

Die Betonstraße – eine nachhaltige Bauweise mit Zukunft

Text | Günter Breyer, Johann Litzka, Johannes Steigenberger

Bilder | © VÖZ, Archiv ISTU

Der Betonstraßenbau konzentrierte sich in Österreich überwiegend auf das hochrangige Autobahn- und Schnellstraßennetz, wo eine starke Verkehrszunahme beim Schwerverkehr, aber auch Sicherheitsbestrebungen (bei Tunnel mit Längen über 1.000 m) die Betonbauweise erforderten.

Einleitung

Die Betonstraße der modernen Generation bietet eine optimale Lösung: hohe Tragfähigkeit und Verformungswiderstand (keine Spurrinnen), längere Instandsetzungsintervalle (weniger Baustellen) und geringeren Erhaltungsbedarf. Im städtischen Bereich findet die Betonbauweise überwiegend Anwendung bei Bushaltestellen, Busspuren und im Kreuzungsbereich. Hinzu kommen Sicherheit im Brandfall, lärmindernde Eigenschaften, hohe Griffigkeit und Helligkeit. Für richtig bemessene und nach modernen Gesichtspunkten gebaute Betonstraßen sind Erneuerungsintervalle von 40 Jahren durchaus realistisch.

Allgemein

Bereits 1990 wurde in Österreich die Waschbetonbauweise mit ihren guten lärmindernden Eigenschaften und ihrem hohen Griffigkeitsniveau eingeführt. Sie stellt heute die Standardbauweise für das hochrangige Straßennetz 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 Liegedauer unter Verkehr kaum von ihren lärmindernden Eigenschaften.

In Deutschland wurde die Waschbetonbauweise mit dem Allgemeinen Rundschreiben (ARS) Nr. 14/2006 zur Regelbauweise erklärt, in den USA wurden 2008 erste Waschbetonstrecken nach österreichischem Vorbild gebaut.

Die Betondecke wird in Zukunft aus volkswirtschaftlicher Sicht weiter an Bedeu-

tung gewinnen. Sie entwickelt sich zu DER nachhaltigen Bauweise: Geringere Lebenszykluskosten für den Baulastträger, Recyclingfähigkeit, Schadstoffreduktions-, Lärmreduktions- und Energiesparaspekte und Nutzen für den Straßenbenutzer durch Verkehrssicherheit, Komfort und Fahrzeugbetriebskosten sowie geringere Staukosten infolge seltenerer Baustellenbehinderungen.

Autobahn-Neubau und -General-erneuerung

Betondecken haben in Österreich eine lange und kontinuierliche Tradition. Seit Jahrzehnten ist kein Jahr ohne eine Betondeckenherstellung vergangen (Abb. 1). Auf Problemstellungen und Entwicklungen in der Praxis kann rasch reagiert und Vorschriften und Richtlinien können schnell an den Stand der Technik angepasst werden.

Betondecken sind hinsichtlich Festigkeit, Lastverteilung, Griffigkeit, Helligkeit, Verschleiß- und Verformungswiderstand für alle Verkehrsflächen geeignet. Sie stellen für das hochrangige Straßennetz (Autobahnen und Schnellstraßen) mit dem stark zunehmenden Schwerlastanteil und dem sich ständig erhöhenden Verkehrsaufkommen, insbesondere aus Gründen der Verkehrssicherheit, des Umweltschutzes und der Wirtschaftlichkeit, eine optimale Lösung dar.

