturmessung; rechts: aus dem 3D-Ergebnis extrahierte Texturprofile für die Berechnungen mit SPERoN.

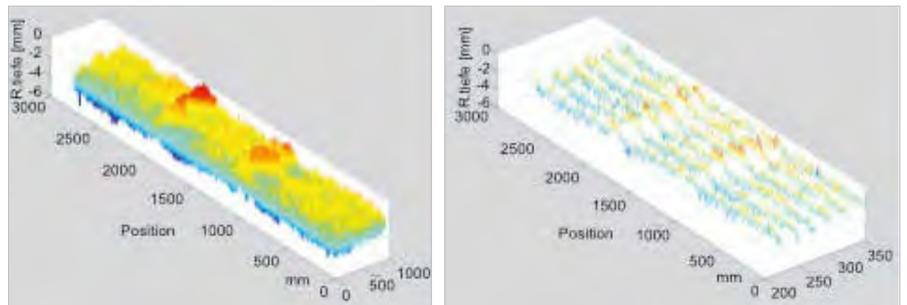


Abbildung 5:

Typische Texturprofile für Waschbeton mit 8 mm Grösstkorn und einer geschätzten Ausbürsttiefe von 0,4 mm (oben) bzw. 0,85 mm (Mitte). Unten: Texturprofil eines Splittmastixasphalt 0/8.

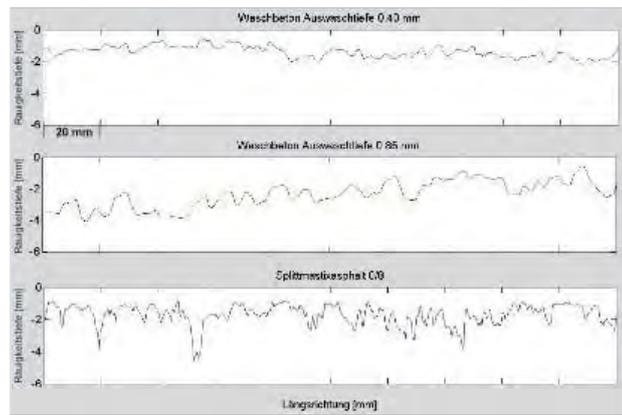


Abbildung 6:

Modelltextur mit einheitlicher Höhe der Profilspitzen (links) und variabler Höhe (rechts). Grösstkornmesser jeweils 8 mm.

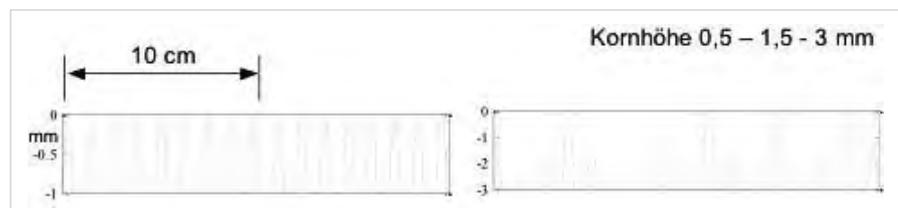


Abbildung 7:

Fotos der Bohrkerns der unterschiedlich tief ausgebürsteten Waschbetone (Beton aus CEM I 42,5 N mit schwarzen Farbpigmenten). ETD = Estimated Texture Depth nach ISO 13473-1.

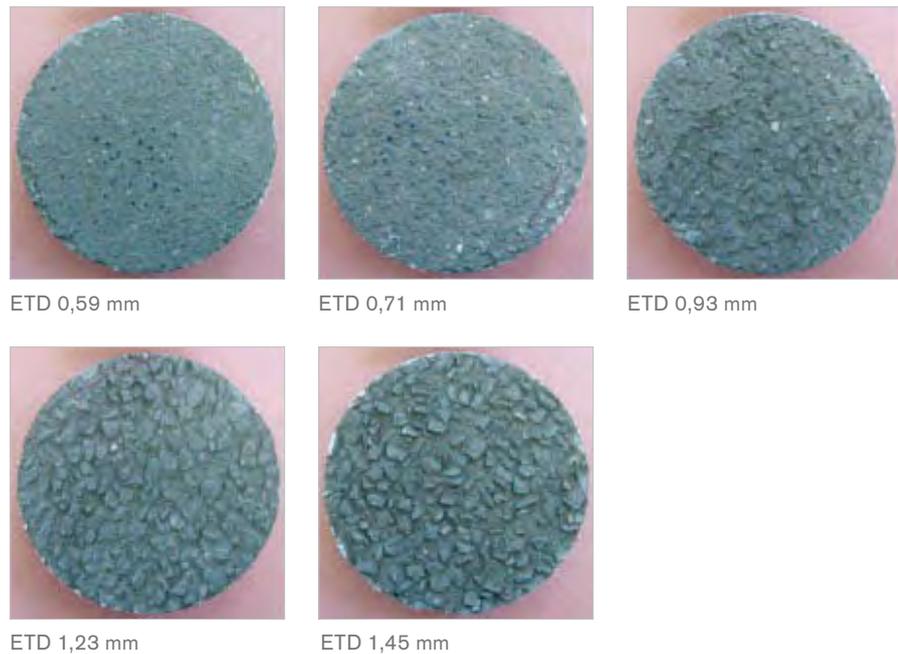


Abbildung 8:

Grinding. Links: Anordnung von Sägeblättern und Distanzscheiben; Mitte: Sägeblätter auf der Grindingwelle; rechts: Grindingergebnis auf einer Betonfahrbahn.



Abbildung 9:
 Laborgrindingmaschine des cbm an
 der TU München.



Tabelle 1:
 Zusammensetzung und Druckfestig-
 keit der Betone.

	Waschbeton	Beton für Kunstrasentextur	Unterbeton
Zementgehalt [kg/m³]	430	340	340
Zementart	CEM I 42,5 N		
Wassergehalt [kg/m³]	180	153	153
w/z	0,42	0,45	
Gesteinskörnung 0/2 [kg/m³]	423	500	500
Gesteinskörnung 2/8, gebrochen [kg/m³]	1277	-	-
Gesteinskörnung 2/16, gebrochen [kg/m³]	-	1455	-
Gesteinskörnung 2/16, gerundet [kg/m³]	-	-	1455
LP-Gehalt [Vol.-%]	6,5	4,5	4,5
Druckfestigkeit 28d [N/mm²]	47,4	58,2	45,0

Abbildung 10:
 Bohrkern aus den Betonprobe-
 körpern, oben: Distanzscheibenbreite
 d: 2,0 mm, unten: Distanzscheiben-
 breite d: 5,0 mm.



Kompositbauweise – maximale Nutzungsdauer und minimaler Unterhalt

DI Stefan Höller

Bundesanstalt für Strassenwesen (Bast), Gladbach



Lebenslauf

Dipl.-Ing. Stefan Höller

Ausbildung, Wichtige Stationen

- 1991 – 1993** Vermessungstechniker im Katasteramt Euskirchen (NRW)
- 1995 – 1999** Bauingenieurstudium, Vertiefung Konstruktiver Ingenieurbau an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Sozialwesen in Zittau / Görlitz
- 1998** halbjähriges Praktikum bei der Firma Heilit + Woerner in Warschau / Polen
- 1999 – 2001** Bauleiter im Brückenbau bei der Firma Berger Bau in Berlin (Brückenneubau- und Sanierungsprojekte auf der A11 (Berlin – Stettin) und auf der A20 (Stettin – Lübeck))
- 2003 – 2009** Bauingenieurstudium, Vertiefung Stadtbauwesen und Verkehr an der Technischen Universität Dresden



Derzeitige Tätigkeit

Bundesanstalt für Straßenwesen in Bergisch Gladbach

2001 – 2012 im Referat «Betonbauweisen, lärmindernde Texturen»;

Tätigkeitsschwerpunkte:

- Bauweise mit Vliesstoff unter Betondecken
- Durchgehend bewehrte Betonfahrbahndecke
- Kompositbauweise
- Waschbeton
- Recycling von Beton
- Mitarbeit im Verbundprojekt «Leiser Straßenverkehr 1 und 2» sowie
- externe Forschungsbetreuung – verschiedene Projekte zu speziellen Fragestellungen

Seit 2012 im Referat «Intelligenter Straßenbau, Regenerative Energie, Klimawandel»; Tätigkeitsschwerpunkte:

- Kompositbauweise
- Alternative Bindemittel
- Demonstrations-, Untersuchungs- und Referenzareal im Autobahnkreuz Köln Ost (duraBAST)
- Bauweise mit Vliesstoff unter Betondecken

Gremientätigkeiten

- FGSV-AK 4.5.5 «RStO-Neufassung» – Bearbeitergruppe Beton (Mitglied)
- FGSV-AK 8.1.2 «TP-Beton» (Mitglied)
- FGSV-AK 8.3.2 «Geotextilien unter Betonfahrbahndecken» (Leiter)
- FGSV-AA 8.3 «Konstruktion von Betonfahrbahndecken» (Mitglied)
- FGSV-AA 8.5 «Erhaltung» (Mitglied)
- FGSV-AK 8.5.1 «Merksblatt Bauliche Erhaltung von Betonstraßen MBEB» (Mitglied)
- FGSV-AK 8.3.4 «Durchgehend Bewehrte Betonfahrbahndecke» (Leiter)
- ELLPAG
- PIARC-Working Group D2c (2008 – 2011)
- FEHRL FOREVER Open Road Executive Board, Element Leader «Adaptable Road»

Kompositbauweise – maximale Nutzungsdauer und minimaler Unterhalt

Stefan Höller

In der Vergangenheit stiegen die Verkehrsbelastung und der Anteil des Schwerverkehrs auf deutschen Straßen und Autobahnen nahezu stetig. Dies wird sich auch in der Zukunft fortsetzen. Um auch zukünftig Mobilität gewährleisten zu können, sind Bauweisen mit maximaler Nutzungsdauer und minimalen Erhaltungsaufwendungen erforderlich. In Deutschland werden Betonfahrbahndecken als unbewehrte, direkt befahrene Betonfahrbahnplatten mit Querfugen in regelmäßigen Abständen gefertigt und für Nutzungsdauern von 30 Jahren konzipiert. Die Querfugen stellen dabei den schwächsten Bereich in der Konstruktion dar. Betonfahrbahndecken können auch in einer anderen Bauweise gefertigt werden: als Durchgehend Bewehrte Betonfahrbahndecke. Dies wird zum Beispiel in Belgien und den USA standardisiert ausgeführt. Dabei stellt sich ein freies Rissbild mit schmalen Plattenstreifen ein. Um eine Querkraftübertragung zu sichern, wird die Rissöffnungsweite durch die Anordnung einer durchgehenden Längsbewehrung beschränkt. Die Erfahrungen zeigen, dass mit dieser Bauweise eine längere Nutzungsdauer und ein höherer Fahrkomfort erreicht werden und weniger Erhaltungsmaßnahmen erforderlich sind. Sowohl unbewehrte Betonplatten als auch Durchgehend Bewehrte Betondecken können mit Asphaltdeckschichten überbaut werden. Dadurch werden die Oberflächeneigenschaften Griffigkeit und Lärm vom Asphalt übernommen und die Tragfähigkeit von dem darunter liegenden Beton.

Durchgehend Bewehrte Betondecken eignen sich besonders gut für eine Asphaltüberbauung, da es keine Querfugen als Störstellen gibt. Diese Komposition hat das Potenzial für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren und erfordert geringere Kosten, wenn man den gesamten Lebenszyklus betrachtet. In Deutschland wurden von 1992 bis heute auf einer Reihe von Versuchs- und Erprobungsstrecken vielfältige Erfahrungen zur Kompositbauweise gesammelt. Die letzte Strecke realisierte man 2011 auf der A94 bei Forstinning, östlich von München. Um den Ansatz der Kompositbauweise weiter zu verfolgen, initiierte das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im Jahr 2011 das Forschungsprojekt «Optimierung der Kompositbauweise». Im Rahmen dieses Projektes hat die Technische Universität München als Forschungsnehmerin die Erfahrungen der ausgeführten Strecken ausgewertet und im Rahmen von kleinformatischen Labor-

untersuchungen und Modellrechnungen die Bauweise weiter optimiert. Mit diesen weiterführenden Optimierungsansätzen wurde eine Erprobungsstrecke konzipiert. Diese wird in den Jahren 2015/2016 auf der Autobahn A5 bei Karlsruhe baupraktisch realisiert.

Auch die Forschungsgesellschaft Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) hat das Potenzial der Kompositbauweise erkannt und nach Möglichkeiten gesucht, diese in das deutsche Straßenbauregelwerk zu bringen. Dazu wurde 2010 der Arbeitskreis 8.3.4 «Durchgehend Bewehrte Betonfahrbahndecke / Kompositbauweise» gegründet und der Auftrag erteilt, ein Merkblatt zur Bauweise zu erstellen.

