

GRIFFIG

Aktuelles über Verkehrsflächen aus Beton



FGSV-Betonstraßentagung 2021

Am 5. und 6. Oktober 2021 fand im Veranstaltungszentrum der Ruhr-Universität Bochum die Betonstraßentagung 2021 statt. Aufgrund der über die Jahresmitte stark zurückgegangenen Infektionszahlen konnte die Veranstaltung unter Einhaltung der geltenden Hygieneregeln in Präsenzform durchgeführt werden. Nach der Eröffnung und Begrüßung der Teilnehmer durch den Leiter der Arbeitsgruppe 8, Herrn Thomas Wolf, und durch die FGSV-Vorsitzende, Frau Elfriede Sauerwein-Braksiek, fanden die diesjährigen Preisverleihungen statt.

Der Otto-Graf Preis 2020 wurde pandemiebedingt um ein Jahr verschoben. Herrn Stephan Villaret verliehen. Herr Villaret war in den zurückliegenden Jahren in vielen FGSV-Gremien, teilweise leitend, an der Entwicklung zahlreicher Regelwerke des Betonstraßenbaus beteiligt. Seine Mitarbeit an den FGSV-Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung von Betondecken im Oberbau von Verkehrsflächen (RDO Beton) war impulsgebend, ebenso seine Untersuchungen zu den

Ursachen und zur Prävention von Hitzeschäden.

Herrn Rüdiger Ziener wurde der Förderpreis „Verkehrsbau“ der Otto-Graf-Stiftung verliehen. Herr Ziener hat sich im Rahmen seiner Tätigkeit in der Autobahndirektion Nordbayern und später bei der Autobahn GmbH als Vertreter der Auftraggeberseite sehr intensiv mit der Anwendung der Betonbauweise beschäftigt und vor allem die Praxisforschung am gebauten Objekt mit Projektangeboten tatkräftig unterstützt.

Herrn Rupert Schmerbeck wurde die FGSV-Ehrennadel für sein langjähriges Wirken in vielen FGSV-Gremien und seiner umfangreichen Mitgestaltung an vielen Regelwerken des allgemeinen Straßenbaus und insbesondere des Betonstraßenbaus ausgezeichnet.

Der erste Teil des Vortragsprogramms am ersten Veranstaltungstag stand unter dem Motto „Nachhaltigkeit – weiter gedacht“ und wurde moderiert durch Herrn Thomas Wolf. Zunächst erläuterte Herr Ulrich

Nolting, Geschäftsführer des InformationsZentrums Beton, den Weg der Zementindustrie in eine CO₂-ärmere Zementproduktion. Die Industrie verfolgt dabei mehrere Ansätze, um bis spätestens 2050 CO₂-neutral zu produzieren. Prof. Dr.-Ing. Ulf Zander erläuterte in seinem Vortrag die aktuellen Ansätze der Bundesanstalt für Straßenbau (BASt) bei der Forschungslenkung zur Beförderung größerer Nachhaltigkeit im Ausbau, im Betrieb und im Erhalt der nationalen Verkehrsinfrastruktur. Im Abschluss des ersten Vortragsblocks zeigten Stephan Villaret und Dr.-Ing. Marko Wieland Grundlagen und Wege auf, den Betonstraßenbau nachhaltiger zu gestalten.

Der zweite Vortragsblock des ersten Veranstaltungstages trug den Titel „Beton – Erforscht und erprobt“ und wurde moderiert von Herrn Ltd. RDir. Rudi Bull-Wasser von der BASt. Der Block wurde eröffnet von Frau M. Sc. Sabine Wiedemann, TU München, die in Ihrem Vortrag zu den Ergebnissen der Forschung an Asphaltzwischen-schichten unter Betonfahrbahnen berichtete.

KOMMENTAR



Dipl.-Ing. Martin Peck,
Gütegemeinschaft Verkehrsflächen
aus Beton e.V.

Das Thema der Nachhaltigkeit drückt derzeit mit großer Kraft, aber noch ohne inhaltliche Struktur in die Gremienarbeit der FGSV. Das kommt nicht früh und etwas unvermittelt und muss nun in eine Arbeitssystematik umgesetzt werden. Die Implementierung dieses Themas in die Regelwerksarbeit ist gleich aus mehreren Gründen wichtig und kann die Anwendung der Bauweisen in der Tat neu gewichten. Regelwerke sind maßgebende und hilfreiche Marktfaktoren. Sie sind die Spielregeln, die für alle Teilnehmer gleichermaßen gelten und so für ein Mindestmaß an Chancengleichheit sorgen.

In der FGSV wurde deshalb ein neues Querschnittsgremium eingerichtet, dass sich mit der Relevanz und der Konkretisierung des Themas Nachhaltigkeit für den nationalen Verkehrswegebau beschäftigen soll. Im Ergebnis sollen Grundkriterien entwickelt werden, die über die Arbeitsausschüsse bis in die Arbeitskreise weitergeleitet und dort als neue Rahmenbedingungen in die entwickelten Bauregeln einfließen sollen. Allerdings muss zunächst der Betrachtungshorizont festgelegt und identifiziert werden, was in das Thema Nachhaltigkeit im

Fortsetzung auf Seite 16



Bild: GVP

Bild 1: Stephan Villaret empfängt den Otto-Graf-Preis 2020 von Frau Sauerwein-Braksiek



Bild: FGSV

Bild 2: Verleihung des Förderpreises „Verkehrsbau“ der Otto-Graf-Stiftung an Rüdiger Ziener



Bild: FGSV

Bild 3: Rupert Schmerbeck erhält die FGSV-Ehrennadel

Die Bauweise stellt unter anderem eine technische Alternative zur Bauweise mit Vliesunterlage dar. Frau Alexandra Spilker, BAST, und Herr Dr. Ing. Thomas Beckenbauer erläuterten ihre Untersuchungsergebnisse zum Einfluss von Fugen auf die Lärmmissionen einer Betonfahrbahn-decke. Thomas Wolf und Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher zeigten die Erkenntnisse aus einem Praxisversuch mit unterschiedlichen Zementen in Ober- und Unterbeton auf, der an der Ruhr-Universität Bochum durch Laborversuche unterstützt wurde und die Erweiterung der Zementanwendung in den TL Beton-StB unterstützen soll. Herr Dr.-Ing. Frederic Otto, RWTH Aachen, warf mit seinem Vortrag zu bautechnischen Konzepten zum dynamischen induktiven Laden von E-Fahrzeugen auf Betonfahrbahnen einen ambitionierten Blick in eine mögliche Zukunft des Betonstraßenbaus.