Baugrundsätze

Entsprechend den österreichischen Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS 03.08.63, Oberbaubemes-

Abbildung 1: Generalerneuerung und Verbreiterung Knoten Vösendorf – Südataubahn A2, 2005



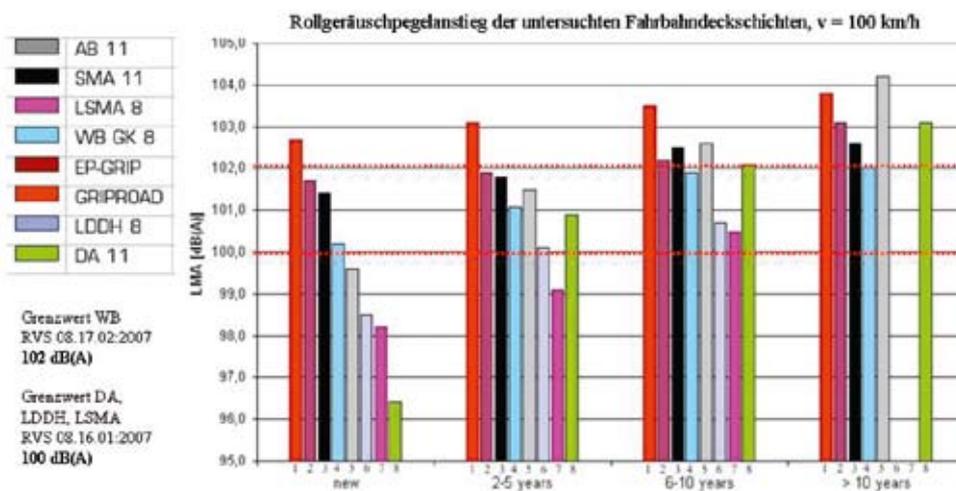


Abbildung 2: Rollgeräuschpegel auf Decken unterschiedlichen Alters [1]

sung [2]) haben Betonstraßen in der höchsten Lastklasse (Lastklasse S bei 18 bis 40 Millionen Bemessungsnormlastwechsel) folgenden Aufbau:

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

Die Betondecke wird nicht bewehrt, sie enthält stets Dübel in den Quertugen und Anker in den Längstugen [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 kommt eine große Bedeutung zur Sicherstellung der prognostizierten Lebensdauer zu. Laut Litzka [4] sind für eine richtig bemessene und nach modernen Gesichtspunkten gebaute Betondecke durchaus Erneuerungsintervalle von 40 Jahren realistisch.

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 soll die Entwässerung der Deckenunterlage an den Tiefpunkten durch Einlegen von flachen Drainageprofilen in die eingefräste Asphaltunterlage sichergestellt werden.

Betonzusammensetzung und Anforderungen

An den Beton werden neben der Festigkeit (Verkehrslasteinwirkung) sehr hohe Anforderungen gestellt: Verschleißfestigkeit, Frost- und Witterungsbeständigkeit, Frost-Tausalz-Beständigkeit, Gleichmäßigkeit bei der Herstellung, Lärminderung, Griffigkeit etc.

Für die Betondeckenherstellung ist ein Portlandhüttenzement CEM II ...-S (DZ), Festigkeitsklasse 32,5 oder 42,5 [5], [6] zu verwenden. Die Biegezugfestigkeit im Alter von 28 Tagen, geprüft nach EN 196-1 [7], muss mindestens 7 N/mm² betragen. Die Mahlfeinheit, bestimmt als spezifische Oberfläche nach Blaine, darf 4.000 cm²/g nicht überschreiten, der Erstarrungsbeginn (20 °C) soll 120 Minuten nicht unterschreiten. Die hochwertigen, polier- und verschleißfesten Gesteinskörnungen werden aus Kostengründen nur für den Oberbeton verwendet. Der Unterbeton kann mit lokal verfügbaren preisgünstigeren Gesteinskörnungen oder auch mit Recyclingzuschlägen aus der alten Betondecke hergestellt werden. Die Betonzusammensetzungen für Ober- und Unterbeton enthalten künstliche Luftporen. Die RVS 08.17.02 [3] enthält Richtwerte für die Betonzusammensetzung (Zementgehalt, Luftgehalt).

Die Waschbetonbauweise stellt heute die Standardbauweise in Österreich dar und hat sich auch im städtischen Bereich bewährt.