BETONSUISSE

Durchgehend Bewehrte Betondecke auf der B56 bei Düren (1997/98)

- verlegte Bewehrung -

Längsbewehrung

- Bewehrungsgehalt: 0,61%
- Gerippte Stabstähle
- Durchmesser = 16 mm
- Abstand: 15 cm
- Verlegung mittig in der Betondecke

Querbewehrung

- Gerippte Stabstähle
- Durchmesser = 12 mm
- Im Winkel von 60° zur Längsbewehrung
- Abstand: 70 cm
- Auf Unterstützungskörben



Dipl.-Ing. Stefan Höller, BASt | Seite 13
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

Klassifizierung der Rissabstände

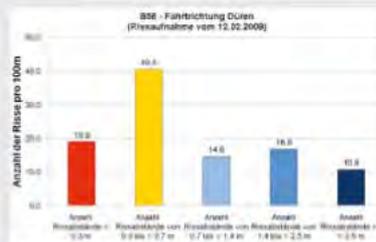
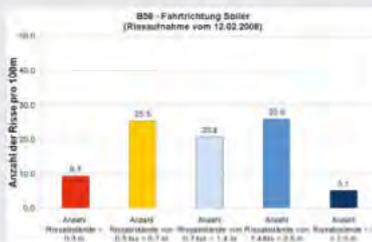
- Rissabstand < 0,3 m
- 0,3 m ≤ Rissabstand < 0,7 m
- 0,7 m ≤ Rissabstand < 1,4 m
- 1,4 m ≤ Rissabstand < 2,5 m
- Rissabstand ≥ 2,5 m

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BASt | Seite 14
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

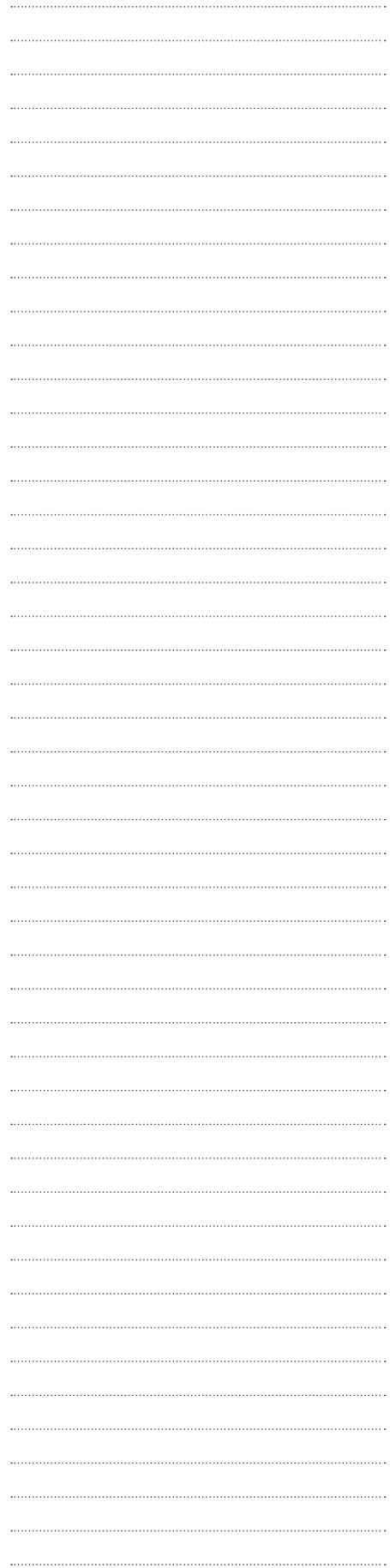
BETONSUISSE

Durchgehend Bewehrte Betondecke auf der B56 bei Düren (1997/98)

- Rissabstände -
(aufgenommen am 11.02.2008)



Dipl.-Ing. Stefan Höller, BASt | Seite 15
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015



BETONSUISSE

**Durchgehend Bewehrte Betondecke mit SMA LA –
Deckschicht auf der B56 bei Düren (1997/98 - 2008)**

- Konstruktionsaufbau -

SMA LA
+Binder

Durchgehend Bewehrte
Betondecke (B55 / B45)

Asphalttragschicht

Frostschuttschicht

3+5cm

22cm

15cm

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BASI | Seite 16
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

**Durchgehend Bewehrte Betondecke mit SMA LA –
Deckschicht auf der B56 bei Düren (1997/98 - 2008)**

- Einbau der SMA LA-Deckschicht -

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BASI | Seite 17
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

**Durchgehend Bewehrte Betondecke mit SMA LA –
Deckschicht auf der B56 bei Düren (1997/98 - 2008)**

- Ergebnisse der Lärmmessungen -

Ergebnisse der Messungen des statistischen Vorbeifahrtpegels (SP8)

Bezeichnung der Erprobungsabschnitte und Jahr der Herstellung	dB(A)-Pegel bei 80 km/h	Differenz zum Referenzwert (78,8 dB(A))
SMA 0/8 2002	77,1	-1,7 dB(A)
GA 0/8/LA 2002	76,7	-2,1 dB(A)
GA 0/5/LA 2002	76,2	-2,6 dB(A)
SMA 0/8/LA 2007	74,8	-4,0 dB(A)

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BASI | Seite 18
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

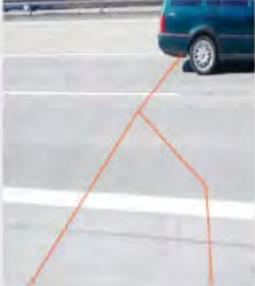
Durchgehend Bewehrte Betondecke auf der A5 bei Darmstadt (2004 / 2010)

Risse in Durchgehend Bewehrten Betonfahrbahndecken

günstig:
Reine Querrisse



weniger günstig:
Verzweigte Risse



kritisch:
Netzrisse



Dipl.-Ing. Stefan Höller, BASI | Seite 22
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

Neuer FGSV - Arbeitskreis 8.3.4 „Durchgehend Bewehrte Betonfahrbahndecke“

**Mitwirkende:
(Vertreter von:)**

- Bauausführende Firmen
- Betonindustrie
- Bundesanstalt für Straßenwesen
- Hochschulen
- Ingenieurbüros
- Straßenbauverwaltungen
- Zementindustrie

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BASI | Seite 23
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

Durchgehend Bewehrte Betondecke mit DSH –V5 Deckschicht auf der A94 bei Forstinning (2011)

Abschnitt 3

Gerüstoberfläche	
Überschicht Betonfahrbahndecke	26 cm
Asphalttragsschicht	10 cm
Fröstschutzschicht	

Abschnitt 1

BSHV	1,5 cm
Durchgehend Bewehrte Betonfahrbahndecke	24,5 cm
Asphalttragsschicht	10 cm
Fröstschutzschicht	

Abschnitt 2

BSHV	1,5 cm
Überschicht Betonfahrbahndecke	26 cm
Asphalttragsschicht	9,5 cm
Fröstschutzschicht	

nach München

Abschnitt 3 Rillenabstand 3,2 mm				
--	--	--	--	--

~ 2km ~ 4km

Abschnitt 3 Rillenabstand 2,8 mm				
--	--	--	--	--

nach Passau

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BASI | Seite 24
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

**Durchgehend Bewehrte Betondecke mit DSH –V5
Deckschicht auf der A94 bei Forstinning (2011)**

**Vorbereitung und
Überbauung DSH - V 5**

2011/7/

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BAST | Seite 28
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

**Durchgehend Bewehrte Betondecke mit DSH –V5
Deckschicht auf der A94 bei Forstinning (2011)**

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BAST | Seite 29
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

**Durchgehend Bewehrte Betondecke mit DSH –V5
Deckschicht auf der A94 bei Forstinning (2011)**

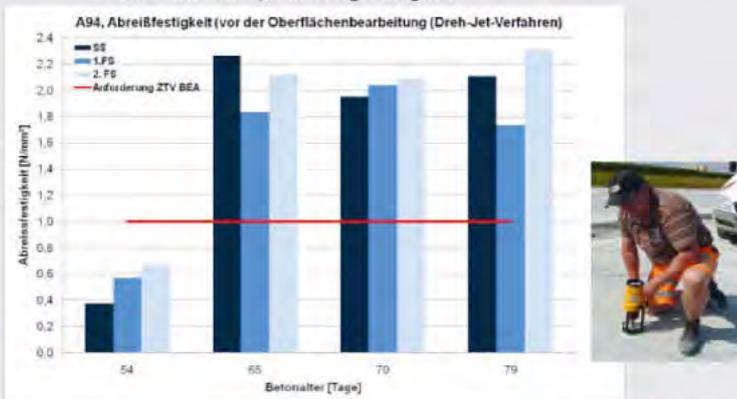
- Restfeuchte in der Betondecke -

Versuchsstrecke A94, Feuchtemessung 05.07.2011, Betriebs-km 13+130

CM-Verfahren
FR München < 3 Gew.-%
FR Pocking < 3 Gew.-%

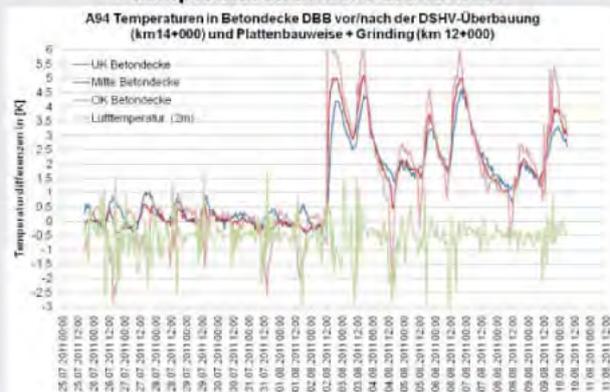
Dipl.-Ing. Stefan Höller, BAST | Seite 30
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

**Durchgehend Bewehrte Betondecke mit DSH –V5
Deckschicht auf der A94 bei Forstinning (2011)
- Oberflächen- / Haftzugfestigkeit -**



Dipl.-Ing. Stefan Höller, BASt | Seite 31
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

**Durchgehend Bewehrte Betondecke mit DSH –V5
Deckschicht auf der A94 bei Forstinning (2011)
- Temperaturen in der Betondecke -**

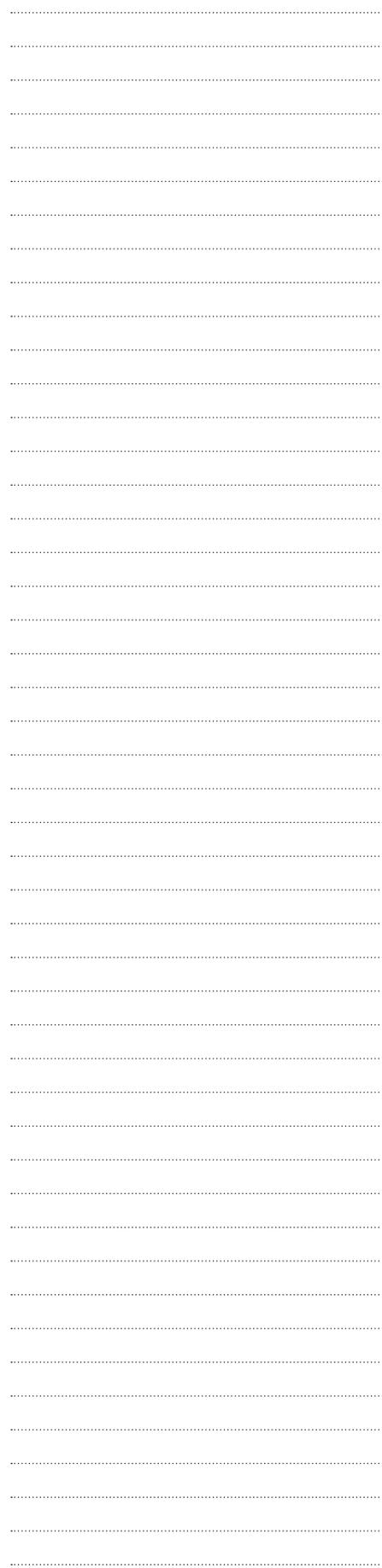


Dipl.-Ing. Stefan Höller, BASt | Seite 32
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Inhalt

1. Funktionsweise der Kompositbauweise
2. Bisherige Baupraktische Erfahrungen
3. **Das FE-Projekt
„Optimierung der Kompositbauweise“**
4. Neue Entwicklungen

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BASt | Seite 33
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015





Technische Universität München

Lehrstuhl und Prüfam
für Verkehrswegebau



Projekt: FE 09.0172/2011/HRB

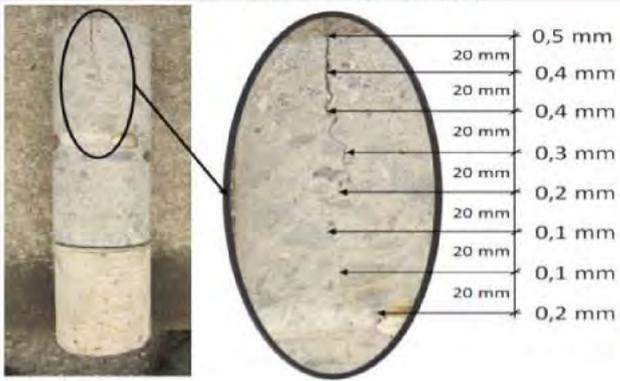
Optimierung der Kompositbauweise

(Durchgehend Bewehrte Betondecke
mit dünner flexibler Deckschicht)

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BAST | Seite 34
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

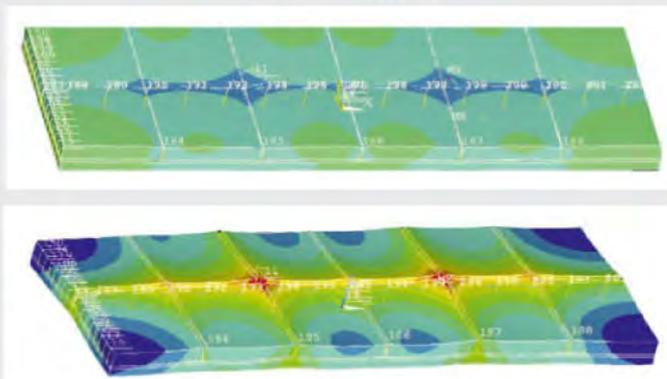
Beziehung Beton zu Stahl (Labor – und Felduntersuchungen)



Dipl.-Ing. Stefan Höller, BAST | Seite 35
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

Beziehung Beton zu Stahl (Modellrechnungen)

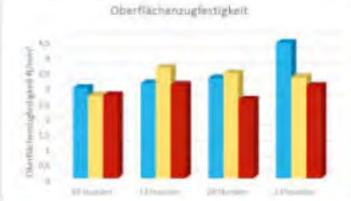


Dipl.-Ing. Stefan Höller, BAST | Seite 36
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

Beziehung Asphalt zu Beton (Labor – und Felduntersuchungen)