Der erste Vortragsblock des zweiten Veranstaltungstages trug den Titel „Regelwerke: weiterentwickelt und angewandt“ und wurde moderiert von Andreas Tiemann, Heinz Schnorpfel Bau GmbH in Treis-Karden. Im ersten Vortrag stellte Herr Dr.-Ing. Mike Wolf von der TU Dresden neue Regelwerke zu Schichten ohne Bindemittel vor. Anschließend diskutierte Herr BR Rüdiger Ziener von der Autobahn GmbH, Nürnberg, die Entscheidungskriterien für die Wahl der Betonbauweise am Beispiel eines Erneuerungsabschnitts an der BAB A9. Herr Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher zeigte in seinem Vortrag „Raumfugen in großen Betonflächen“ was bei der Planung und Ausführung besonders großer Betonflächen zu beachten ist. Tim Alte-Teigeler von der Fa. OAT berichtete in seinem Vortrag zu Möglichkeiten der Qualitätssicherung und Potenzialen zur Qualitätsverbes-

serung von Fugenfüllstoffen. Den letzten Vortragsblock der Veranstaltung moderierte Herr Prof. Dr.-Ing. Stephan Freudenstein von der TU München. Der Block trug den etwas provokativen Titel „Betonfahrbahnen – Bewährt bewehrt?“ und behandelte in drei Vorträgen die durchgehend bewehrte Bauweise für Betondecken. Zunächst berichtete Frau Martina Bollin von der TU München zu den Ergebnissen der Untersuchungen zum Rissverhalten von durchgehend bewehrten Betonfahrbahn-decken. Frau Prof. Dr. Ing. Anne Beeldens von AB-Roads in Brüssel berichtete von den umfangreichen Erfahrungen mit dieser Bauweise im benachbarten Belgien. Anschließend erklärte Herr ORR Stefan Höller von der BAST den aktuellen Stand und die geplanten Forschungen und Streckenrealisierungen in Deutschland.

Horizontal-hybrider Straßenbau Mit dem richtigen Baustoff an der richtigen Stelle Erhaltungszyklen verlängern

Dipl.-Ing. Andreas Tiemann, Treis-Karden

Wenn es darum geht, die Befestigungsart einer Verkehrsfläche vorzugeben, sind die Entscheidungen häufig durch planerisches Traditionsdenken und damit emotional geprägt. Der Verkehrsflächenbau in Deutschland ist seit der Nachkriegszeit bereits in der Lehre baustofflich weitgehend mit der Asphaltbauweise hinterlegt, weshalb oft mangelndes Fachwissen und mangelnde Praxiskenntnisse im Umgang mit dem Baustoff Beton den Entscheider reflexhaft zum Asphalt greifen lassen, auch wenn ein Oberbau mit Betondecke die dauerhaftere und in vielen Punkten auch nachhaltigere Konstruktion darstellt.

Die Frage „Asphalt oder Beton?“ in gegenseitiger Substitution ist ohnehin überwiegend technisch nicht sinnvoll. Wenn man die Baustoffwahl streng auf die jeweils geltenden technischen Anforderungen zurückführt, stellt sich diese Frage letztlich nur bei wenigen Anwendungen, ansonsten sprechen meist eindeutige Entscheidungskriterien für die eine oder die andere Bauweise. Der richtige Baustoff an der richtigen Stelle auf Basis einer ingenieurgerechten Entscheidung ist stets die technisch beste und am Ende nachhaltigste Lösung. Zudem haben beide Baustoffe sowohl übereinander wie auch nebeneinander in Verkehrsflächen angeordnet schon mehrfach belegt, dass die Kombination besondere Vorteile ergeben kann, die jede Bauweise für sich in dieser Art nicht bietet. Vor allem der Einbau nebeneinander, die sogenannte horizontal-hybride Bauweise, wurde schon mehrfach mit Erfolg angewendet: Es wurden hohe Dauerhaftigkeiten der Gesamtkonstruktion erreicht, befürchtete Systemschwächen im stofflichen Übergang haben sich nicht bestätigt und der Erhaltungsaufwand war erfreulich gering. In der

horizontal-hybriden Bauweise wird Asphalt für die Pkw-Fahrs Spuren sowie als Auflager der Betonflächen eingesetzt und der Fahrbahn beton für Lkw-Fahrs Spuren und Kombinationsflächen. Auf diese Weise spielt jeder Baustoff seine Stärken aus, können die Erhaltungszyklen erheblich verlängert und gleichmäßig werden.

Asphalt und Beton sind zwei Baustoffe mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften. Im modernen Straßenbau müssen sie aber keine Kontrahenten sein, denn eine Marktkonkurrenz ist technisch kaum begründbar. Sie geht zurück auf die Zusammenfassung der Bauweisen in den RStO, in denen beiden Bauweisen eine gleiche technische Leistungsfähigkeit, vor allem Dauerhaftigkeit, zugeschrieben wird. Das war in den frühen Zeiten der Republik mit ebenso geringer Allgemeinmotorisierung und erheblich geringeren Fahrzeuggewichten im Pkw- und im Schwerkverkehr und einer wenig entwickelten Betonbauweise vielleicht annähernd der Fall, stimmt aber in der Praxis seit mehr als 30 Jahren nicht mehr. Zudem verstellt diese Gleichmache-

rei im Regelwerk den kreativen Blick auf die besonderen Eigenschaften und Qualitäten beider Bauweisen, die sich in der intelligenten Kombination im Besonderen zeigen können.

Beim horizontal-hybriden Straßenbau werden beide Bauweisen gezielt kombiniert und ergänzen sich hervorragend. Dahinter steht die Erkenntnis, dass die einzelnen Fahrstreifen unserer Fernstraßen unterschiedlich stark vom Schwerkverkehr beansprucht werden und letztlich der Schwerkverkehr das bestimmende Element für die Dauerhaftigkeit und die Intensität der nötigen Erhaltung ist. So ist es naheliegend und technisch günstig, trotz gleicher Belastungsklasse auf den einzelnen Fahrstreifen unterschiedliche Bauweisen anzuwenden und dabei die Dauerhaftigkeiten in den einzelnen Fahrstreifen zu maximieren und einander anzugleichen.

Die horizontal-hybride Bauweise nutzt die Stärken beider Baustoffe sehr konsequent und kann beim Neubau ebenso wie bei der Instandsetzung von Fernstra-

ßen realisiert werden: eine Konstruktion mit Betondecke in den Standstreifen und in den (rechten) Hauptfahrstreifen, Asphalt für den zweiten und alle weiteren Fahrstreifen. Die Bauweise kann auch bei einer Querschnittsverbreiterung mit zusätzlichen Fahrstreifen, im Übergang zu Beschleunigungs- und Verzögerungsfahrstreifen oder auf Park- und Rastanlagen angewendet werden. Diese Kombination der Bauweisen orientiert sich allein an der Art und Schwere der Belastung.

Für die praktische Umsetzung wurde 2017 das FGSV-Hinweisblatt „Hinweise zur Bauweise: 'Beton an Asphalt', H BaA“ (FGSV Nr. 819) herausgegeben. Eine der Hauptgrundlagen des Hinweisblatts war die Anwendung der horizontal-hybriden Bauweise bei der Erneuerung und Erweiterung des Kölner Autobahn rings zum zurückliegenden Jahrtausendwechsel. Die dort entstandenen, überwiegend sehr hoch mit Schwerkverkehr belasteten Streckenabschnitte wurden etwa 2015 beurteilt – also ungefähr zu einer Zeit, zu der bei einer reinen Asphaltkonstruktion unter der gegebenen Belastung die ersten grundhaften Erhaltungsmaßnahmen zu erwarten gewesen wären. Die horizontal-hybriden Konstruktionen hatten sich nach ca. 15 Jahren Nutzung sehr gut bewährt, die erforderliche Erhaltung war gering und nicht konstruktionsbedingt.