Abbildung 3: Waschbetonoberfläche – Margareten Gürtel Wien, 2007

Oberflächenstruktur

Die Betondecke wird in Österreich überwiegend mit einer lärmindernden Waschbetonoberfläche ausgeführt. Bereits 1990 wurde diese Waschbetonbauweise mit ihren guten lärmindernden Eigenschaften und ihrem hohen Griffigkeitsniveau eingeführt.

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 (Abb. 2), in einzelnen Fällen (BMVIT-Forschungsvorhaben „Lärmtechnisches Verhalten von Waschbetonoberflächen“ [8]) konnte sogar eine Abnahme der Lärmemissionen festgestellt werden.

Bewährt hat sich diese Bauweise auch im städtischen Bereich, wo Straßenbeton mit Fließmittel (Abb. 3) eingebaut wird.

Betondecke im Tunnel

Tunnel werden unter größtmöglichen Sicherheitsaspekten geplant und gebaut. Als Folge der schweren Brandereignisse in Tunneln in den vergangenen Jahren wurde in Österreich in der RVS 09.01.23 [9] festgelegt, dass ab einer Tunnelänge von 1.000 m eine Betonfahrbahndecke anzuordnen ist (Abb. 4).



Abbildung 4: Betonfahrbahndecke im Herzogbergtunnel, Südataubahn A2



Abbildung 5: Kreisverkehr Schwechat, NÖ

12-Stunden-Beton

War bis vor wenigen Jahren für Instandsetzungsmaßnahmen der 24-Stunden-Beton im Wiener Raum noch gängige Praxis für die Reparatur von einzelnen Betonfeldern, so reicht er bei dem ständig steigenden Verkehrsaufkommen heute nicht mehr. Im Juli 2002 wurde erstmals auf der A23 ein so genannter 12-Stunden-Beton in großen Mengen eingebaut. Mit diesen Rezepturen wurden keine Kleinstflächen repariert, sondern an nur zwei Wochenenden etwa 1.250 m² Fahrbahn saniert [10].

Neben optimaler Organisation und Ablaufplanung der Reparaturbaustelle spielt vor allem die Erhärtungsgeschwindigkeit des neuen Betons eine entscheidende Rolle [11]. Durch den Einsatz von geeigneten, leistungsfähigen Fließmitteln können der W/B-Wert bei gleichbleibender Verarbeitbarkeit gesenkt und die Erhärtungsgeschwindigkeit erhöht werden.

Kreisverkehrsanlagen mit Betonfahrbahndecke

Im Osten Österreichs wurden in den letzten Jahren immer häufiger Kreisverkehrsanlagen mit Betonfahrbahndecken ausgestattet (Abb. 5), die Tendenz der Anwendung ist steigend. Die Betonbauweise gelingt, wenn die Decke richtig dimensioniert wird und eine hohe, gleichmäßige Qualität aufweist.

2006 wurden die Empfehlungen in einem Merkblatt „Kreisverkehrsanlagen mit

Betonfahrbahndecke“ [12] zusammengefasst und von der ÖVBB herausgegeben. Inzwischen wurde auch eine RVS „Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecke“ [13] veröffentlicht.

White Topping

Bei stark belasteten Asphaltstraßen entstehen in Hitzeperioden in Staubereichen (z. B. vor Kreuzungen, Bushaltestellen etc.) häufig Spurrinnen. Instandsetzungen erfordern meist den Austausch dicker Schichten, manchmal treten wieder Verformungen auf.

Mit einer innovativen Technik können diese Spurrinnen dauerhaft instand gesetzt werden: Die alte Asphaltunterlage wird etwa 10 cm tief abgefräst und die verbleibende Oberfläche sorgfältig gereinigt. Anschließend wird hochwertiger Straßenbeton entsprechend der Frästiefe aufgebracht, sodass ein guter Verbund entsteht. Diese Technik nützt die Tragfähigkeit der verbleibenden Asphaltdecke

Mit einer innovativen Technik können diese Spurrinnen dauerhaft instand gesetzt werden ...

und stellt die Verformungsresistenz durch die dünne Betondecke sicher [14].