Verfahren Asphaltbauschichten	Haltermaterial	Betonoberfläche	
		Wasserstrahl	
SMA	Stummelstein	X	
DSHV	Versiegelung	X	
SMA Beton	Versiegelung	X	
Öffensponger Asphalt	Stummelstein	X	
FA	Sand	X	
Forster Maste Asphalt	ohne	X	
SMA			X
Öffensponger Beton			X


Dipl.-Ing. Stefan Höller, BAST | Seite 37
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

Inhalt

1. Funktionsweise der Kompositbauweise
2. Bisherige Baupraktische Erfahrungen
3. Das FE-Projekt „Optimierung der Kompositbauweise“
4. **Neue Entwicklungen**

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BAST | Seite 38
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

Neue Erprobungsstrecke auf der A5 bei Karlsruhe (2015)

BAB A5 Karlsruhe - Bruchsal
Betriebskm 608+900 bis 610+000
Fahrtrichtung Nord

Erprobungsstrecke Kompositbauweise // Grinding
(Aufführung der Erprobungsstrecke gemäß Besprechung 03.06.2014 in Karlsruhe)

von Norden - Bruchsal	nach Norden - Bruchsal	
[Diagram showing lane layout from North to Bruchsal]	I - Waschbeton	608+900
	Brücke / Asphaltbauweise	607+100
	I - Waschbeton	607+150
	Brücke / Asphaltbauweise	607+200
	II - Komposit SMA / A2S	607+570
	III - Komposit SMA / Vliesstoff	608+270
[Diagram showing lane layout from South to Karlsruhe]	Brücke / Asphaltbauweise	608+880
	IV - Komposit DSHV 5 / Vliesstoff	609+030
	V - Grinding (Textur 1)	609+400
	VI - Grinding (Textur 2)	609+400
		609+000
		610+000

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BAST | Seite 40
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

Neue Erprobungsstrecke auf der A5 bei Karlsruhe (2015)

Durchgehend Bewehrte Betondecke C 30/37 Waschbetondecke		24,0 cm	Deckenschicht SMA 9 8		3,6 cm
Vliesstoff		0,3 cm	Durchgehend Bewehrte Betondecke C 30/37		24,0 cm
Verfestigung		25,0 cm	Asphaltzweischicht unter Beton		6,0 cm
			Verfestigung		29,0 cm
Deckenschicht SMA 9 8		9,8 cm	Durchgehend Bewehrte Betondecke C 30/37		1,5 cm
Durchgehend Bewehrte Betondecke C 30/37		24,0 cm	Vliesstoff		0,5 cm
Vliesstoff		0,5 cm	Verfestigung		25,0 cm
Verfestigung		25,0 cm			
Gründung Textur 1					
Betondecke unbewehrt Plattenbauweise		27,0 cm			
Vliesstoff		0,5 cm			
Verfestigung		28,0 cm			

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BAST | Seite 41
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

Neue Erprobungsstrecke auf der A5 bei Karlsruhe (2015)

(a)

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BAST | Seite 42
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

BETONSUISSE

**Arbeitsauftrag der FGSV:
Erstellung eines Wissensdokuments zur Bauweise**

Durchgehend Bewehrte Betonfahrbahndecke (DBB)

(Wissensdokument W1)

- Entwurf -

aufgestellt:

vom FGSV-Arbeitskreis 8.3.4

„Durchgehend Bewehrte Betonfahrbahndecke“

Beginn der Bearbeitung: 09.2011

- Motivation und Darstellung der Bauweise
- Anforderungen an zu verwendende Baustoffe (Beton, Bewehrungsstahl, ...)
- Mögliche Tragschichten
- Endbereiche
- Bauausführung
- Mögliche Überbauungen
- Qualitätssicherung

Dipl.-Ing. Stefan Höller, BAST | Seite 43
Schweizer Fachtagung Betonstrassen | 05.05.2015

Kompositbauweise – maximale Nutzungsdauer und minimaler Unterhalt

Stefan Höller

In der Vergangenheit stiegen die Verkehrsbelastung und der Anteil des Schwerverkehrs auf deutschen Straßen und Autobahnen nahezu stetig. Dies wird sich auch in der Zukunft fortsetzen. Um auch zukünftig Mobilität gewährleisten zu können, sind Bauweisen mit maximaler Nutzungsdauer und minimalen Erhaltungsaufwendungen erforderlich. In Deutschland werden Betonfahrbahndecken als unbewehrte, direkt befahrene Betonfahrbahnplatten mit Quertugen in regelmäßigen Abständen gefertigt und für Nutzungsdauern von 30 Jahren konzipiert. Die Quertugen stellen dabei den schwächsten Bereich in der Konstruktion dar. Betonfahrbahndecken können auch in einer anderen Bauweise gefertigt werden: als Durchgehend Bewehrte Betonfahrbahndecke. Dies wird zum Beispiel in Belgien und den USA standardisiert ausgeführt. Dabei stellt sich ein freies Rissbild mit schmalen Plattenstreifen ein. Um eine Querkraftübertragung zu sichern, wird die Rissöffnungsweite durch die Anordnung einer durchgehenden Längsbewehrung beschränkt. Die Erfahrungen zeigen, dass mit dieser Bauweise eine längere Nutzungsdauer und ein höherer Fahrkomfort erreicht werden und weniger Erhaltungsmaßnahmen erforderlich sind. Sowohl unbewehrte Betonplatten als auch Durchgehend Bewehrte Betondecken können mit Asphaltdeckschichten überbaut werden. Dadurch werden die Oberflächeneigenschaften Griffbarkeit und Lärm vom Asphalt übernommen und die Tragfähigkeit von dem darunter liegenden Beton.

Durchgehend Bewehrte Betondecken eignen sich besonders gut für eine Asphaltüberbauung, da es keine Quertugen als Störstellen gibt. Diese Komposition hat das Potenzial für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren und erfordert geringere Kosten, wenn man den gesamten Lebenszyklus betrachtet. In Deutschland wurden von 1992 bis heute auf einer Reihe von Versuchs- und Erprobungsstrecken vielfältige Erfahrungen zur Kompositbauweise gesammelt. Die letzte Strecke realisierte man 2011 auf der A94 bei Forstinning, östlich von München. Um den Ansatz der Kompositbauweise weiter zu verfolgen, initiierte das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im Jahr 2011 das Forschungsprojekt «Optimierung der Kompositbauweise». Im Rahmen dieses Projektes hat die Technische Universität München als Forschungsnehmerin die Erfahrungen der ausgeführten Strecken ausgewertet und im Rahmen von klein-

formatigen Laboruntersuchungen und Modellrechnungen die Bauweise weiter optimiert. Mit diesen weiterführenden Optimierungsansätzen wurde eine Erprobungsstrecke konzipiert. Diese wird in den Jahren 2015 und 2016 auf der Autobahn A5 bei Karlsruhe baupraktisch realisiert.

Auch die Forschungsgesellschaft Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) hat das Potenzial der Kompositbauweise erkannt und nach Möglichkeiten gesucht, diese in das deutsche Straßenbauregelwerk zu bringen. Dazu wurde 2011 der Arbeitskreis 8.3.4 «Durchgehend Bewehrte Betonfahrbahndecke/Kompositbauweise» gegründet und der Auftrag erteilt, ein Merkblatt zur Bauweise zu erstellen.

1 Motivation

Seit den 1950er Jahren steigen die Verkehrsbelastungen und der Anteil des Schwerlastverkehrs mit hohen Achslasten nahezu kontinuierlich. Diese Entwicklung wird sich auch in der Zukunft so fortsetzen. Weiterhin ist mittelfristig die Verknappung fossiler Rohstoffe zu erwarten. Individual- und Güterverkehr auf Straßen und Autobahnen sind für das Leben und die Wirtschaft in Deutschland und Europa von elementarer Bedeutung. Es ist zu befürchten, dass die bisherigen Standardbauweisen in Asphalt und Beton vor allem auf höchstbelasteten Autobahnen im Bezug auf Dauerhaftigkeit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit an Grenzen stoßen. Um zukünftig die erforderliche Mobilität auf höchstbelasteten Autobahnen gewährleisten zu können, sind innovative Lösungen gefragt.

Bisher werden die Asphalt- und Betonbauweisen im deutschen Straßenbauregelwerk getrennt voneinander behandelt. Die bisherigen Anwendungen haben gezeigt, dass Beton durch seine hohe Steifigkeit in der Lage ist, die Beanspruchungen aus Verkehr und Witterungseinflüssen sehr langfristig, ohne bleibende Verformungen abzutragen.

Wird der Beton nicht als unbewehrte Platten, wie in Deutschland standardisiert, ausgeführt, sondern fugenlos mit durchgehender Bewehrung, so kann die Nutzungsdauer zusätzlich verlängert werden.

Asphalt zeichnet sich besonders dadurch aus, dass er die Anforderungen an Griffbarkeit und Lärmminimierung einer Deckschicht erfüllt und schnell und kostengünstig ersetzt werden kann. Kombiniert man die positiven Eigenschaften beider Bauweisen, so entsteht

die Kompositbauweise. Diese besteht aus einer starren Konstruktionsschicht aus Beton und einer flexiblen Deckschicht aus Asphalt. In der Zeit von 1992 bis 2011 wurde diese Bauweise zunächst im Rahmen von Erhaltungsmaßnahmen und später auf Versuchsstrecken ausgeführt, siehe Neußner [1]. Von der Bundesanstalt für Straßenwesen wurden die Maßnahmen wissenschaftlich begleitet. Darüber hinaus betrachtete man entsprechende Erfahrungen aus dem europäischen und nordamerikanischen Ausland. Die bisherigen Anwendungen haben ein positives Verhalten gezeigt. Es sind längere Nutzungsdauern, geringere Verkehrseinschränkungen für Erhaltungsmaßnahmen und die Schonung fossiler Ressourcen zu erwarten. Zusammenfassend wird in der Bauweise eine Innovation gesehen, mit der unter den sich zukünftig verschlechternden Randbedingungen Mobilität auf höchstbelasteten Autobahnen dauerhaft und wirtschaftlich gewährleistet werden kann.

2 Funktionsweise der Kompositbauweise

Die Kompositbauweise besteht aus einer starren Konstruktionsschicht aus Beton und einer flexiblen Deckschicht aus Asphalt. Die Konstruktionsschicht aus Beton erreicht im Schutz der Asphaltdeckschicht dauerhaft eine Lastabtragung ohne erforderliche Erhaltungsmaßnahmen. Angestrebt wird eine Nutzungsdauer von 50 Jahren.

Dazu können sowohl unbewehrte Platten von 5 m Länge eingesetzt werden, als auch die Durchgehend Bewehrten Betonfahrbahndecken mit freiem Rissbild. Die unvermeidlichen durch temperatur- und feuchtigkeitsabhängige Längenänderungen hervorgerufenen Risse entstehen bei der Plattenbauweise in Querscheinfugen im Abstand von 5 m. Die Öffnungsweiten können im ungünstigsten Fall bis zu 4 mm betragen, wie in Abbildung 2.1* rechts skizziert ist. In der Durchgehend Bewehrten Betondecke treten freie Querrisse im Abstand von etwa 0,7 m bis 2,5 m auf. Diese werden von einer mittig verlegten Längsbewehrung auf Öffnungsweiten von maximal 0,5 mm begrenzt.

Als flexible Deckschicht können grundsätzlich alle Asphaltdeckschichtarten eingesetzt werden, die die gestellten Anforderungen an Griffigkeit und Lärminderung erfüllen. Diese sind in Abständen von 10 bis 20 Jahren zu erneuern. Asphaltdeckschichten können z.B. Splitt-Mastix-Asphalt, Offenporiger Asphalt oder Dünnschichtbelag heiß auf Versiegelung sein, aber auch die Verwendung von Gussasphalt wäre denkbar.

Besonders zu beachten bei der Kompositbauweise sind drei Punkte:

- Ein dauerhaft vollflächiger Verbund zwischen Beton und Asphaltdeckschicht,
- die Verhinderung von Reflektionsrissen aus dem

Beton in die Asphaltdeckschicht und

- die Verhinderung von Blasenbildung in der Asphaltdeckschicht.

Um einen dauerhaften Verbund auf dem Beton zu erreichen, muss dieser eine ausreichende Festigkeit haben und lose Bestandteile an der Oberfläche sind zu entfernen. Auf dem Beton wird unmittelbar vor der Herstellung der Asphaltdeckschicht eine Bitumenemulsion aufgetragen.

Asphaltdeckschichten sind in der Lage die oben genannten Rissöffnungsweiten von maximal 0,5 mm bei der Durchgehend Bewehrten Betondecke zu überbrücken. Im Falle der Plattenbauweise mit Öffnungsweiten von maximal 4 mm würden Reflektionsrisse aus dem Beton im Asphalt entstehen und es bestünde die Gefahr, dass Wasser in die Konstruktion eindringt. Um dies zu vermeiden, ist in diesem Fall das Fugenraster auf die Asphaltdeckschicht zu übertragen und zu verschließen.

Betondecken sind prinzipiell undurchlässig. Beim Heißeinbau der Asphaltdeckschicht kann daher vorhandene verdunstende Feuchtigkeit nicht nach unten entweichen und es kommt bei dichten Deckschichten zur Blasenbildung. Um diese zu verhindern, ist die Restfeuchte im Beton zum Zeitpunkt der Asphaltüberbauung zu begrenzen und die Anforderung an den Hohlraumgehalt im Asphalt einzuhalten.