Im H BaA sind Anwendungsbeispiele sowie Planungs-, Konstruktions- und Ausführungsgrundsätze dargestellt und im Text und an Bildern nachvollziehbar erläutert. Die dort vorgestellten Prinzipien können auf alle Belastungsklassen angewendet werden. Das Hinweisblatt geht auch auf wichtige Details ein und formuliert Bauregeln, die auf den gemachten Erfahrungen basieren. Das Hinweisblatt ist konzentriert gefasst, gut lesbar und als technische Richtlinie zur Planung und Ausführung sehr gut geeignet. Die dort entwickelten Grundsätze eignen sich für jede Ausprägung der Betonbauweise (Plattenbauweise, DBBD) und sind unabhängig von der Oberflächen-textur der Betondecke.

Der Bauablauf teilt sich auf in den Asphalt- und den Betonbau. Beide Bauweisen können besonders effektiv kombiniert werden, wenn für die Betonbauweise die Oberbaukonstruktion gemäß RStO 12, Tafel 2, Zeile 2 gewählt wird, also ein Konstruktionsaufbau mit einer Betondecke auf Asphalttragschicht. Neben einer guten technischen und baubetrieblichen Verbindung der beiden Bauweisen hat die Wahl der Konstruktion mit Asphalttragschicht auch in der Nutzung technische Vorteile: Die plasto-elastische Asphalttragschicht zeigt unter der starren Betondecke ein besonders positives Betungsverhalten. Dies folgt dem Grundsatz,



Bild 1: A61 – Fahrbahnabschnitt in horizontal-hybrider Bauweise bedeckt, eingepackt und gewässert.

die Festigkeit bzw. Steifigkeit der Konstruktion von unten nach oben kontinuierlich zu steigern. Vor allem bei saisonalen oder tagesrhythmischen Plattenverformungen (Schüsseln, Wölben) zeigt die Asphalttragschicht ein gutes Nachbettungsvermögen, wodurch Spannungsspitzen in der Betondecke und unplanmäßige Risse wirksam verhindert werden. Dies kann die Dauerhaftigkeit der Gesamtkonstruktion noch einmal deutlich steigern.

Im Bauablauf können sowohl die Asphaltkonstruktion, wie auch die Betonseite zuerst gebaut werden. Auch eine quasi parallele Herstellung Zug-um-Zug ist möglich. Wird die Betondecke zuerst gefertigt, ist es günstig, die Asphaltkonstruktion an der Längsseite zu Betonkonstruktion um etwa 30 cm zu überbauen und den Asphaltdeckenaufbau vor der Herstellung gerade zurückzuschneiden. Dadurch entsteht im Asphaltaufbau eine gleichmäßig gute Verdichtung bis zur Abschnittkante. Wird die Asphaltseite zuerst hergestellt, sollte der Asphaltaufbau mit einer Gussasphaltdeckschicht abschließen. Dies vermeidet Kantenschäden an der Betondecke durch Walzenkontakt und Höhenversätze zwischen Asphalt und Beton.

Die Frage nach der qualitativ hochwertigsten Ausführungsform kann eindeutig mit der Reihenfolge „erst Asphalt, dann Beton“ beantwortet werden – wobei hier eine Gußasphaltdeckschicht angeordnet werden sollte.

Bei der Anordnung von Beton- und Asphaltkonstruktion direkt nebeneinander ergibt sich im Materialübergang eine Längsfuge, an deren Ausführung einige besondere Anforderungen zu stellen sind. Die Konstruktion und Ausführung dieser Fuge zwischen den unterschiedlichen Bauweisen ist maßgeblich für die Haltbarkeit des Hybridsystems.

In den zurückliegenden Jahren wurden beim Bau von horizontal-hybriden Fahrbahnen unterschiedlichste Fugenausbildungen im Übergangsbereich erprobt. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wurden in den H BaA Empfehlungen entwickelt und ausführlich dargestellt. Alle Varianten verfolgen dabei das Ziel, eindringendes Wasser möglichst rasch und ohne Einstau in tiefergelegene Konstruktionsschichten abzuleiten. Dadurch werden Frostschäden und Sekundärschäden gerade durch die dynamischen Belastungen bei Überrollungen wirksam verhindert.



Bild 2: Einbau der Gussasphaltdeckschicht

Der sensibelste Bereich der horizontalen Hybridbauweise ist die Kontaktstelle Beton-Asphalt. Wie allgemein bekannt, ist eine Fuge niemals zu 100 % dicht und eindringendes Wasser im Fugenbereich kann erhebliche Schäden verursachen. Zur Ableitung eindringenden Wassers wird die Fuge durch den gesamten Oberbau als wasserleitende Konstruktion ausgeführt. Hierzu wird auf Ebene der Unterlage zwischen Asphalt- und Betonaufbau eine schmale Schicht dränfähiges Material eingebaut (Dränbeton, Drängokies).

Der in Längsrichtung freie Plattenrand der Betondecke zur Überholspur stellt kein konstruktives Risiko dar. In den bisher realisierten Strecken konnten keine Überlastungsbrüche festgestellt werden. Offensichtlich besteht aufgrund des Überfahrens der Fuge in sehr spitzen Winkeln sowie der Einbindung in den Asphalt am Plattenrand keine erhöhte Überlastungsgefahr.

Praxisbeispiel A 61, Boppard – Dieblich (2017 und 2019)

In der Vergangenheit wurden bereits mehrfach Erprobungen oder Anwendungen der horizontal-hybriden Bauweise realisiert. In Rheinland-Pfalz wurden seit 2017 auf der BAB A61 im Großraum Koblenz bereits mehr als zwölf Autobahnkilometer in mehreren Projektabschnitten erfolgreich in horizontal-hybriden Autobahnen ausgeführt. Eine der ersten Strecken an der A 61, die in Horizontal-Hybrid-Bauweise erneuert wurden, war ein 4 km langer Abschnitt zwischen den Anschlussstellen Boppard und Dieblich. Im Sommer und Herbst 2017 wurde dort zunächst die Asphaltseite nach RStO 12, Tafel 1, Zeile 2.3 mit einer verstärkten Asphalttragschicht hergestellt. Die Asphaltdeckschicht sollte in Gussasphalt ausgeführt und deshalb erst nach Abschluss der Betondecke hergestellt werden. Für die Betonseite wurde die Oberbaukonstruktion nach RStO 12, Tafel 2, Zeile 2 ausgewählt.

Die Asphaltseite besteht aus einer Asphalttragschicht und wurde in zweilagiger, zweischichtiger Bauweise mit Waschbetonoberfläche hergestellt (Bild 6). Bei der Asphaltdeckschicht hatten sich die Planer für Gussasphalt entschieden. Da diese Schicht gemäß der Empfehlung des H BaA erst nach Fertigstellung der Betondecke eingebaut wird, wurde mit einer „Mini-Schalung“ die genaue Lage der Fuge nach oben verlängert (Bild 7). Beim Einbau der Deckschicht aus Gussasphalt auf der zweiten und dritten Fahrspur war die höhengleiche Anarbeitung an die neue Betondecke problemlos möglich.

Praxisbeispiel A 61, Boppard – Waldesch (2021)

Auf einem 4 km langen Abschnitt der A61 bei Koblenz wurde im Sommer 2021 in Fahrtrichtung Köln erstmals in Deutschland eine durchgehend bewehrte Fahrbahndecke (DBB) in horizontaler Hybridbauweise hergestellt. Während die hauptsächlich von Pkw befahrene Überholspur konventionell aus einer Asphaltkonstruktion besteht, wurden die stark durch Schwerverkehr beanspruchte rechte Fahrspur sowie der Standstreifen als durchgehend bewehrte Betonfahrbahn hergestellt. Der Fahrbahndeckenbeton wurde mit einem Zement der Art CEM III/A 42,5 N hergestellt, was Teil des Erprobungskonzepts war. Zemente dieser Art zeichnen sich durch eine besonders niedrige CO₂-Bilanz aus.