In den USA bereits Standardbauweise, wurden in Österreich erste Strecken auf dem Bauhof der Firma Pittel & Brausewetter in Wien (1997), auf dem Werksgelände der Firma Lafarge Perlmöser GmbH in Mannersdorf, im Zentrum von Hartberg (Stmk.) und im Herbst 2006 am Grenzübergang Berg (NÖ) errichtet (Abb. 6).

Beton im ländlichen Straßenbau

Auch für schwach belastete Straßen und Wege zur Erschließung des ländlichen Raumes kann die Betondeckendeckenbauweise wirtschaftlich und sinnvoll eingesetzt werden.

Abbildung 6: White-Topping-Referenzstrecke Berg, NÖ



Anfang der 80-er Jahre wurde ausgehend von den Bundesländern Steiermark, Oberösterreich und Niederösterreich begonnen, Betondecken im ländlichen Straßenbau anzuwenden [15]. Als Vorteil wurde hier die lange Lebensdauer verbunden mit minimalem Erhaltungsaufwand angesehen. Diese Anlagen wurden überwiegend mit einfachen Gleitschalungsfertigern bzw. adaptierten Schwarzdeckenfertigern hergestellt und haben sich technisch voll bewährt.

Heute hat der Beton im ländlichen Straßenbau ganz besonders im Zusammenhang mit dem Betonspurwegebau eine Bedeutung. Diese beiden ca. je 1 m breiten Spurwege werden ebenfalls mit Fertiger eingebaut. Diese Bauweise entspricht auch den hohen ökologischen Anforderungen in sensiblen Naturregionen.

Betondecken aus volkswirtschaftlicher Sicht

Die Auswahl des Straßenoberbaues erfolgt heute nach gesamtwirtschaftlichen Kriterien unter Berücksichtigung der Lebensdauer, der Verfügbarkeit und des Erhaltungsbedarfs [16]. Der volkswirtschaftliche Nutzen der Betondecke manifestiert sich in der erhöhten Verkehrssicherheit, den geringen Behinderungen durch Baustellen und einer längeren Lebensdauer. Dieser Bonus der Betonbauweise aufgrund der geringeren Lebenszykluskosten kommt jedoch nur dann zum Tragen, wenn die Betondecke richtig dimensioniert wird und eine hohe Qualität aufweist.

Die gesamtwirtschaftliche Betrachtungsweise bezieht sich einerseits auf die Nachhaltigkeit des Bauverfahrens und andererseits auf die Nutzerfreundlichkeit für die Straßenbenutzer. Die Bewertung dieser Aspekte sollte transparent nach einheitlichen – d.h. nach möglichst standardisierten – Prozessen erfolgen. Herkömmliche Kosten-Nutzen-Untersuchungsmethoden bieten dazu ein geeignetes Instrumentarium. Beispielsweise ergibt sich der Nutzen für die Baulastträger aus den Lebenszykluskosten, der Nutzen für die Umwelt ergibt sich aus der Recyclingfähigkeit, der Ressourcenschonung sowie aus Lärmschutz- und Energiesparaspekten. Der Nutzen für den Straßenbenutzer resultieren sich aus den Faktoren Verkehrssicherheit, Komfort und Fahrzeugbetriebskosten sowie den geringeren Staukosten infolge seltenerer Baustellenbehinderungen.

Entscheidungskriterien für den Bauherrn

Mit der RVS 03.08.71 „Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Oberbaukonstruktionen im Straßenbau“ [17] steht in Österreich ein geeignetes Planungsinstrument zur Bestimmung der Lebensdauerkosten zur Verfügung. Die Methode der Investitionsrechnung erlaubt es zudem, die Baulastträgerkosten für einen definierten Zeitraum zu bestimmen. Zusätzlich werden Ansätze zur Ermittlung der Nutzerkosten vorgegeben.



Abbildung 7: Einbau mit Fertiger



Abbildung 8: Spurweg Horitschon, Bgld.