3 Bisherige Erfahrungen

Bisher wurden in Deutschland folgende Entwicklungsschritte hin zu einer langlebigen Kompositbauweise vollzogen: In einem ersten Schritt wurde 1992/93 auf einer Autobahn eine neue Betondecke mit SMA überbaut. Die Ausführung erfolgte auf der Standardbauweise mit unbewehrten Betonplatten. Zur Überbrückung der möglichen Fugenbewegungen von bis zu 4 mm wurden zwei Varianten diskutiert. Die erste Variante besteht aus einer Gleitschicht zwischen Asphaltdecke und Beton, die die horizontalen Bewegungen in den Fugen ausgleicht. In der zweiten Variante sind Asphalt und Beton durch einen Haftkleber zu verbinden und das Fugenraster der Betondecke ist auf die Asphaltdeckschicht zu übertragen und bituminös zu verschließen. Die Bewegungen finden hier überwiegend in den Fugen statt.

Als nächsten Schritt wurden 1997 auf der Bundesstraße B 56 bei Düren erste Erfahrungen mit der Durchgehend Bewehrten Betondecke gesammelt. Hier erfolgte bewusst noch keine unmittelbare Überbauung, da die zeitliche Entwicklung des freien Rissbildes beobachtet werden sollte. Weiterhin erhoffte man sich von einer fugenlosen Betondecke mit einer Waschbetonoberfläche lärmtechnische Verbesserungen.

Im dritten Schritt wurde erstmals gezeigt, dass die

*Hinweis: Abbildungen zum Referat ab Seite 127.

Ausführung der Durchgehend Bewehrten Betondecke auf einer hochbelasteten Autobahn in Deutschland möglich ist. Dies erfolgte im Jahr 2004 auf der Bundesautobahn A5 bei Darmstadt. Weiterhin wurde durch Variantenvergleich untersucht, welche Tragschicht sich am besten für diese Bauweise eignet. Dazu wurden 5 Versuchsabschnitte ausgeführt.

Im Jahr 2007 wurde die 1997 auf der B56 gefertigte Durchgehend Bewehrte Betonfahrbahndecke mit lärmarmen Splitt-Mastix-Asphalt (SMA LA) überbaut.

Im Jahr 2010 wurde die auf der A5 bei Darmstadt gefertigte Durchgehend Bewehrte Betonfahrbahndecke mit Splitt-Mastix-Asphalt überbaut.

4 Versuchsstrecke A94 bei Forstinning

Im Jahr 2011 wurde der bisher letzte Schritt für die Kompositbauweise in Deutschland unternommen. Mit allen gesammelten Erfahrungen wurde eine neue Versuchsstrecke konzeptioniert und auf der Bundesautobahn A94 bei Forstinning baupraktisch realisiert.

Die Versuchsstrecke beinhaltet eine starre Konstruktionsschicht als Durchgehend Bewehrte Betondecke und eine flexible Deckschicht aus Dünnschicht-Heißasphalt auf Versiegelung (DSH-V), Abschnitt 1. Um direkte Vergleiche zu ermöglichen, wurden im Abschnitt 2 eine unbewehrte Betondecke in Plattenbauweise mit DSH-V und eine direkt befahrene Betonfahrbahndecke in Plattenbauweise mit Grinding-Textur im Abschnitt 3 geplant.

Bei der Konzeptionierung orientierte man sich möglichst nahe am aktuellen deutschen Straßenbauregelwerk und kombinierte diese mit den eigenen und ausländischen Erfahrungen zur Durchgehend Bewehrten Betondecke.

In allen Abschnitten wurde ein Standardstraßenbeton C30/37 verwendet. In den Abschnitten 1 und 2 wurde dieser einschichtig mit Rundkorngesteinskörnungen 0/32 mm ausgeführt. Zur Erfüllung der Oberflächeneigenschaften erhielt der Abschnitt 3 zusätzlich einen dünnen Oberbeton mit polierresistenten, gebrochenen Gesteinskörnungen 0/22 mm. Für die Bewehrung im Abschnitt 1 wurden die in der Tabelle 3.1 aufgelisteten Anforderungen formuliert. Sie entsprechen dem belgischen Standard [7] und der Versuchsstrecke BAB A5 bei Darmstadt [5]. In [6] wurden Durchgehend Bewehrte Betondecken in Europa und Nordamerika untersucht und verglichen. Es konnte gezeigt werden, dass solche auf flexiblen Unterlagen das beste Langzeitverhalten zeigen. Entsprechend wurden für die Versuchsstrecke einheitlich für alle Abschnitte eine Asphalttragschicht und eine Frostschuttschicht angeordnet. Die Abbildung 3.1 oben zeigt die Konstruktionsaufbauten der drei Versuchsabschnitte mit den jeweiligen Schichtdicken.

Der Abschnitt 1 wurde mit freien Querrissen ge-

plant. Fahrstreifenweise wurden Längsfugen angeordnet. An den Endbereichen waren unverschiebliche Einspannungen auszuführen. Dies wurde mit bewehrten Endspornen realisiert.

In den Abschnitten 2 und 3 wurden konventionell Längs- und Quertugen angeordnet und mit Dübeln und Ankern versehen.

Zur Gewährleistung eines dauerhaften Verbunds zwischen Beton und Asphaltdeckschicht (DSH-V) war die Betonoberfläche mit Hochdruckwasserstrahl zu reinigen, abzutrocknen und eine Bitumenemulsion aufzutragen. Als Anforderungen wurden Abreißfestigkeiten und Restfeuchte für den Beton festgelegt.

Für die baupraktische Umsetzung des beschriebenen Konzeptes gab es im Freistaat Bayern mehrere Optionen. In Abstimmung mit dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), der Obersten Baudirektion Bayern und der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) wurde die BAB A 94 östlich von München bei Forstinning ausgewählt, da es sich hier um eine Neubaumaßnahme handelte. Im Vergleich zur grundhaften Erneuerung eines Autobahnabschnittes sind hier die zeitlichen und örtlichen Randbedingungen etwas günstiger. Darüber hinaus hat dieser Abschnitt der BAB A94 den Vorteil, dass dort einheitliche Verhältnisse mit geringem Längsgefälle und keine engen Radien herrschen. Die Abbildung 4.1 unten zeigt die Anordnung der drei Versuchsabschnitte. Jeder Abschnitt hat eine Länge von ca. 4 km. Die Gesamtlänge verteilt auf zwei Fahrtrichtungen beträgt etwa 12 km.

Die Unterbrechungen stellen jeweils Brückenbauwerke dar. Dort wurden die Betondecken unterbrochen. Im Abschnitt 1 mit Durchgehender Bewehrung ordnete man die beschriebenen Endsporne an.

Ausgeführt wurde Versuchsstrecke in den Jahren 2010 – 2011 von den Firmen Rädlinger als Hauptauftragnehmer und Berger Bau für die Betondecke. Der Einbau erfolgte von April bis Juni 2011 mit einem Gleitschalungsfertiger Typ SP 1500 der Firma Wirtgen.

Unmittelbar vor Herstellung der Durchgehend Bewehrten Betondecke wurde die Bewehrung verlegt, wie in der Abbildung 3.2 zu sehen. Die angelieferte Längsbewehrungsstäbe hatten nicht die exakte Länge von 14,00 m, sondern wichen um +/- 2 cm davon ab. Um trotzdem die Übergreifungsstöße wie geplant anzuordnen, erfolgte in jedem zehnten Stoß ein Ausgleich.

Die Abbildung 3.3 zeigt den einlagigen Betoneinbau im Abschnitt 1. Man sieht den grundsätzlichen Unterschied zur Herstellung von unbewehrten Betonplatten. Durch die verlegte Bewehrung ist eine Frischbetonanlieferung unmittelbar vor dem Fertiger nicht möglich. Diese erfolgte auf der gegenüberliegenden Fahrtrichtung. Um den Frischbeton vom LKW zum Fer-

tiger zu bringen, wurden von der bauausführenden Firma zwei Varianten diskutiert: der Einsatz eines großen Greifbaggers oder eines Seitenbeschickers. Aus Kapazitäts- und Wirtschaftlichkeitsgründen entschied man sich für den Greifer.

Im Sommer 2011 wurde auf dem Versuchsabschnitt 3 die Oberflächentextur «Grinding» hergestellt. In Fahrtrichtung Passau hatten die Schleifscheiben einen Rillenabstand von 2,8 mm und in Fahrtrichtung München 3,2 mm. Es wurde jeweils in Arbeitsbreiten von 1,2 m geschliffen, wie in der Abbildung 3.4 links zu sehen. Ebenfalls im Sommer 2011 wurde der DSH-V ausgeführt, wie in der Abbildung rechts zu sehen. Es waren zwei Asphaltfertiger mit Sprühvorrichtungen zum Aufbringen der Bitumenemulsion im Einsatz.

Ende August erfolgte die Verkehrsfreigabe des Bauabschnittes BAB A94 bei Forstinning.

5 Wissenschaftliche Begleitung der Versuchsstrecke

Von der BAST wurde ein Programm zur messtechnischen und wissenschaftlichen Begleitung der Versuchsstrecke aufgestellt. Dabei standen drei Themenkomplexe im Mittelpunkt der Betrachtung:

1. Das Verhalten der bewehrten und der unbewehrten Betonfahrbahndecke
2. Die Verbindung zwischen Beton und Asphalt in der Grenzschicht
3. Die Oberflächeneigenschaften der ausgeführten Texturen

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse dargestellt.

5.1 Verhalten der Betonfahrbahndecke

Der Einbau der Betondecke in den drei Versuchsabschnitten erfolgte im Frühjahr 2011 bei milder bis warmer Witterung. Die geforderten Schichtdicken von 24,5 cm bzw. 26 cm wurden vollständig erreicht. Die tatsächlichen Schichtdicken lagen bei 25 bis 29 cm. An Bohrkernen wurden Druckfestigkeiten von 45 bis 81 N/mm² erreicht und damit die geforderte Druckfestigkeitsklasse C30/37 bestätigt.

Deflektionsmessungen mit dem Falling-Weight-Deflectometer (FWD) wurden kurz nach der Herstellung durchgeführt. In den drei Versuchsabschnitten wurden geringe Einsenkungen ermittelt. Diese stehen für ein gutes Tragverhalten der Konstruktion.

Begehungen mit visuellen Zustandserfassungen der hergestellten unbewehrten Betondecken, Abschnitte 2 und 3, ergaben keine Auffälligkeiten. Kantenschäden, Eckabbrüche, fehlender Deckenschluss oder Unebenheiten konnten nicht festgestellt werden.

Im Versuchsabschnitt 1 mit Durchgehend Be-

wehrter Betondecke erwartete man feine Querrisse. In [6] wurde gezeigt, dass freie Querrisse in mittleren Abständen von 0,7 m bis 2,5 m und Öffnungsweiten von maximal 0,5 mm das beste Langzeitverhalten erreichen. Daher war das sich einstellende freie Rissbild von großem Interesse. Am 05.07.2011 wurde eine manuelle Rissaufnahme mit Erfassung der Stationierungen und Öffnungsweiten durchgeführt.

In der Abbildung 4.1 ist das Ergebnis als Anzahl der Risse pro 100 m 79 Tage nach der Betonfertigung als rote Linie dargestellt. In dieser Zeit haben sich 38 Risse pro 100 m bzw. ein mittlerer Rissabstand von 2,6 m gebildet.

Im Jahr 2004 wurde auf der BAB A5 bei Darmstadt eine Versuchsstrecke mit Durchgehend Bewehrter Betondecke gefertigt. Neben anderen Tragschichtvarianten führte man auch eine Asphalttragschicht aus. Die Rissentwicklung und die Tagesmitteltemperaturen dieser Maßnahme in den ersten drei Jahren nach der Herstellung sind in der Abbildung als grüne und blaue Linien eingetragen. Man erkennt, dass sich die meisten Risse im ersten Jahr bildeten. Im 2. und 3. Jahr kamen weniger Risse hinzu. Nach etwa drei Jahren war die Rissentwicklung abgeschlossen. Überträgt man diese Ergebnisse auf die Versuchsstrecke BAB A94, so kann geschlussfolgert werden, dass die Rissbildung noch nicht abgeschlossen ist. In [6] konnte gezeigt werden, dass Abschnitte, die bei kühlerer Witterung betoniert wurden, zu einer langsameren Rissentwicklung führen als solche bei wärmerer Witterung. Dies trifft auch hier zu. Auf der Versuchsstrecke BAB A94 bei Forstinning gab es höhere Einbautemperaturen als beim betrachteten Abschnitt der Versuchsstrecke BAB A 5 Darmstadt. Entsprechend liegt die rote Linie, Forstinning, in der Abbildung über der grünen Linie, Darmstadt.

Bis zum Jahr 2014 werden etwa 80 Risse pro 100 m bzw. ein mittlerer Rissabstand von 1,25 m als «endgültiges Rissbild» erwartet. Dies kann aber aufgrund der DSH-V-Überbauung nicht überprüft werden.

Bei Abkühlung oder Austrocknung treten in der Durchgehend Bewehrten Betondecke Zugspannungen auf. Dort wo keine Querrisse vorhanden sind, werden diese Spannungen vom Beton zusammen mit der Längsbewehrung aufgenommen. Unmittelbar an Querrissen müssen die auftretenden Zugspannungen von der Längsbewehrung alleine übernommen werden.

Für ein günstiges Langzeitverhalten ist es wichtig, dass der verwendete Bewehrungsstahl dauerhaft seine Streckgrenze nicht erreicht. In [3] wird beschrieben, dass die Spannungen in der Längsbewehrung unmittelbar bei der Rissbildung am größten sind und danach abklingen. Auf der Versuchsstrecke wurde ein Bewehrungsstahl BSt 500 T mit einer Streckgrenze von bei 500 N/mm² verwendet. Mittels Dehnungsmesstreifen

(DMS) wurde untersucht, welche Spannungen im Stahl in situ auftreten. Die Abbildung 4.2 zeigt die Längsbewehrung mit den applizierten DMS. Um sicherzustellen, dass am Ort der DMS ein «freier» Querriss entsteht, wurde der Querschnitt dort durch ein Kunststoffrohr gezielt geschwächt, siehe Abbildung 4.2 rechts. Die Messungen werden kontinuierlich durchgeführt. Entsprechende Auswertungen und Ergebnisse werden zu einem späteren Zeitpunkt erwartet.