Das Konstruktionsprinzip der durchgehend bewehrten Fahrbahn unterscheidet sich grundsätzlich von der deutschen Standardbauweise unbewehrter und ungerissener Platten mit Quer- und Längsfugen in regelmäßigen Abständen. Das Konstruktions-

prinzip wird weltweit in vielen Ländern erfolgreich angewendet, darunter vor allem im Nachbarland Belgien mit langer Erfahrung in dieser Bauweise. Zentrales Element ist eine regelmäßige Längsbewehrung aus Betonstabstahl, die anstelle der Querdehnungsfugen in der Plattenbauweise eine regelmäßige Querrissbildung provoziert. Die Risse können durch querlaufende, linienförmige Minderungen in der Plattendicke teilweise gesteuert oder ungesteuert entstehen und nehmen im Endzustand charakteristische Rissabstände ein. Die belgischen Erfahrungen lassen Dauerhaftigkeiten von mehr als 40 Jahren erwarten, wobei die Betondeckendicke tendenziell etwa 10 % geringer dimensioniert wurde, als durch die derzeitigen RStO 12 an gleich belasteten deutschen Betondecken ohne Bewehrung vorgegeben wird.

Im Jahre 2020 wurden die in- und ausländischen Erfahrungen im FGSV-Hinweisblatt „Hinweise zur durchgehend bewehrten Betonfahrbahndecke“ (H DBB) zusammengefasst und veröffentlicht. Aktuell erarbeitet die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) auf Basis laufender Forschungen und Erprobungen ein Merkblatt zur durchgehend bewehrten



Bild 3: Bewehrung der DBB



Bild 4: Einbau der Betondeckschicht der DBB



Bild 5: Regelmäßige Rissbildung in der DBB

Bauweise, die Erprobungsstrecke an der A 61, Boppard – Waldesch ist Teil dieses Untersuchungsprogramms.

Ein besonderer Vorteil der durchgehend bewehrten Bauweise ist das Fehlen von Querfugen, was einen Wartungs- und Unterhaltungsvorteil bedeutet. Die Erprobungsstrecke erhielt zudem eine besonders lärmindernde Oberflächentextur durch das sogenannte Grinding. Bei diesem Verfahren werden in die erhärtete Betonoberfläche gezielte Längsrillen geschnitten, durch die das Reifen-Fahrbahngeräusch erheblich gemindert wird. Auf dem Erprobungsabschnitt bei Koblenz wurden verschiedene Texturvarianten ausgeführt. Auch zu diesem Verfahren gibt es nativ

inzwischen eine ganze Reihe an Erprobungen und Erfahrungen, die derzeit in Langzeitversuchen ausgewertet werden.

Sowohl die Bauweise der durchgehend bewehrten Betondecke als auch die Lärminderung durch Grinding sind Bauweisen bzw. Verfahren mit erheblichem Potenzial, das es in den Erprobungen zu erkennen und zu heben gilt. Eines der vorderen Ziele der laufenden Erprobungen ist das Erreichen möglichst großer Dauerhaftigkeiten in der Deckenlebensdauer (Nachhaltigkeit) wie in der Lärminderung der Oberflächentexturierung. Aus diesem Grund wird das Projekt der durchgehend bewehrten Betondecke durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) inten-

siv begleitet. Bei der Herstellung wurde direkt in die Betondecke eine umfangreiche Sensorik mit eingebaut, die über den laufenden Betrieb der nächsten Jahre Messwerte zum Verhalten der Konstruktion unter Belastung und über die saisonalen Veränderungen der Umgebungsbedingungen liefert.

Der horizontale Anschluss an die Asphaltdecke wie auch die Tragschicht wurden in gleicher Weise ausgeführt, wie bereits 2017 und 2019 in den vorhergehenden Abschnitten. Auch hier wurden die Erkenntnisse und Hinweise aus dem H BaA praktisch umgesetzt. Bauherrin der 4 km langen Erprobungsstrecke (DBB) ist die Niederlassung West der Autobahn GmbH.



Bild 6: Grindingtextur auf der DBB



Bild 7: Horizontal-hybride Bauweise – DBB mit Grindingoberfläche

Griffigkeit in Kreisverkehrsanlagen – Ertüchtigung durch Grinding

Dipl.-Ing. Tim Alte-Teigeler, Oberpfammern

In der deutschsprachigen Schweiz wurde in den letzten 20 Jahren der überwiegende Teil der Kreisverkehrsanlagen in Beton gebaut. Als im Jahr 2007 der erste deutsche Kreisverkehr in Betonbauweise im rheinland-pfälzischen Bad Sobernheim gebaut wurde, waren in der Schweiz bereits mehr als 150 Kreisverkehrsanlagen Betonbauweise realisiert. Aus diesem Grund wurden auch die Planungsgrundlagen für Kreisverkehrsanlagen in Deutschland in starker Anlehnung an die Schweizer Bauregeln entworfen. Die Betonbauweise hatte zu dieser Zeit auch in Deutschland bereits eine lange Tradition und festgelegte, langerprobte Bauregeln. Allerdings beschränken sich die Erfahrungen, wie auch die Inhalte der Regelwerke, überwiegend auf den Bau von Bundesfernstraßen.

Im Gegensatz zur Planung von Streckenabschnitten einer Autobahn mit einem orthogonalen Fugenbild ist die Planung einer Kreisverkehrsanlage erheblich anspruchsvoller. Die Geometrie des Kreisrings und die Lage und Anbindung der Einfahrste erzwingen die Beachtung sehr komplexer, lastabhängiger und saisonal-thermischer Verformungen des Plattensystems, denen bei der Fugenplanung zu entsprechen ist. Dies wurde bereits bei den Planungen in der Schweiz erkannt und in die deutschen Planungsgrundlagen übernommen. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurden 2013 bzw. 2015 die FGSV-Merkblätter „Verkehrsflächen aus Beton“ veröffentlicht, in denen die Besonderheiten der Planung von Kreisverkehren sowie anderer Verkehrsflächen außerhalb von Autobahnen mit stark abweichenden Flächengeometrien dargestellt und erläutert wurden.

Hinsichtlich der Eigenschaften Betons ergaben sich für die Verkehrsflächen außerhalb von Autobahnen zunächst keine abweichenden Anforderungen. Es galten die Regelungen der TL Beton-StB. Allerdings mussten die Betonherstellung und die baubetrieblichen Abläufe und Verfahren grundsätzlich von denen des Autobahnbbaus abweichen. Da diese Flächen überwiegend erheblich kleiner waren und allein

aufgrund ihrer oft anspruchsvollen Geometrie nicht oder nur teilweise maschinell mit Straßendeckenfertigern hergestellt werden konnten, dominierte in Deutschland der sogenannte Handeinbau. Ebenfalls aufgrund der geringen Flächengrößen war die beim Autobahnbau übliche Aufstellung einer gesonderten Baustellenmischanlage allein aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich. Aus diesem Grund wurden die kleineren Flächenprojekte durch die örtlich verfügbaren Transportbetonanlagen bedient. Dieses Vorgehen war im allgemeinen Betonbau aus der Herstellung von Industrie- und Tiefgaragenböden bekannt, entsprach aber nur eingeschränkt den Arbeitserfahrungen der Baufirmen, die vornehmlich im Verkehrswegebau tätig waren.