Die Erfahrung zeigt, dass für schwer beanspruchte Straßen (ab einem DTLV von etwa 8.000 Schwerfahrzeugen pro Tag) die Betonbauweise praktisch unbestritten ist. Dort, wo Schwerverkehrfahrzeuge nur langsam fahren oder immer wieder stehen bleiben und anfahren, hat die Betonbauweise bereits bei geringerer Verkehrsbelastung ihre wirtschaftliche Berechtigung. Dazu zählen z. B. Steigungs- und Kreuzungsbereiche, Bushaltestellen und Busspuren. Dass der Anteil an Straßen mit Betonfahrbahndecken im Wiener Stadtgebiet steigt, ist dafür ein gutes Beispiel.

Abbildung 9 zeigt, stark schematisiert, die Einsatzdomänen für Asphalt- und Betonstraßenkonstruktionen in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung und vom Anteil der Strecken mit langsamem Schwerverkehr. Im Überschneidungsbereich der beiden Domänen müssen die für das jeweilige Bauvorhaben wichtigen gesamtwirtschaftlichen Kriterien und die im Wettbewerb erzielbaren Preise als weitere Entscheidungskriterien herangezogen werden.

Die absolut richtige Bauweise gibt es nicht. Die Wahl der Oberbaukonstruktion stellt immer einen Kompromiss dar. Betonfahrbahndecken sind für schwer belastete Straßen wirtschaftlich und wettbewerbsfähig, wenn sie für eine 40- bis 50-jährige Lebensdauer konzipiert sind und die ersten 15 bis 20 Jahre so gut wie keine Erhaltungsmaßnahmen

Abbildung 9: Entscheidungsschema für die Wahl der Oberbaukonstruktion [16]

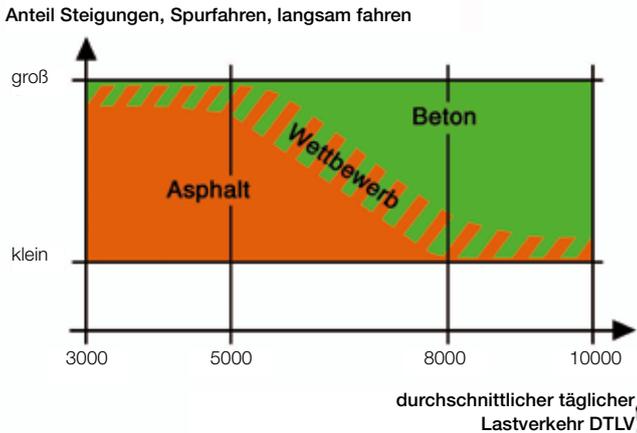


Abbildung 10: Erhaltungsabfolgen für bituminöse und zementgebundene Bauweise [18]

Nutzungszeit	Bituminöse Bauweise	Zementgeb. Bauweise
Bau	Bau/Erneuerung	Bau/Erneuerung
ca. 10 Jahre	Instandsetzung	nur vereinzelte Felder
ca. 20 Jahre	Instandsetzung	
ca. 30 Jahre	Erneuerung	Erneuerung

benötigen. Beim Bau von Betonfahrbahndecken ist immer zu beachten, dass die Betonherstellung und der Einbau relativ anspruchsvoll sind. In der Regel verzeiht die Betonbauweise weder eine oberflächliche Handhabung noch kleinere Fehler. Derartige Mängel können zu Wertminderungen führen, da sie sich oft nur unzureichend sanieren lassen. Dies stellt hohe Anforderungen an Fachkenntnisse und Sorgfalt aller Beteiligten.