Weiterhin werden die Temperaturen in der Betonfahrbahndecke an zwei Messquerschnitten kontinuierlich gemessen und aufgezeichnet. Messquerschnitt 1 befindet sich im Versuchsabschnitt 1 «unbewehrte Betondecke mit Grinding-Textur» und Messquerschnitt 2 im Versuchsabschnitt 2 «Durchgehend Bewehrter Beton mit DSH-V». In der Abbildung 4.3 wurden die Temperaturdifferenzen zwischen beiden Messquerschnitten mit der Oberkante Betondecke, Mitte Betondecke, Unterkante Betondecke und der Lufttemperatur in 2 m Höhe dargestellt. Es ist der Zeitraum 10 Tage vor und nach der Überbauung mit DSH-V abgebildet.

Vor der Überbauung mit DSH-V handelt es sich bei beiden betrachteten Bereichen theoretisch um direkt befahrene Betondecken. Die Temperaturverhältnisse im Beton sind an beiden Messquerschnitten bei geringen Toleranzen gleich. Nach der Überbauung unterscheiden sich die beiden Bereiche. Am Messquerschnitt mit DSH-V Überbauung wurden vier bis sechs Grad Celsius höhere Temperaturen als in der direkt befahrenen Betondecke gemessen.

Es ist aber anzumerken, dass sich diese Temperaturverhältnisse auf den Neuzustand beziehen. Zu diesem Zeitpunkt sind die Gesteinskörnungen des DSH-V noch vollständig mit einem Bitumenfilm bedeckt. Mit dem Abrieb dieses Films kommen die Gesteinskörnungen zum Vorschein und die Oberfläche wird heller. Dieser Effekt beeinflusst auch die Temperaturen im darunterliegenden Beton. Es ist zu erwarten, dass sich die Temperaturverhältnisse beider Messquerschnitte in den nächsten Jahren angleichen.

An den Endbereichen von Durchgehend Bewehrten Betondecken sind Einspannungen zu realisieren, damit ankommende horizontale Druckkräfte nicht auf benachbarte Straßenkonstruktionen oder Bauteile wirken und dort zu Schäden führen. In [4] wird diskutiert, welche Druckkräfte in Abhängigkeit von der Abschnittslänge, den Untergundverhältnissen und den Einbautemperaturen auftreten können. Die Versuchsstrecke wurde dazu genutzt, diese Berechnungen in situ zu quantifizieren.

Dazu wurden Teilstücke der Durchgehend Bewehrten Betondecke an den Enden jeweils mit einem bzw. mit vier bewehrten Endspornen ausgestattet, wie dies in der Abbildung 4.4 dargestellt ist. Dahinter wurden jeweils Extensometer platziert, die horizontale Be-

wegungen kontinuierlich erfassen. Hinter den Endspornen wurden, abgetrennt durch eine Raumfuge, ohne Fugeneinlage unbewehrte Betonplatten als Widerlager für die Extensometer hergestellt.

Die Extensometer führen stündlich Messungen durch. Diese werden von einem Datenlogger aufgezeichnet. In der Abbildung 4.5 sind die Ergebnisse der bisherigen Extensometermessungen dargestellt. Die blaue Punktwolke zeigt die horizontalen Verschiebungen in Millimetern in Abhängigkeit von der Temperatur in Grad Celsius am Ende des Systems aus vier Endspornen und die rote Punktwolke am Ende des Bereichs mit einem Endsporn. Das Extensometer an den vier Endspornen wurde bei etwa 20°C installiert, das Extensometer am einzelnen Endsporn bei 28°C. Es gibt Verschiebungen von -10 mm bis +26 mm. Beim System aus vier Endspornen gibt es bei 0°C eine Verschiebung von +14 mm. Bei einem Endsporn bei 0°C beträgt die Verschiebung 24 mm.

Damit wird von keiner der beiden Konstruktionsvarianten eine vollständige Einspannung geschaffen. Aber mit dem System der vier Endsporne können die horizontalen Bewegungen deutlich besser reduziert werden. Zur Schaffung einer vollständigen Einspannung wären weitere Endsporne, bzw. größer dimensionierte Endsporne erforderlich.

5.2 Die Überbauung mit DSH-V

Am 2. August 2011 bei trockenem, sonnigem Wetter wurden die Betondecken in den Versuchsabschnitten 1 und 2 mit DSH-V überbaut. Vorher waren die Anforderungen

- Abreißfestigkeit min. 1,0 N/mm²
- Betonrestfeuchte max. 3,0 % zu überprüfen.

Dies erfolgte am 5. Juli 2011 vor der Behandlung mit Hochdruckwasserstrahl, Dreh-Jet-Verfahren und danach. Bei Betriebs-km 13+130 und Betriebs-km 16+600 wurden jeweils auf den Seitenstreifen (SS), den 1. Fahrstreifen (1.FS) und den 2. Fahrstreifen (2. FS) die Abreißfestigkeit und die Restfeuchte des Betons bestimmt. In der Abbildung 4.6 sind die Abreißfestigkeiten und das jeweilige Betonalter in Tagen dargestellt. Es lag bei 54 bis 79 Tagen. Die Festigkeiten betragen 0,3 N/mm² bis 2,3 N/mm². Die Anforderung von 1,0 N/mm² wurde als rote Linie dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass alle Bereiche mit einem Betonalter von 65 Tagen und älter die Anforderungen erfüllen. Nur der zuletzt eingebaute Beton mit einem Alter von 54 Tagen erfüllt die gestellten Anforderungen noch nicht.

Weiterhin wurden am 05.07.2011 die Restfeuchten im Beton mit einem elektromagnetischen Verfahren, Messgerät HI 520, und dem CM-Verfahren be-

stimmt. Die Messergebnisse des HI 520 sind in der Abbildung 4.7 für die Betonalter 54 Tage bis 79 Tage in vier Diagrammen dargestellt. In jedem Diagramm sind die gemessenen Betonfeuchten in Tiefen von 10 mm bis 40 mm eingezeichnet. Die Werte reichen von 2,0 % bis etwa 4,6 % Restfeuchte. In allen Bereichen wurden oberflächennah die höchsten Werte bestimmt und mit zunehmender Tiefe geringere Werte. Die meisten Werte liegen noch über den zulässigen 3,0 %. Eine Beziehung zwischen Betonalter und Feuchte, bzw. zeitlichem Austrocknen konnte hier nicht aufgestellt werden. Die Messungen nach dem CM-Verfahren ergaben für alle Bereiche 3,0 % Betonrestfeuchte.

Nach einer weiteren Liegezeit von etwa einem Monat bei trockenem, warmem Wetter und der Behandlung mit dem Dreh-Jet-Verfahren wurden die Messungen wiederholt. Alle Bereiche erfüllten dann die gestellten Anforderungen an Abreißfestigkeit und Restfeuchte.

Dann wurde der DSH-V einschließlich der für den Schichtenverbund erforderlichen Bitumenemulsion in Dicken von 1,5 cm bis 2,0 cm erfolgreich eingebaut.

Im Rahmen der Kontrollprüfungen wurden Bohrerkerne zur Schichtdicken- und Festigkeitsprüfung entnommen. An diesen Kernen wurden auch die Haftzugfestigkeiten zwischen Beton und Asphalt bestimmt. Bei zwei Abweichungen von 0,9 N/mm² lagen alle Festigkeiten über den geforderten 1,0 N/mm².

5.3 Oberflächentexturen Geräuschentwicklung

Um das akustische Verhalten der Oberflächentexturen zu beurteilen, wurde ein Messprogramm beauftragt. Es wurden sowohl Nahfeldmessungen (CPX) als auch statistische Vorbeifahrtmessungen (SPB) durchgeführt.

Ziel war es zum einen das akustische Potenzial der Grindingtextur zu erkunden und zum anderen herauszufinden, ob es zwischen dem DSH-V auf der Durchgehend Bewehrten Betondecke und dem DSH-V mit Fugen auf der konventionellen Betondecke schalltechnisch erkennbare Unterschiede gibt.

Die Erstmessung nach dem CPX-Verfahren erfolgte im November 2011, die zweite Messung im Juni 2012. Im April 2012 wurden die ersten Messungen nach der SPB-Methode im Bereich der Grindingstrecken durchgeführt. Insbesondere aus den CPX-Messungen lassen sich erste Tendenzen herauslesen.

Im Bereich der Grindingstrecken war ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen erkennbar (Abbildung 4.8).

Das Grinding mit der Stegbreite von 3,2 mm hat einen höheren Schalldruckpegel, als das Grinding mit dem Rillenabstand von 2,8 mm.

Auch ist auf allen Fahrstreifen innerhalb der 7 Mo-

nate von der Erst- zur Zweitmessung eine Abnahme der Schallemission zu bemerken, die wahrscheinlich davon herrührt, dass die nach der Herstellung relativ raue Oberfläche der Stege vom Verkehr glatt gefahren wird und dadurch die Reifen weniger zu Schwingungen anregt.

Während bei den DSH-V-Belägen (Abb. 4.9) bei der Erstmessungen noch ein Unterschied zwischen der Durchgehend Bewehrten Betondecke und der Betondecke mit Fugen erkennbar war, ist dieser bereits bei der Zweitmessung nicht mehr vorhanden.

Aus Ergebnissen anderer Messungen kann zurzeit auf eine Anfangsschallminderung von etwa 6 bis 7 dB(A) geschlossen werden. Der Schalldruckpegel wird sich insbesondere im Bereich der Laststreifen durch die Änderungen der Textur infolge des Schwerverkehrs wieder erhöhen. Die Messungen der folgenden Jahre werden zeigen, welches Lärminderungspotenzial dieser Bauweise innewohnt.

Ein direkter Vergleich der CPX-Ergebnisse der beiden Bauweisen DSH-V und Grinding ist nicht möglich, da die CPX-Ergebnisse im Grinding-Bereich durch die gerichtete Textur auf einem anderen Messniveau liegen, als im Bereich der isotropen Textur des DSH-V.

Die Vorbeifahrtmessungen sind noch nicht ausgewertet und interpretiert worden.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Von 1992 bis heute wurde die Kompositbauweise auf mehreren Versuchsstrecken auf Bundesautobahnen und einer Bundesstraße ausgeführt und damit positive Erfahrungen gesammelt. Die bisher letzte Versuchsstrecke wurde auf der A94 bei Forstinning im Jahr 2011 eingerichtet. Sie besteht aus den Abschnitten «Durchgehend Bewehrte Betondecke mit DSH-V», «Betondecke in Plattenbauweise mit DSH-V» sowie «Konventionelle Betondecke mit Grinding-Textur». Damit sind unmittelbare Vergleiche zwischen verschiedenen Bauweisen möglich. In allen Abschnitten sind Beton, Asphalt und vollflächige Verklebung nach der Herstellung und den ersten Jahren der Nutzung in einem einwandfreien Zustand. Die bewehrten Endsporne an der Durchgehend Bewehrten Betondecke haben neue Erkenntnisse gebracht. Die messtechnische Ausstattung der Strecke ist vollständig. Temperaturmessungen haben gezeigt, dass Asphaltüberbauungen zu höheren Temperaturen im darunter liegenden Beton führen. Die installierten Dehnungsmesstreifen an der Längsbewehrung lassen neue Erkenntnisse erwarten.

Die Deckschichtart DSH-V und die Grinding-Textur erfüllen die gestellten Griffigkeitsanforderungen. Sie zeigen, welche schalltechnischen Potenziale vorhanden sind, aber auch, welche Unterschiede es zwischen den einzelnen Texturen gibt. Die ersten Ergeb-

nisse ermutigen dazu, in Richtung dieser Texturen weiterzuarbeiten. Von großer Bedeutung wird dabei die Entwicklung der Schallemissionen in der Zukunft sein. Die Strecke wird von der BAST zusammen mit dem Freistaat Bayern weiter beobachtet.

Im Neuzustand befinden sich alle Versuchsabschnitte in einem einwandfreien Zustand. Von besonderem Interesse wird sein, wann und in welchem Umfang erste Unterschiede zwischen den einzelnen Abschnitten erkennbar werden, z.B. wann die Asphaltdeckschicht erneuert werden muss.

Da die Versuchsstrecke BAB A94 bei Forstinning und auch die vorher ausgeführten Strecken mit Durchgehender Bewehrung und Asphaltüberbauung ein positives Verhalten zeigen, hat die FGSV im Jahr 2011 beschlossen, sich mit der Kompositbauweise intensiver zu beschäftigen. Es wurde der Arbeitskreis 8.3.4 «Durchgehend Bewehrte Betonfahrbahndecke» gegründet. Der Arbeitskreis setzt sich aus Vertretern von bauausführenden Firmen, der Betonindustrie, der Bundesanstalt für Straßenwesen, der Universitäten und Hochschulen, der Ingenieurbüros, der Straßenbauverwaltungen und der Zementindustrie zusammen. Er erhielt den Auftrag, ein Merkblatt zur Bauweise zu erstellen, in dem die im Rahmen von Versuchsstrecken gesammelten Erfahrungen mit Durchgehend Bewehrten Betonfahrbahndecken und Asphalt auf Beton dargestellt werden. Dies ist der erste Schritt zur Einführung der Bauweise ins Straßenbauregelwerk.