Durch die Vorgabe einer Betonzusammensetzung nach den TL Beton-StB konnte der Beton nicht, oder, wenn nicht anders möglich, nur nach einer regelabweichenden Anpassung in der Zusammensetzung durch Betonpumpen gefördert werden. Nicht geregelt war indes die Anpassung der Betonkonsistenz an die Verfahren des Handeinbaus. Seitens der Ausführung wurden möglichst weiche Konsistenzen angestrebt, was den händischen Umgang mit dem frischen Beton tendenziell erleichterte. Eine Begrenzung der Betonkonsistenz nach oben war durch die Regelwerke nicht vorgegeben, sondern ergab sich in einigen Fällen lediglich durch das herzustellende Gefälle.

Da es ähnliche begrenzende Vorgaben zur Betonzusammensetzung in der Schweiz nicht gab, wurden die Verfahren des Betoneinbaus vor allem in wirtschaftlicher Hinsicht weiter optimiert. Es dominierte der Einbau mit leistungsfähigen Betonpumpen, mit entsprechend mörtelreichen Zusammensetzungen und sehr plastischen Konsistenzen.

Da die deutsche Beton- und Zementindustrie die Einführung der Betonbauweise für Flächen außerhalb von Autobahnen, vor allem Kreisverkehrsanlagen, von Anfang an stark betontechnisch unterstützte, wurde bei der betontechnischen Begleitung der ersten Baumaßnahmen rasch deutlich, dass sich mörtelreiche Betonzusammensetzungen, die in sehr plastischen Konsistenzen eingebaut wurden, negativ auf die Dauerhaftigkeit der Oberflächentextur auswirken können.

Wenn der Straßendeckenbeton mit einer sehr weichen Konsistenz (ca. > 43 cm Ausbreitmaß) eingebaut wird, kann dies zu ungewollten Mörtelanreicherungen an

der späteren Fahrbahnoberfläche führen. Es besteht dann die Möglichkeit eines rascheren Abbaus der Besenstrichttextur an der Fahrbahnoberfläche. Durch die beton-technische Betreuung der Realisierungen und eine intensive Kommunikation der Erkenntnislage an das Fachpublikum wurde die genannte Konsistenzgrenze an deutschen Kreisverkehrsanlagen weitestgehend eingehalten.

Neben dem genannten Konsistenzeffekt können natürlich auch spezielle Nutzungseffekte, wie z.B. ein sehr hoher Schwerverkehrsanteil, dazu führen, dass im Laufe der Lebensdauer eine Ertüchtigung der Griffigkeit erforderlich werden kann. Gerade Kreisverkehrsanlagen sind in diesem Sinne mit einem besonders aggressiven Beanspruchungskollektiv belastet: Zu den tangential wirkenden Bremskräften beim Einfahren in den Kreisverkehr addieren sich die radialen Fliehkräfte im Kreisring sowie die starke Lastüberhöhung in der äußeren Radspur. All diese Einwirkungen müssen über den Reifenkontakt in die Fahrbahnoberfläche übertragen werden und haben langfristig eine abrasive Wirkung auf die Oberflächentextur. Das Erfordernis einer Griffigkeitsertüchtigung kann deshalb auch an deutschen Kreisverkehrsanlagen aus Beton innerhalb der Lebensdauer auftreten und es ist ratsam, hierfür einfache, schnelle und sichere Verfahren vorzuhalten.

Da viele Betonkreisverkehre in der Schweiz deutlich älter sind und die dortigen Bauregeln die Zusammensetzung des Betons und die Förderung durch Pumpen weit weniger

beschränken als in Deutschland, wurde bei einigen der älteren Flächen nun eine Ertüchtigung der Griffigkeit erforderlich.

Eine zuverlässige Möglichkeit zur Wiederherstellung einer hohen und sicheren Griffigkeit ist das sogenannte Grinding. Das Verfahren stammt im Ursprung aus den USA und bezeichnet die gerichtete Bearbeitung einer Betonoberfläche mit einer großen Anzahl an Diamantscheiben, die mit dazwischenliegenden Distanzscheiben auf einer Welle rotieren. Durch die Bearbeitung entsteht auf der Betonoberfläche eine gerichtete Rillenstruktur (Bilder 1 bis 3).

Das Verfahren des Grindings hat in Deutschland seit einigen Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Durch dieses Verfahren werden heute vor allem an Autobahnen sowohl Neubaustrecken als auch Bestandsstrecken mit unterschiedlicher oder mehrfacher Zielsetzung bearbeitet. Durch das „Grinden“ einer Oberfläche können die Ebenheit und die Griffigkeit erheblich verbessert werden. Je nach gewählter Textur können sich durch die Bearbeitung auch deutliche Lärminderungen ergeben, was sich allerdings erst bei höheren Überfahrgeschwindigkeiten realisiert. Aufgrund der Erkenntnisse zur Verbesserung der

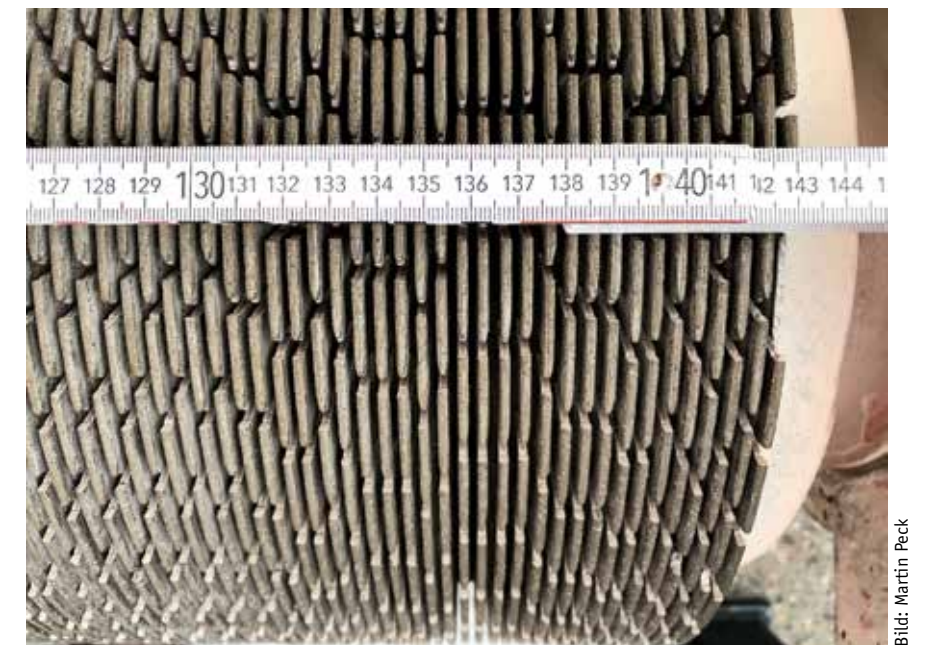


Bild 2: Grindingwelle, Nahansicht

Bild: Martin Peck



Bild 3: Grinding (links), Übergang zu horizontal geschliffener Oberfläche

Bild: OAT

Bild: Martin Peck



Bild 1: Grindingwelle, besetzt mit Diamantscheiben

GRIFFIG 1/2022

GRIFFIG 1/2022



Bild: OAT

Bild 4: Grindingarbeiten bei Nachtsperung

Griffigkeit wurde dieses Verfahren in der Schweiz auch erstmals zur Griffigkeitserhöhung an einem Betonkreisverkehr gewählt. Aufgrund der geringen Größe und der Geometrie von Kreisverkehren kommen hier in der Regel nur kleinere Maschinen zum Einsatz als z.B. bei der Bearbeitung von Autobahnabschnitten.