Aspekt Volkswirtschaft

Die internationale Fachtagung 2005 „Betondecken aus volkswirtschaftlicher Sicht“ [18] hat aufgezeigt, dass für eine nachhaltige Betrachtungsweise die Zusammenschau sozialer, wirtschaftlicher und umweltrelevanter Fakten einen Weitblick verlangt, der nicht bei der Diskussion über den Baustoff und die Bauweise enden kann. Der volkswirtschaftliche Nutzen einer bereitzustellenden Fahrbahn kann beispielsweise durch Untersuchungen von Lebenszykluskosten und Nutzwertanalysen sowie durch Anforderungen aus rechtlichen Zwängen und vertraglichen Sicherungen, Umweltnutzen und dem Nutzen für den Straßenbenutzer definiert und belegt werden.

Um die strategische und wirtschaftliche Bedeutung von Investitionen zu bestimmen, bietet sich die Nutzwertanalyse an. Dabei werden alle wichtigen Sachziele, wie z. B. die volkswirtschaftliche und regionale Bedeutung, der Nutzen für Straßenbenutzer und Anrainer, berücksichtigt. Um im

Ablauf einer Nutzwertanalyse die Ergebnisse vergleichen zu können, sollte eine Standardisierung erfolgen. Durch die Gewichtung der Ziele und deren Kriterien werden die Subjektivität und die Möglichkeit der Fehlinterpretation eingeschränkt. Neben dem Bar- und dem Nutzwert werden die Umweltverträglichkeit und potenzielle Projektrisiken als weitere Analyse Kriterien empfohlen.

Für die Wahl einer Straßenoberbaukonstruktion ist auch die Festlegung der Instandsetzungsintervalle und der Bemessungsperiode in Abhängigkeit von der zunehmenden Verkehrsbelastung relevant. Obwohl grundsätzlich jeder Einzelfall in einer Kosten-Nutzen-Rechnung neu untersucht werden sollte, liefern diese Berechnungen Erfahrungswerte, die folgendes Bild zeichnen: Die Betondecke ist bei hohem Schwerverkehrsanteil, bei hohem Anteil an Langsamfahrten, aber auch bei Feld- und Forstwegen mit einer geringen Verkehrsbelastung aus wirtschaftlicher Sicht überlegen. Hinzu kommen Sonderanwendungen wie Tunnelstrecken, Abstellflächen für den Schwerverkehr und Kreisverkehrsanlagen.

Vorliegende Rechtsgrundlagen lassen eine verstärkte Berücksichtigung volkswirtschaftlicher und ökonomischer Aspekte zu, beziehungsweise gebieten sie sogar. Dabei geht es um die Frage, was dem Straßenerhalter zumutbar ist und welcher Straßenzustand erhalten werden muss (Abb. 10). Aufgrund der längeren Nutzungszeit ohne notwendige Instandsetzungsarbeiten ergibt sich so langfristig ein weiterer Vorteil: einschränkungsfreie Verfügbarkeit und positiver Einfluss auf die Einnahmen aus der Bemannung.

Die Recyclingfähigkeit von Beton ist ein wichtiger Faktor in Bezug auf die Nachhaltigkeit. So können natürliche Ressourcen geschont werden, da das Material der alten Betonstraße für ein hochwertiges Produkt wiederverwendet wird.

Aspekt Ökologie

Neben dem Kostenfaktor schneiden Betonstraßen auch aus ökologischer Sicht gut ab. Die Recyclingfähigkeit von Beton ist ein wichtiger Faktor in Bezug auf die Nachhaltigkeit. So können natürliche Ressourcen geschont werden, da das Material der alten Betonstraße für ein hochwertiges Produkt wiederverwendet wird. Die Landschaft wird geschont, da keine Deponien notwendig sind und die Transportbelastung im lokalen Straßennetz auf ein Minimum reduziert wird und die Emissionen gesenkt werden.

Sozialer Aspekt

Ein sehr starkes Argument stellt die Sicherheit dar. Mit der in Österreich seit 15 Jahren üblichen Waschbetonstruktur wird eine Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche erzielt, die der Straßenbenutzer heute als selbstverständlich voraussetzt. Ein Sicherheits- und Komfortmerkmal (welches sich in einem gewissen Grad auch im Treibstoffverbrauch niederschlägt) ist die Ebenheit der

Fahrbahndecke in Längs- und Querrichtung. Weil bei Betonverkehrsflächen keine Spurrinnen entstehen können, kann insbesondere hier ein Bonus vermerkt werden. Noch viel zu wenig dokumentiert sind die Auswirkungen der Helligkeit der Fahrbahnoberfläche, die auch der sozialen Nachhaltigkeit zuzurechnen sind.