Gleichzeitig erhielt Prof. Freudenstein von der Technischen Universität München, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen vom Ministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), vertreten durch die BAST den Auftrag, das Forschungsprojekt «Optimierung der Kompositbauweise» zu bearbeiten. Dort werden die im Rahmen von Versuchsstreckenabbi gesammelten Erfahrungen zusammengetragen und analysiert. Weiterhin wird die Bauweise im Rahmen von Laboruntersuchungen und Modellrechnungen weiter optimiert. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in den Jahren 2015 und 2016 auf der Bundesautobahn A5 bei Karlsruhe im Rahmen einer Versuchsstrecke A5 baupraktisch umgesetzt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Ernst Neußner: Straßenbefestigungen mit Schichten aus Asphalt und Beton – Überblick über nationale und internationale Konzeptionen, Straße und Autobahn 09/1995
- [2] Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap: Standaardbestek 250 voor de wegenbouw – versie 2.0 Deel I, Juni 2000
- [3] CROW: Doordgaand gewapende betonverhardingen – Autosnelwegen en overige toepassingenn, Publicatie 160, Dezember 2001
- [4] Dr. Lissi Pfeifer: Beanspruchung und konstruktive Ausbildung der Endbereiche von Betondecken, Forschungsbericht BAST 2004
- [5] Stefan Höller: Erprobung der Bauweise Durchgehend Bewehrte Betonstraße, FGSV Betonstraßentag, Erfurt 2007
- [6] Stefan Höller: Optimierung der Durchgehend Bewehrten Betonfahrbahndecke, Diplomarbeit Technische Universität Dresden, 2009
- [7] Stefan Höller: Durchgehend Bewehrte Fahrbahndecke aus Beton, Versuchsstrecke BAB A5 bei Darmstadt, Forschungsbericht BAST, Februar 2010

Abbildungen zum Text

Abbildung 2.1:

Durchgehend Bewehrte Betondecke mit freiem Rissbild und unbewehrte Betonplatten von 5m Länge mit Querscheinfugen

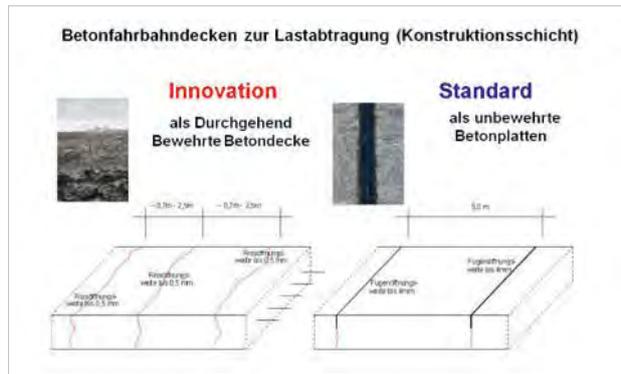


Tabelle 3.1:

Anforderungen an die Bewehrung

Stahlgüte	BSI 500 S gerippt	Bewehrungsplan 14,00
Längsbewehrung	Bewehrungsgrad 0,75 % Durchmesser 20 mm Achsabstand 17,5 cm mittige Höhenlage, Anordnung in Fahrtrichtung	
Querbewehrung	Durchmesser 16 mm, Achsabstand 70 cm im Winkel von 60° zur Längsbewehrung Ausführung als Gitterträger	

Abbildung 3.1:

Konstruktionsaufbauten und Aufteilung der Versuchsstrecke

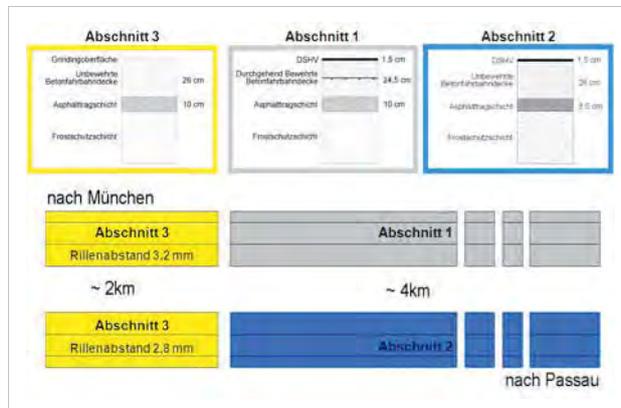


Abbildung 3.2:

Verlegte Quer- und Längsbewehrung



Abbildung 3.3:
Betonage der Durchgehend Bewehrten
Betondecke



Abbildung 3.4:
Herstellung der Grinding-Textur und
der Asphaltdeckschicht (DSH-V)



Abbildung 4.1:
Rissentwicklung in der Durchgehend
Bewehrten Betonkonstruktionsschicht



Abbildung 4.2:
DMS-Streifen auf der Längsbewehrung
und Querschnittsschwächung



Abbildung 4.3:
Temperaturen in den Betondecken mit und ohne Überbauung

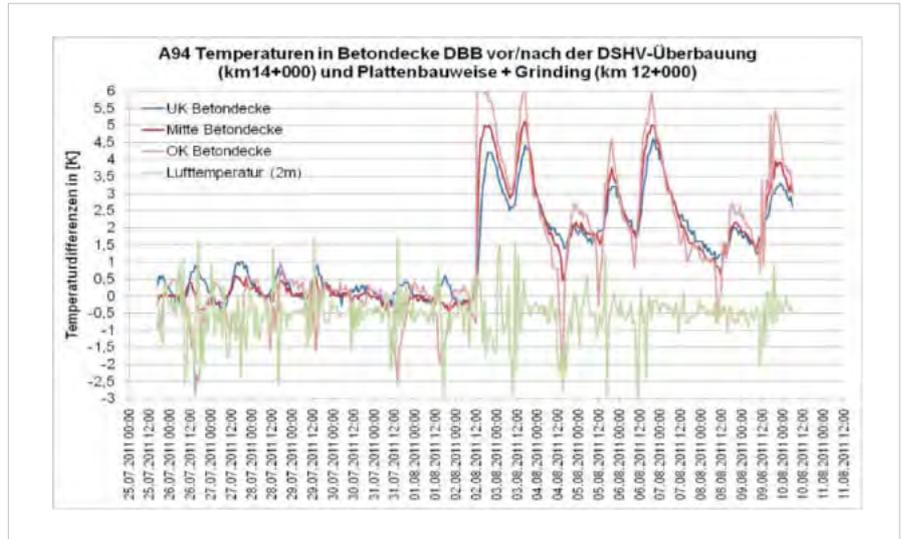


Abbildung 4.4:
Ein bzw. vier Endsporne im Versuchsabschnitt 1

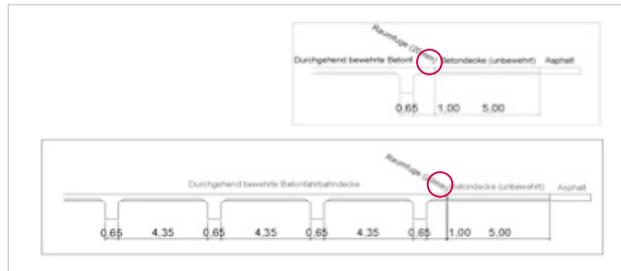


Abbildung 4.5:
Ergebnisse der Extensometermessungen an den Endspornen

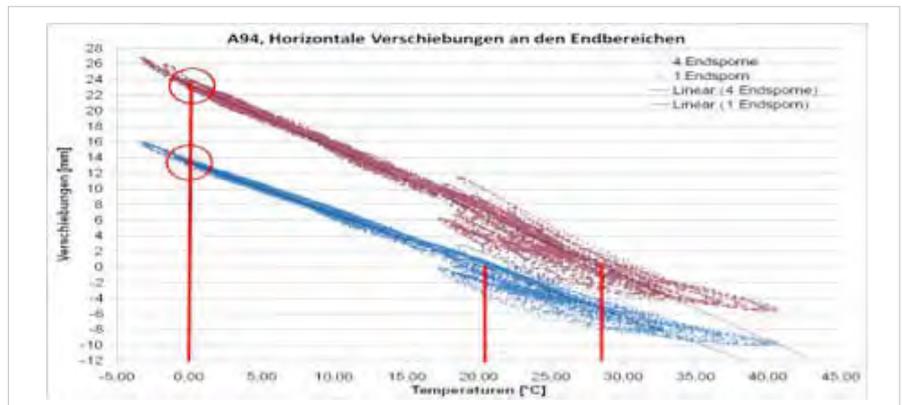


Abbildung 4.6:
Abreissfestigkeiten der Betonoberfläche

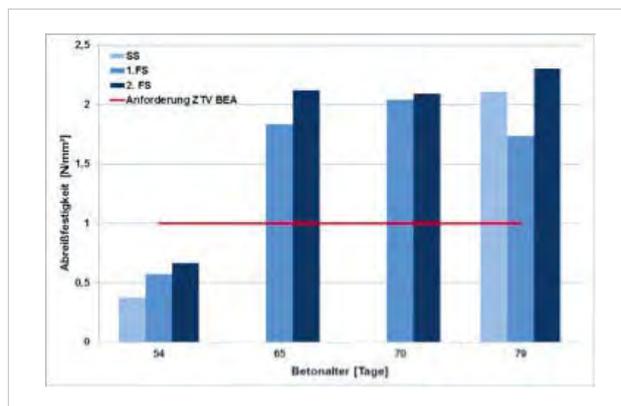


Abbildung 4.7:
Restfeuchte im Beton

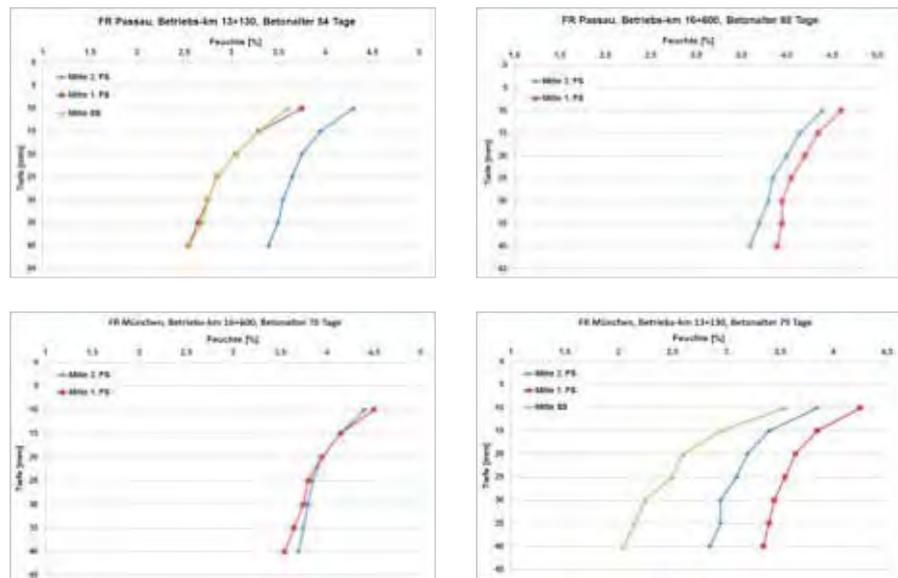


Abbildung 4.8:
Ergebnisse CPX-Messungen im
Bereich Grinding

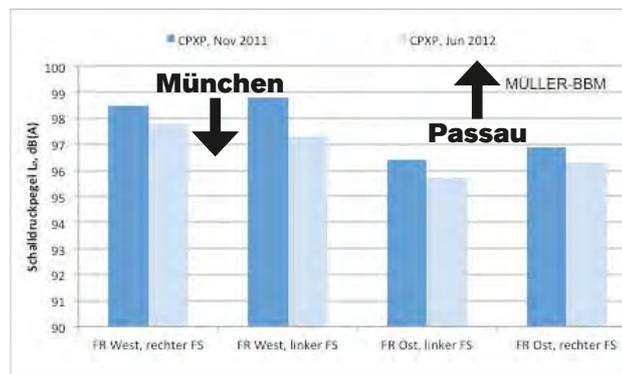
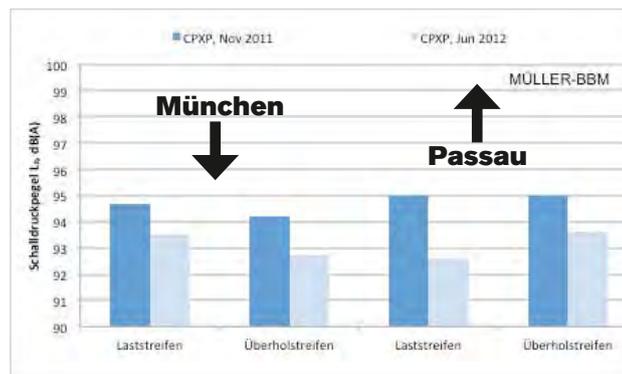


Abbildung 4.9:
Ergebnisse CPX-Messungen im
Bereich DSH-V



The background of the slide is a photograph of a road surface. In the foreground, a large white arrow is painted on the asphalt, pointing towards the top of the frame. To the left, there are several white diagonal lines, possibly indicating a lane or a specific road marking. The road surface is a light grey color with visible texture and expansion joints. In the upper part of the image, there are some green trees and a clear blue sky with a few white clouds. The overall scene is bright and clear, suggesting a sunny day.

Minderverbrauch von Treibstoffen auf Betonfahrbahnen – Ökobilanz für die Herstellung und Nutzung eines Autobahnabschnittes

DI Charlotte Thiel
Technische Universität München

Lebenslauf

Dipl.-Ing. Charlotte Thiel, Technische Universität München,
Centrum Baustoffe und Materialprüfung

2002 – 2008 Diplomstudium Baustoffingenieurwesen
an der TU München

seit 2008 wissenschaftliche Mitarbeiterin am cbm · Centrum
Baustoffe und Materialprüfung der TU München,
Arbeitsgruppe Betontechnologie



Nachhaltigkeitsaspekte von Oberbauweisen aus Asphalt und Beton

Charlotte Thiel, Thorsten Stengel und Christoph Gehlen

Im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung kommt dem Straßenverkehr eine entscheidende Rolle zu. Durch die Erstellung einer Ökobilanz für die Herstellung und Nutzung eines Autobahnabschnittes konnte gezeigt werden, dass auf baustofflicher Seite das mit Abstand größte Optimierungspotential in der Entwicklung von treibstoffsparenden Fahrbahnoberflächen liegt.

cdm Zentrum Baustoffe und Materialprüfung Technische Universität München TUM

Ökobilanz zur Erfassung potentieller Umweltwirkungen

www.wienerberger.de

DIN ISO 14040

05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 4

cdm Zentrum Baustoffe und Materialprüfung Technische Universität München TUM

Wirkungsabschätzung

➔ Berechnung Gesamtwirkungspotenzial innerhalb definierter Wirkungskategorien mit Hilfe von Wirkungsfaktoren

Sachbilanzwert	x	GWP-Faktor	=	Wirkungsindikatorwert
10 kg CO2 2 kg CH4 1 kg NO2 ...	x	1 23 296 ...	=	10 kg CO2-äqu. 46 kg CO2-äqu. 296 kg CO2-äqu.