Im April 2021 wurde am Kreisverkehr Muri (CH) das Grinding erstmals ausgeführt (Bild 4). Das Pilotprojekt hatte zum Ziel, erste Informationen zur baupraktischen Umsetzung, zur Wirksamkeit und zur Qualität derart hergestellter Texturen für diesen speziellen Anwendungsfall zu erhalten.

Der Kreisverkehr mit einem Durchmesser von 35 m wurde mit einem Gleitschalungsfertiger und einem Beton C30/37 hergestellt. Die ursprüngliche Texturierung erfolgte mittels Besenstrich quer. Zum Zeitpunkt der Oberflächenerneuerung wies die Oberfläche in den nicht befahrenen Bereichen eine mittlere Texturtiefe (MPD) von ca. 1,3 mm auf. Auf der Hauptfläche betrug die mittlere Texturtiefe jedoch nur noch 0,13 mm (Bilder 5 und 6). Die starke Beeinträchtigung der Textur, und somit auch der Griffigkeit, ist im vorliegenden Fall auf eine stark

Bild 5: MPD-Messung, nicht befahrener Flächenbereich



Bild: OAT

Bild 6: MPD-Messung, befahrener Flächenbereich



Bild: OAT

GRIFFIG 1/2022



Bild: OAT

Bild 7: Kreisverkehr nach Griffigkeitserhöhung

abrasive Beanspruchung infolge verlorener Ladung von Schüttguttransporten im Zusammenhang mit einem sehr hohem Lkw-Aufkommen zurückzuführen.

Die Ertüchtigung der Betonfläche erfolgte mit einer Grindingtextur 3,2/2,2 mm und einer Grindingmaschine mit 100 mm Wellenbreite. Die Texturangabe bedeutet, dass auf der Arbeitswelle im Abstand von 2,2 mm Diamantscheiben mit einer Arbeitsbreite von 3,2 mm vorhanden sind.

Zudem wurden die innere und äußere Grindingbahn mittels eines speziellen Horizontalschleifverfahrens an den Bestand angearbeitet. Durch diese Kombination zweier Oberflächenbearbeitungsverfahren konnte in der Pilotanwendung eine qualitativ hochwertige Textur mit stufenfreien Übergängen hergestellt werden (Bild 3).

Die Ausführung des Verfahrens erfordert neben dem entsprechenden Gerätebestand erfahrenes Personal, weshalb derartige Arbeiten nur an nachweislich erfahrene Firmen vergeben werden sollten.



Bild: OAT

Bild 8: Kreisverkehr nach Griffigkeitserhöhung (Gesamtansicht)

GRIFFIG 1/2022

Unterschiedliche Zemente im Unter- und Oberbeton

Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher, Bochum, Dipl.-Ing. Thomas Wolf, München

Die in den TL Beton-StB festgelegten Regelungen zur Zementanwendung bedurften aufgrund neuer Erkenntnisse einer Überarbeitung. Ende März 2022 hat das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) auf Basis der nachstehend beschriebenen Forschungsergebnisse mit der Veröffentlichung des ARS 04/2022 die entsprechenden Teile der TL Beton-StB aktualisiert.

Einleitung

Betondecken im Fernstraßenbau werden üblicherweise zweischichtig betoniert. Dabei werden die Unter- und Oberbetone nacheinander eingebaut. In dem für den Beton maßgebenden Regelwerk, den TL Beton-StB 07, ist hierzu festgehalten, dass „Ober- und Unterbeton mit Zement gleicher Art und Festigkeitsklasse hergestellt werden“ müssen. Dies ist in den TL Beton-StB bereits seit Jahrzehnten auf diese Art geregelt und stammt aus einer Zeit, in der für Betonfahrbahndecken mehr oder weniger ausnahmslos Portlandzemente (CEM I) eingesetzt wurden.

Zwischenzeitlich ist jedoch im gesamten Betonbau aufgrund ökopolitischer Vorgaben (Decarbonisierung) ein starker Trend zu klinkerärmeren CEM II- oder CEM III-Zementen zu verzeichnen. Diese Entwicklung erstreckt sich zunehmend auch auf den Betonstraßenbau. Bei der Zementauswahl wäre es wünschenswert, für Oberbetone und Unterbetone verschiedene Zemente zu verwenden, da an beide Schichten unterschiedliche technische Anforderungen gestellt sind. Neben der Verbesserung der Ökobilanz wären damit auch weitere technische und wirtschaftliche Vorteile wie z.B. eine Verminderung des AKR-Potenzials und damit die Nutzung eines breiteren Gesteinskörnungsangebots im Unterbeton verbunden.

Auch bei der Verwendung unterschiedlicher Zemente in Unter- und Oberbeton müssen gleichzeitig alle Anforderungen an die Konstruktion erfüllt werden. Zum Nachweis der technischen Machbarkeit wurde ein gemeinsames Forschungsprojekt an der Bauhaus-Universität Weimar und der Ruhr-Universität Bochum durchgeführt. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse wurden in einer praktischen Anwendung verifiziert. Werden im Unterbeton langsamer erhärtende Zemente eingesetzt, ist die Festigkeitsentwicklung der Betone in beiden Schichten in Einklang zu bringen. Des Weiteren stellt sich die Frage, ob der Verbund zwischen den unterschiedlichen Betonschichten langfristig durch die zyklischen Verkehrsbelastungen beeinträchtigt werden kann. Und schließlich muss das Gesamtsystem auch den saisonal wiederkehrenden Frost- und Tausalzbeanspruchungen dauerhaft standhalten. Hierzu wurde zum einen die Festigkeitsentwicklung der beiden Betone im jungen Alter betrachtet, zum anderen wurde das Verbundverhalten des Systems unter zyklischen Beanspruchungen mit bis zu 5 Mio. Lastwechseln untersucht (Bild 1). Danach wurden sowohl aus dem Bereich mit maximaler Beanspruchung als auch aus dem Bereich ohne Biegebeanspruchung Bohrkern entnommen, an denen die Haftzugfestigkeit und die Haftscherfestigkeit zwischen den Schichten ermittelt wurden (Bild 2).