Der volkswirtschaftliche Nutzen einer bereitzustellenden Fahrbahn wird durch die gemeinsame Betrachtung und Abwägung all der angeführten Aspekte ganz im Sinne einer nachhaltigen Bewirtschaftung dargestellt werden können – in wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Hinsicht für den Baulastträger, den Nutzer und die Umwelt.

Literatur

- [1] Haberl, J.; Litzka, J.: Bewertung der Nahfeld-Geräuschemission österreichischer Fahrbahndeckenschichten, Reihe Straßenforschung des BMVIT, Heft 554, S. 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] ÖNORM EN 197-1, Ausgabe Dezember 2000: Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement. Österr. Normungsinstitut, Wien.
- [6] ÖNORM B 3327-1, Ausgabe Jänner 2002: Zemente gemäß ÖNORM EN 197-1 für besondere Verwendungen. Teil 1: Zusätzliche Anforderungen. Österr. Normungsinstitut, Wien.
- [7] ÖNORM EN 196-1, Ausgabe Juli 1995: Prüfverfahren für Zement; Teil 1: Bestimmung der Festigkeit. Österr. Normungsinstitut, Wien.
- [8] Haider, M.: Lärmtechnisches Verhalten von Waschbetonoberflächen, BMVIT Straßenforschung, Heft 583, Wien, 2009.
- [9] RVS 09.01.23 (9.234), Ausgabe September 2001: Projektierungsrichtlinien für Tunnel, Bauliche Gestaltung – Innenausbau, Österr. Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV), Wien.
- [10] Klinke, H.; Rischer, M.; Steigenberger, J.: 12-Stunden-Beton. Reparaturarbeiten an der A 23 jetzt noch schneller. Zement und Beton, Heft 3/2002.
- [11] Steigenberger, J.: Noch kürzere Reparaturzeiten mit dem 12-Stunden-Beton. Aktuelles zum Thema Betonstraßen. update, 2/2003.
- [12] Merkblatt „Kreisverkehrsanlagen mit Betonfahrbahndecke“, ÖVB, Wien 2006.
- [13] Merkblatt RVS 08.17.03, Ausgabe Oktober 2008: Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecke, Österreichische
- Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV), Wien, www.fsv.at.
- [14] Steigenberger, J.; Macht, J.; Krispel, S.: White Topping – Erfahrungen von einer Versuchsstrecke. Straßenbautechnisches Seminar, ISTU, Vortragsmanuskript 2007.
- [15] Wegebau mit Beton. Broschüre, Verein der Österr. Zementfabrikanten, Wien, 1982.
- [16] Breyer, G.: Entscheidungskriterien für den Bau von Betonfahrbahndecken in Österreich. Vortrag bei der 1. Konferenz „Betonfahrbahnen 2004“ in Slavkov, CZ.
- [17] RVS 03.08.71 (RVS 2.21), Ausgabe Mai 2001: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Oberbaukonstruktionen im Straßenbau. Österr. Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr (FSV), Wien.
- [18] Internationale Fachtagung 2005 „Betondecken aus volkswirtschaftlicher Sicht“. Vortragsband, Wien, 2005; www.zement.at (<http://www.zement.at/page.asp?c=158>).

Autoren:

MR DI Dr. Günter Breyer
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
o. Univ. Prof. DI Dr. Johann Litzka
Institut für Verkehrswissenschaften, TU Wien
DI Dr. Johannes Steigenberger,
Forschungsinstitut der VÖZ

► www.istu.tuwien.ac.at ► www.zement.at
► www.bmvit.gv.at



Unser Zement schafft die Grundlagen für eine lebenswerte Zukunft.