05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 5

cdm Zentrum Baustoffe und Materialprüfung Technische Universität München TUM

Ökobilanz: Herstellung und Nutzung eines Autobahnabschnittes

05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 6

cbm
Center für Baustoffe
und Materialprüfung

Technische Universität München **TUM**

Herstellung eines Autobahnabschnittes aus Asphalt

05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 10

cbm
Center für Baustoffe
und Materialprüfung

Technische Universität München **TUM**

- 1 km langer Autobahnabschnitt in verschiedenen Oberbauweisen
- Querschnitt RQ 31 (4 Fahrbahnen) inkl. Randausbildung
- Schichtaufbau nach RStO Variante 1.1

4 cm Asphaltdeckschicht (MA/SMA)
8 cm Asphaltbinderschicht
22 cm Asphalttragschicht
51 cm FSS

Variante 3:
Asphaltbauweise
Gussasphaltdeckschicht (MA)

Variante 4:
Asphaltbauweise
Splittmastixasphalt (SMA)

Entwässerungseinrichtungen sowie Nacharbeiten an der Oberbaukonstruktion (Fahrbahnmarkierungen, Beschilderung, etc.) wurden nicht berücksichtigt.

05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 11

cbm
Center für Baustoffe
und Materialprüfung

Technische Universität München **TUM**

Materialien (Herstellung)

FSS: 2150 kg/m³ GK

Asphalt f. Tragschicht: 36,7 kg/m³ Bitumen und 2433 kg/m³ GK

Asphalt f. Binderschicht: 45,9 kg/m³ Bitumen und 2486 kg/m³ GK

Asphalt f. Deckschicht (MA): 72,5 kg/m³ B20/30 und 2466 kg/m³ GK
+ 8 kg/m² GK zum Abstreuen

Asphalt f. Deckschicht (SMA):
66,3 kg/m³ PmB 45 A
2356 kg/m³ GK

Asphalt f. Deckschicht (SMA):
66,3 kg/m³ PmB 45 A
2356 kg/m³ GK

05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 12

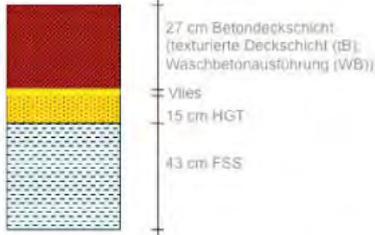



Herstellung eines Autobahnabschnittes aus Beton

05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 16




- 1 km langer Autobahnabschnitt in verschiedenen Oberbauweisen
- Querschnitt RQ 31 (4 Fahrbahnen) inkl. Randausbildung
- Schichtaufbau nach RStO Variante 1.1



Variante 1:
Texturierte Deckschicht (tB)

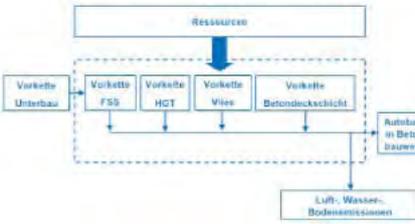
Variante 2:
Washbetondeckschicht (WB)

Entwässerungseinrichtungen sowie Nacharbeiten an der Oberbaukonstruktion (Fahrbahnmarkierungen, Beschilderung, etc.) wurden nicht berücksichtigt.

05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 17




Materialien (Herstellung)



FSS: 2150 kg/m³ GK

HGT: 90 kg/m³ CEM II/B-S
w/z = 1,22
1975 kg/m³ GK

Vlies: 0,5 kg/m² Polypropylen

Unterbeton: 350 kg/m³ CEM I 42,5 N
w/z = 0,45
1796 kg/m³ GK
5 Vol.-% LP

Oberbeton (WB): 430 kg/m³ CEM I 42,5 N
w/z = 0,42
1725 kg/m³ GK
5 Vol.-% LP

Oberbeton (tB): 360 kg/m³ CEM I 42,5 N
w/z = 0,45
1832 kg/m³ GK
5 Vol.-% LP

Fugenfüllungen:
Längsfugen: Heißverguss
Querfugen: Fugenprofile (EPDM) Stahl für Anker und Dübel

05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 18




Optimierungspotentiale bei der Herstellung des Oberbaus:

Beitrag am GWP: > 70 % aus Zement

↓

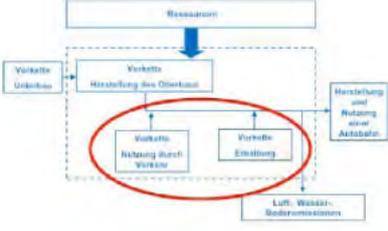
Möglichkeiten zur Reduzierung der CO₂-Emissionen im Zement:

- Forcierung der Verwendung von Zuzahlstoffen in Zementen
- Reduzierung von Transportprozessen

05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 22




Nutzung von Oberbaukonstruktionen aus Beton und Asphalt



05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 23

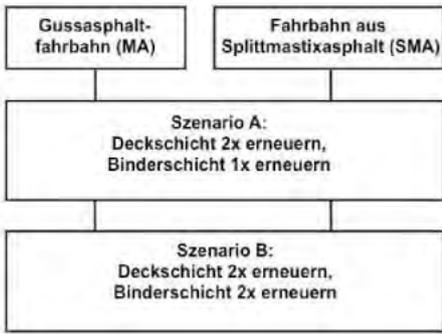



Eingangsdaten: Verkehrsaufkommen

- ▶ Verkehrsaufkommen: 52.000 Kfz/24h (42.000 Pkw, 10.000 Lkw)
- ▶ Betrieb: 30 a
- ▶ Treibstoffverbrauch „Szenario A“ (Regelverbrauch):
 - Lkw: 0,286 kg Diesel/km
 - Pkw: 0,0125 kg Diesel/km + 0,0536 kg Benzin/km (0,0661 kg Treibstoff/km)
- ▶ Weitere Szenarien: „0,5% Treibstoffeinsparung“, „2,0% Treibstoffeinsparung“, „10,0% Treibstoffeinsparung beim Schwerverkehr (Lkw)“

05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 24

Nutzungsphase (30 Jahre): Asphaltbauweisen

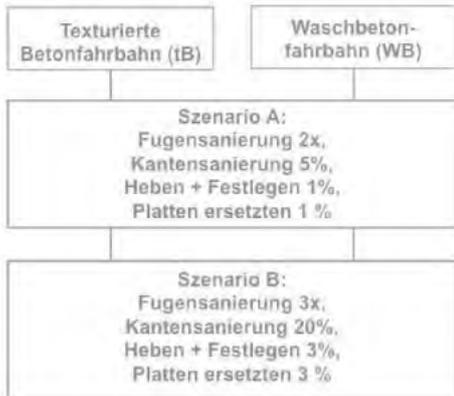


05.05.2015

Dipl.-Ing. Charlotte Thiel

25

Nutzungsphase (30 Jahre): Betonbauweisen

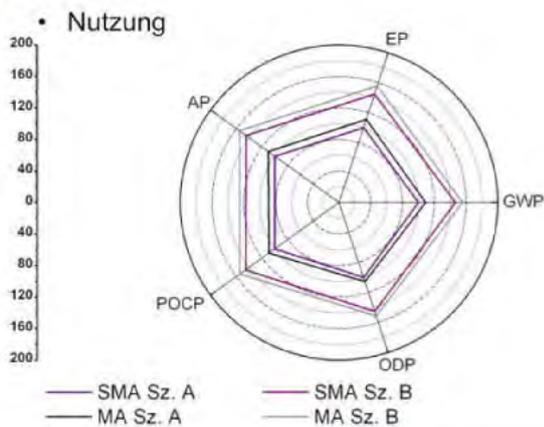


05.05.2015

Dipl.-Ing. Charlotte Thiel

26

Ergebnisse

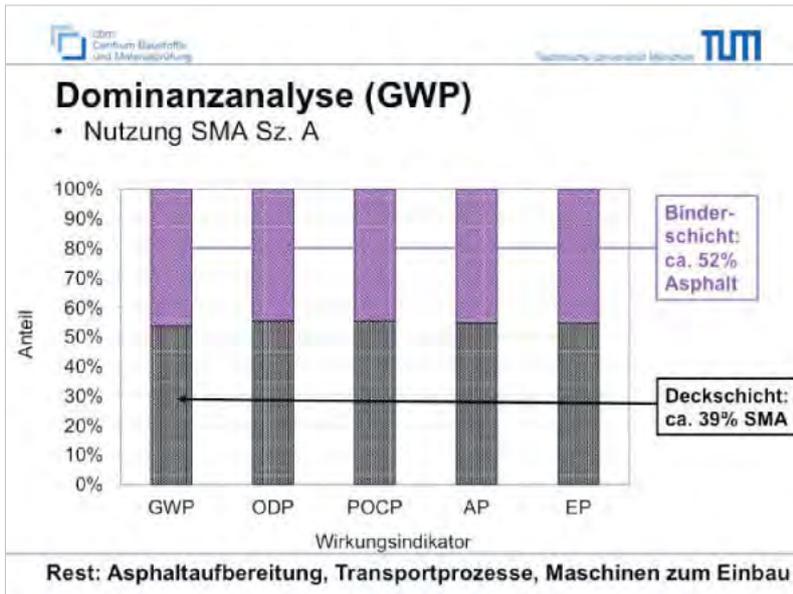


05.05.2015

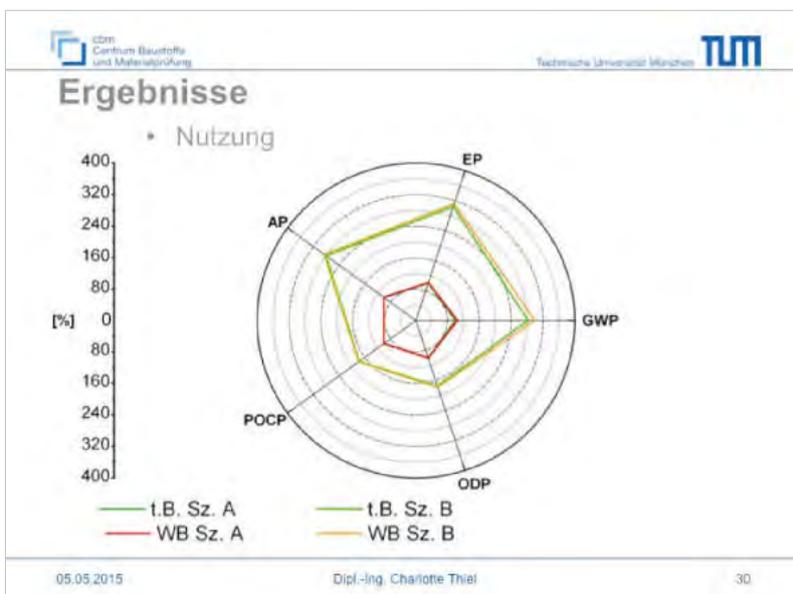
Dipl.-Ing. Charlotte Thiel

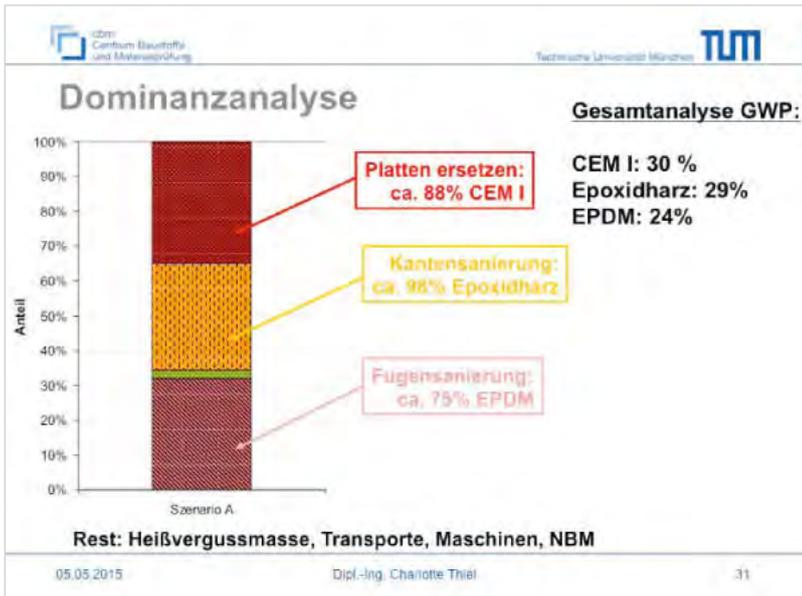
27

A series of horizontal dotted lines for handwritten notes, spanning the right side of the page.