Bild 1: Mehrfachprüfstand für zyklische Untersuchungen an Großbalken

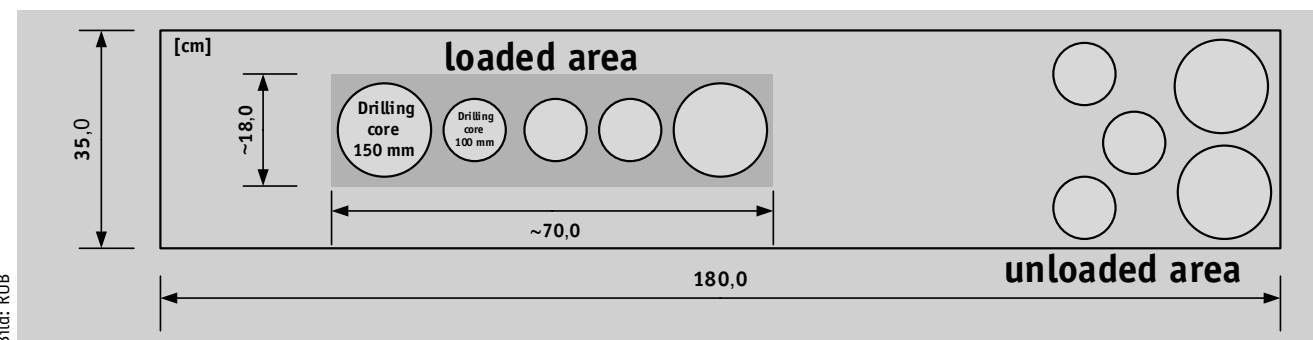


Bild 2: Entnahmestellen der Bohrkern zur Ermittlung des Haftverbunds zwischen den beiden Schichten nach zyklischer Beanspruchung

GRIFFIG 1/2022



Bild: RUB

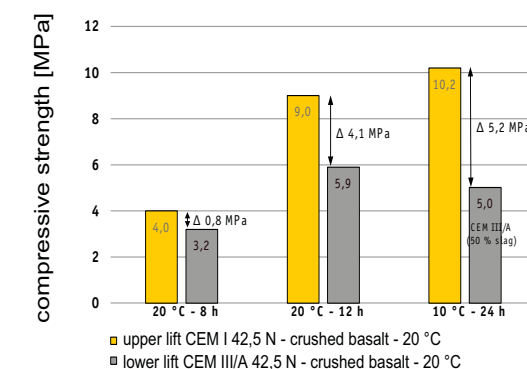
Bild 3: Überrollversuch zur Simulation frühzeitiger Beanspruchungen

Die Festigkeitsentwicklung im Beton wurde für verschiedene Zemente (CEM I 42,5 N, CEM II/B-S 32,5 R im Oberbeton, CEM III/A 42,5 N im Unterbeton) bei unterschiedlichen Frischbetontemperaturen (10 °C und 20 °C) an Probewürfeln und im Verbundsystem untersucht. Im letzteren Versuch wurden Verbundplatten im Alter zwischen 8 und 24 Stunden durch ein rd. 1 t schweres Rad mehrfach überrollt (Bild 3). An Proben aus überrollten und nicht-überrollten Bereichen wurden ebenfalls die Haftzug- und Haftscherfestigkeiten ermittelt. Darüber hinaus wurde der Frost-Taumittelwiderstand der Betone untersucht. Das AKR-Dehnverhalten wurde am FIB Weimar an Unterbetonen geprüft, die mit einer AKR-sensitiven Gesteinskörnung (Grauwacke) hergestellt wurden.

Laborversuche

Bei einer Frischbetontemperatur von 20 °C war die Festigkeitsentwicklung der Betone mit CEM I und CEM II/B S in den ersten 8 bis 12 Stunden annähernd gleich. Die zum Ausbürsten notwendige Festigkeit von 7 bis 10 MPa wurde nach etwa 12 Stunden erreicht. Bei den Betonen mit CEM III/A lag die Druckfestigkeit in diesem Alter erwartungsgemäß um rd. 25 % zurück. Für das Befahren mit leichtem Gerät reicht dies im Unterbeton jedoch aus, da sich die Last an der Fahrbahnoberfläche im Unterbeton auf eine größere Fläche verteilt. (Bilder 4 und 5).

Bild: RUB



Bei einer Frischbeton-/Erhärtungstemperatur von 10°C entwickelte sich die Druckfestigkeit erwartungsgemäß langsamer. Die zum Befahren mit leichtem Gerät notwendige Festigkeit wurde im Oberbeton mit CEM I 42,5 N erst nach ca. 24 Stunden erreicht (Bild 6). Für den Unterbeton mit CEM III/A gelten die obigen Ausführungen in gleicher Weise.

Bild 6: Druckfestigkeiten der untersuchten Betone bei Frischbetontemperaturen von 20 °C bzw. 10 °C in unterschiedlichem Alter

GRIFFIG 1/2022

Nach der simulierten frühzeitigen Überrollung zeigten sich jedoch auch bei der niedrigeren Erhärtungstemperatur an den entnommenen Bohrkernen praktisch keine Unterschiede im Verbundverhalten. Nach der zyklischen Belastung der erhärteten Betondecke lagen die Unterschiede in den Haftzug- wie auch in den Haftscherfestigkeiten zwischen belasteten und unbelasteten Bereichen etwa im Bereich der Prüfstreuung (Bild 7). Damit kann davon ausgegangen werden, dass der Verbund zwischen Unter- und Oberbeton durch die zyklische Verkehrsbeanspruchung erwartungsgemäß nicht beeinträchtigt wird. Die Frostabwitterungen der Betone nahmen erwartungsgemäß mit abnehmendem Klinkergehalt der Zemente zu (Bild 8), sie lagen aber auch bei dem Beton mit CEM III/A deutlich unter dem zulässigen Grenzwert von 1.500 g/m².

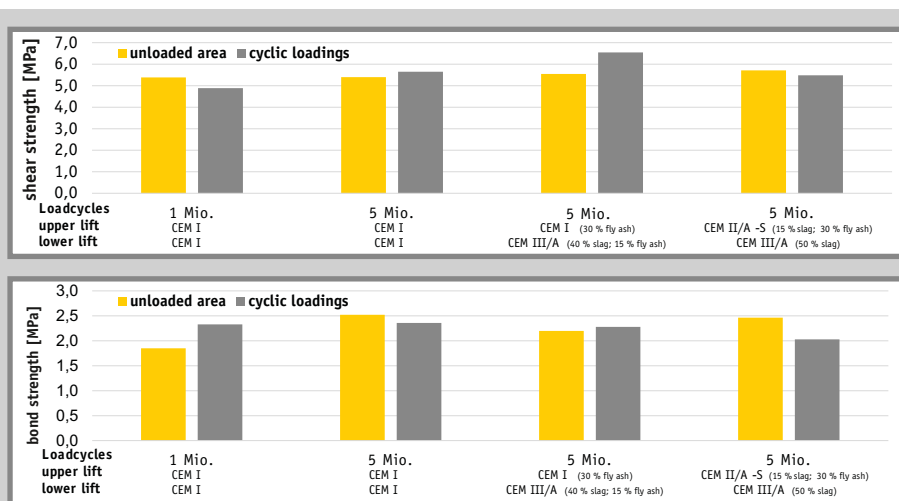


Bild 7: Haftzugfestigkeiten (oben) und Haftscherfestigkeiten (unten) nach zyklischer Beanspruchung