-
- Optimierungspotentiale**
bei der Instandhaltung des Oberbaus
- Beitrag am GWP: knapp 70% vom Asphalt
- Erhöhung der Recyclingquoten
 - Steigerung der Energieeffizienz bei der Asphaltherstellung und -aufbereitung
 - Verwendung höherwertigem Bitumen in der Binderschicht und damit bedingt verringerte Austauschzyklen der Deckschicht (STUVA 2003)
 - Reduzierung von Transportprozessen
- 05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 29





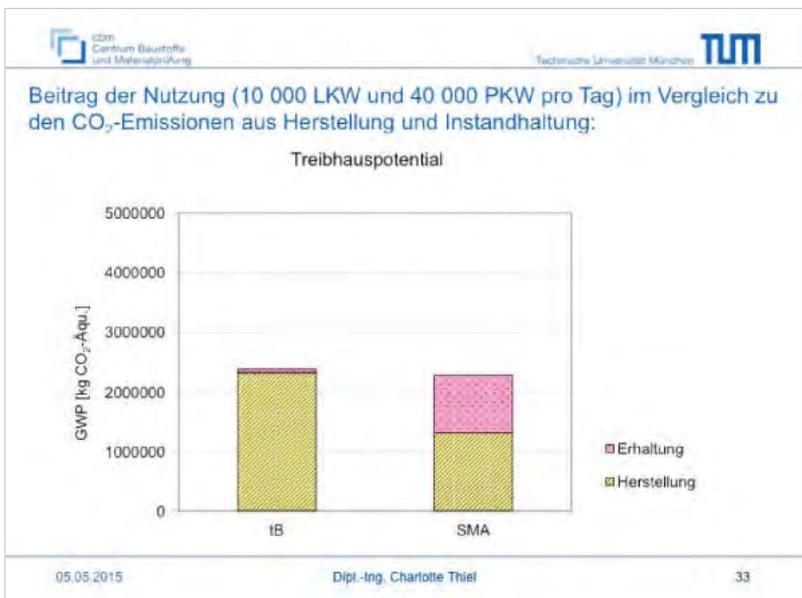
Instandhaltung:

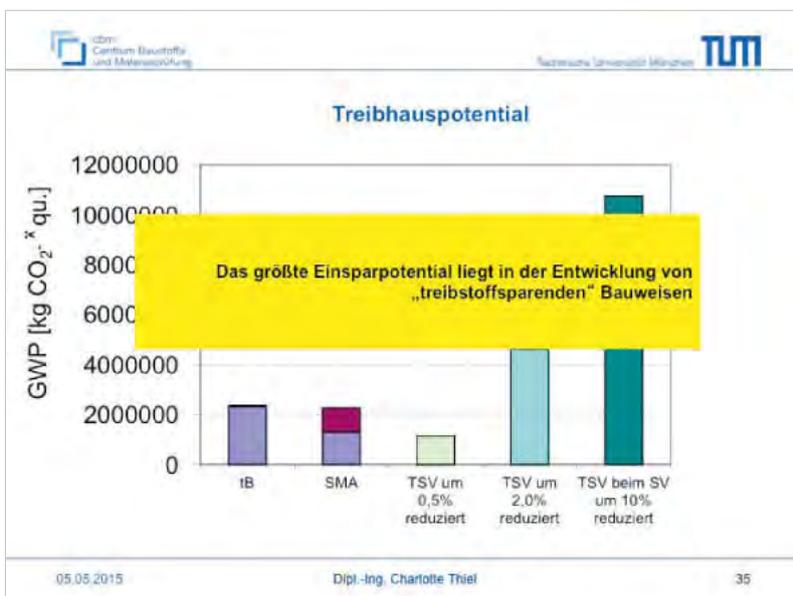
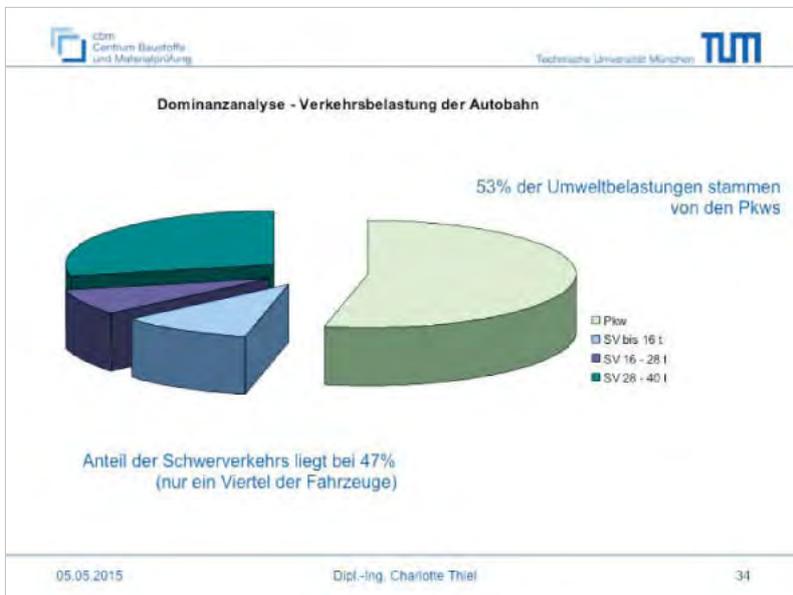
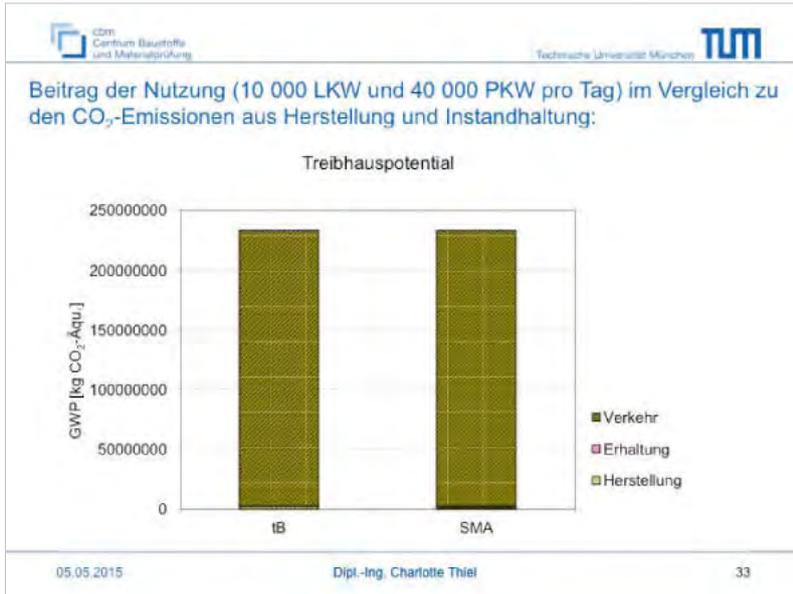
Beitrag am GWP: davon entfallen je knapp 30 % auf das Fugenmaterial (EPDM), den Epoxidharz und den Zement

Möglichkeiten zur Reduzierung der CO₂-Emissionen in der Instandhaltung:

- Optimierung der Fugenverfüllungen
- Reduzierung des Klinkeranteils im Zement
- Reduzierung von Transportprozessen

05.05.2015 Dipl.-Ing. Charlotte Thiel 32





Literaturlauswertung



05.05.2015

Dipl.-Ing. Charlotte Thiel

36

Zusammenfassung

- Der Straßenverkehr hat einen Anteil von rd. 19 % am bundesweiten CO₂-Gesamtausstoß
- Effektivstes Optimierungspotential in der Herstellungsphase:
 - Asphaltstraßen: Anlagentechnische Maßnahmen bei der Asphaltherstellung
 - Betonstraßen: Reduzierung des Klinkergehalts im Zement
- Maßgebend ist jedoch die Nutzungsphase (Faktor 100)
- Durch Optimierung der Fahrbahneigenschaften besteht ein erhebliches Einsparpotential beim Treibstoffverbrauch

05.05.2015

Dipl.-Ing. Charlotte Thiel

37

Handwritten notes area consisting of horizontal dotted lines.

Nachhaltigkeitsaspekte von Oberbauweisen aus Asphalt und Beton

Charlotte Thiel, Thorsten Stengel und Christoph Gehlen

Der Straßenverkehr hat einen wesentlichen Anteil an umweltschädlichen Emissionen. Um daher Optimierungspotentiale hinsichtlich der Umweltwirkungen im Straßenbau durch geeignete bautechnische Ausführungen quantifizieren zu können, wurden die ökologischen Auswirkungen, die bei der Verkehrsbelastung einer Autobahn inklusive deren Herstellung und Erhaltung für einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren entstehen, systematisch analysiert. Als Werkzeug wurde die Methodik der Ökobilanz nach DIN ISO 14040 [1] verwendet. Als Wirkungskategorien wurden das Treibhauspotential (GWP), das Ozonabbaupotential (ODP), das photochemische Ozonbildungspotential (POCP), das Versauerungspotential (AP) sowie das Eutrophierungspotential (EP) betrachtet. Als Datenquelle wurde ausschließlich die Schweizer «ecoinvent»-Datenbank verwendet. Die Daten wurden mit Hilfe der Ökobilanzierungssoftware «SimaPro» verarbeitet und ausgewertet.

Nachhaltigkeitsaspekte – Ergebnisse der Studie

Die Ökobilanz für die Herstellung des Oberbaus eines Autobahnabschnittes in verschiedenen Bauweisen zeigte, dass die größten Umweltwirkungen von den in den oberen Schichten verbauten Baustoffen Asphalt bzw. Beton stammen. Ihr Beitrag ist mit 32% beim EP bei den Betonbauweisen am geringsten, da hier die gesamten Transportprozesse mit knapp 30% einen deutlichen Beitrag zu einer potentiellen Überdüngung liefern. Beton liefert den größten Beitrag am gesamten GWP mit über 70%. Dieser Anteil stammt je nach Schicht zu 80 bis 95% aus dem Zement (CEM I). Asphalt liefert mit rund 65% den größten Anteil am ODP und ist zu knapp 60% am Treibhauspotential (GWP) verantwortlich. Folglich liegen hier die größten Einsparpotentiale. Für den Baustoff Asphalt sind dies neben der verfahrenstechnischen Optimierung der Baustoffherstellung (tiefere Mischgut-Temperaturen, Erhöhung der Recyclingquoten, geringere Gesteinsfeuchte, elektrisch beheizte Bitumentanklager und Einsatz optimaler Brennstoffe), die Reduzierung von Lkw-Transporten. Bei der Zementherstellung gilt das verfahrenstechnische Einsparpotential als erschöpft. Hier liegt das größte Einsparpotential im Austausch von Portlandzement durch Zusatzstoffe wie Hütten sand oder Steinkohlenflugasche. So können die po-

tentiellen Umweltwirkungen durch Verwendung von CEM III/A anstelle von CEM I in der Deckschicht beim GWP um bis zu 21% gesenkt werden. Durch den Austausch von 100% Neumaterialien durch Recyclingmaterial in der Frostschutzschicht, welches am Einbauort gewonnen und aufbereitet wird, können durch die Einsparung von Materialtransporten die Umweltwirkungen aus der Herstellungsphase um bis zu 31% reduziert werden.

Wie die Wirkungsabschätzung der Nutzung zeigte, liegen die potentiellen Umweltwirkungen aus der Verkehrsbelastung um den Faktor 100 über denen aus Erhaltung und Herstellung des Oberbaus zusammen, so dass hier das größte Einsparpotential vorliegt. Zahlreiche Studien zeigten bereits den Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit der Fahrbahn auf den Treibstoffverbrauch auf [2 – 7]. Demnach können die Fahrbahneigenschaften, Oberflächentextur, Unebenheit (obere Makro- und Megatextur) sowie Steifigkeit der Fahrbahn den Treibstoffverbrauch in einer Größenordnung von bis zu 10% beeinflussen. Weitere Untersuchungen bzw. Maßnahmen zur Fahrbahnoptimierung wären daher die effizientesten Methoden in der Reduzierung von Umweltwirkungen im Verkehrssektor. So würde bereits eine Reduzierung des Treibstoffverbrauchs um 0,5% für die Nutzungsdauer von 30 Jahren zu einer Einsparung von über 1.150 t CO₂-Äqu. führen.

Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN ISO 14040: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; Berlin; 2006
- [2] Descornet, G.: Road Surface Influence on Tire Rolling Resistance. Surface Characteristics of Roadways: International Research and Technologies, ASTM STP 1031, Seiten 401 – 415, Philadelphia, 1990
- [3] Hultqvist, B.-A. Measurements of fuel consumption on an asphalt pavement and a concrete pavement in Sweden, 11th International Symposium on Concrete Roads, Seville, Spain, 2010
- [4] Taylor, G.W.; Farrel, P.; Woodside A. Effects of pavement structure on vehicle fuel consumption. Phase III – prepared for Natural Resources Canada Action Plan 2000 on Climate Change and Cement Association of Canada by the National Research Council of Canada, January 2006
- [5] Laganier, R.; Lucas, J.: The Influence of Pavement Evenness and Macrottexture on Fuel Consumption. Surface Characteristics of Roadways: International Research and Technologies, ASTM STP 1031, Seiten 454 – 459, Philadelphia, 1990
- [6] Larsson, R.; Andersson, R.: Benefit of Reduced Fuel Consumption From Economic and Environmental Perspectives – A Novel Approach, 8th International Symposium on Concrete Roads, Istanbul, 2004
- [7] Zaniewski, J.: Effect of Pavement Surface Type on Fuel Consumption. SR289.01P Portland Cement Association, Skokie, 1989

Lowke, D.; Stengel, T.; Milachowski, C.:

Erstellen einer Ökobilanz für die Herstellung und Nutzung eines Autobahnabschnitts, TU München, 2009

Thiel, C.; Stengel, T.; Gehlen, C.: Life cycle assessment (LCA) of road pavement materials. In: Pacheco-Torgal, F.; Cabeza, L. F.; Labrincha, J.; Giuntini, A. (Hrsg.): Eco-efficient construction and building materials: Life cycle assessment (LCA), eco-labelling and case studies. Woodhead Publishing Limited, 2014, S. 368 – 400

BETONSUISSE Marketing AG
Marktgasse 53
3011 Bern

T 031 327 97 87
F 031 327 97 70

www.betonsuisse.ch
www.betonistnachhaltig.ch
www.architekturpreis-beton.ch
info@betonsuisse.ch

Sämtliche Präsentationen können unter
www.betonsuisse.ch (Fachtagung Betonstrassen)
als PDF-Dokumente heruntergeladen werden.