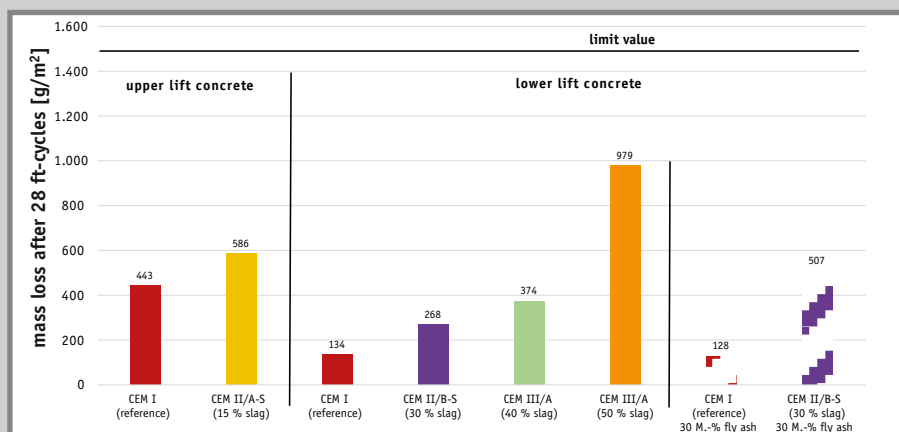


Bild 8: Frostabwitterungen der verschiedenen Betone nach 28 Frost-Tauzyklen im CDF-Versuch

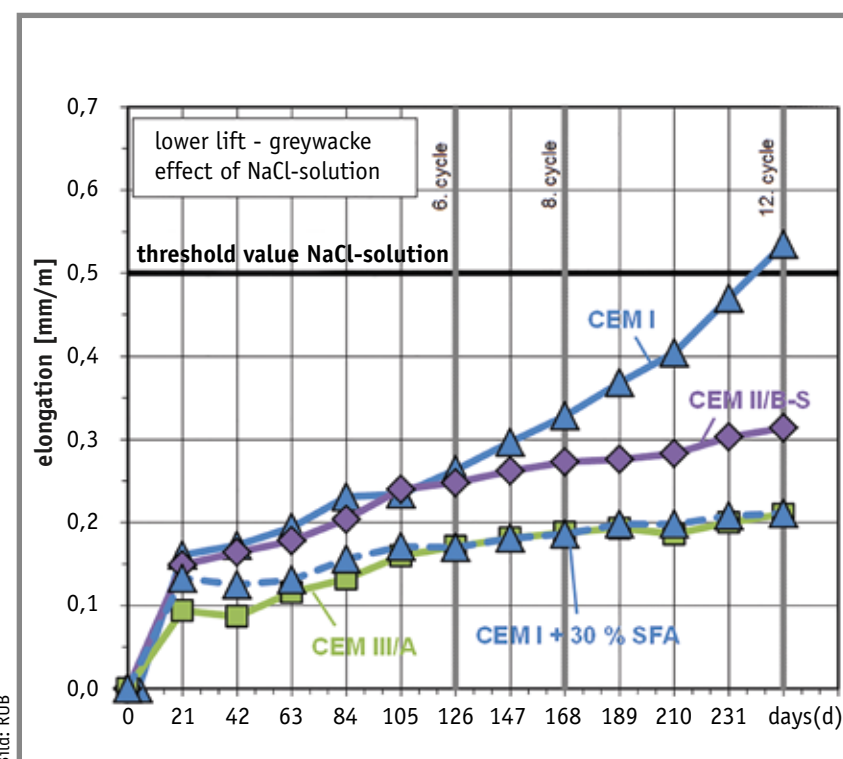


Bild 9: Dehnungen bei den AKR-Untersuchungen (KWL-Prüfung) für Unterbetone

Bei den Untersuchungen hinsichtlich einer schädigenden AKR in Unterbetonen mit AKR-sensitiver Grauwacke und den einbezogenen Zementen zeigte sich, dass die AKR-bedingten Dehnungen umso geringer ausfallen, je weniger Klinker der Zement enthält. Mit CEM II/B-S-Zement reduzierten sich diese Dehnungen nach 12 Prüfzyklen gegenüber einem CEM I um rd. 40 %, mit CEM III/A-Zement sogar um über 60 % (Bild 9).

Dies ist ein wesentlicher Vorteil bei der Verwendung unterschiedlicher Zemente in Unter- und Oberbeton. Werden im Unterbeton CEM III/A-Zemente eingesetzt, können dort auch Gesteinskörnungen verwendet werden, die mit einem CEM I-Zement nicht eingesetzt werden können. Im Oberbeton hingegen wird mit CEM I- bzw. CEM II/A-Zementen ein sehr hoher Frost-Taumittelwiderstand erzielt. Somit ergeben sich aus einer entsprechenden Anpassung der derzeitigen Anwendungsregeln in den TL Beton-StB ökologische und ökonomische Vorteile, ohne dass die technischen Eigenschaften einschließlich der Dauerhaftigkeit beeinträchtigt werden.

Erprobung in der Praxis

Auf Basis der Laborergebnisse sollte vor der Regelwerksänderung noch eine Praxiserprobung durchgeführt und durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) betreut werden.

Die FGSV-Arbeitsgruppe Betonbauweisen dankt an dieser Stelle der Autobahn GmbH, Niederlassung Nordbayern, die es möglich gemacht hat, diese wichtige Erprobung innerhalb kurzer Zeit im Rahmen eines Erneuerungsloses auf der BAB 7 Würzburg-Ulm umzusetzen. Die Erprobungsstrecke befindet sich ca. 10 km nördlich des Autobahnkreuzes Feuchtwangen/Craillsheim (Bild 10) auf der Richtungsfahrbahn Ulm und ist Teil des Loses D 272 R+L zwischen Betriebskilometer 729+165 und 736+400.

Die Länge der Erprobungsstrecke sollte mindestens drei Tagesleistungen betragen, zudem wurde eine etwa gleich lange Referenzstrecke (CEM I-Zement im Ober- und Unterbeton) in das Untersuchungsprogramm einbezogen.

Als Oberbeton der Erprobungsstrecke war ein Waschbeton 0/8 mit einem Portlandzement CEM I 42,5 ($z \geq 420 \text{ kg/m}^3$) vorgesehen. Für den Unterbeton wurde ein Beton mit Größtkorn 22 mm, einem Zementgehalt von 340 kg/m^3 sowie einem Hochofenzement CEM III/A 42,5 eingesetzt. Die Erprobung wurde bewusst mit einem CEM III/A-Zement durchgeführt, da die Kombination CEM I (Oberbeton) und CEM III/A (Unterbeton) eine pessimale Spreizung der im Straßenbau einsetzbaren Zemente darstellt und bei nachgewiesener Eignung auch alle nach TL Beton-StB möglichen CEM II-Zemente für den Unterbeton abgedeckt wären.

Es wurde angestrebt, den Betoneinbau möglichst in die kühle Jahreszeit zu legen, um für die unterschiedlichen Erhärtungsverläufe der Zemente/Betone möglichst nachteilige Ausgangsbedingungen zu schaffen. Die gewünschten kühlen Temperaturen konnten im Betondezeitraum vom 27.10.20 bis 04.11.20 mit minimalen Lufttemperaturen von 5°C bzw. minimalen Betontemperaturen von 12°C realisiert werden.

Im Rahmen der Erstprüfungen wurden u.a. Untersuchungen zur Hydratationswärmeentwicklung (Bild 11), zum Frischwindmaß (Bild 12) sowie zur Festigkeitsentwicklung nach 2, 3, 7 und 28 Tagen durchgeführt. Weiterhin wurden Eichkurven für die Anwendung eines Reifecomputers bestimmt.



Bild 10: Lage der Erprobungsstrecke auf der BAB A7 Würzburg – Ulm in der Nähe der Anschlussstelle Wörnitz

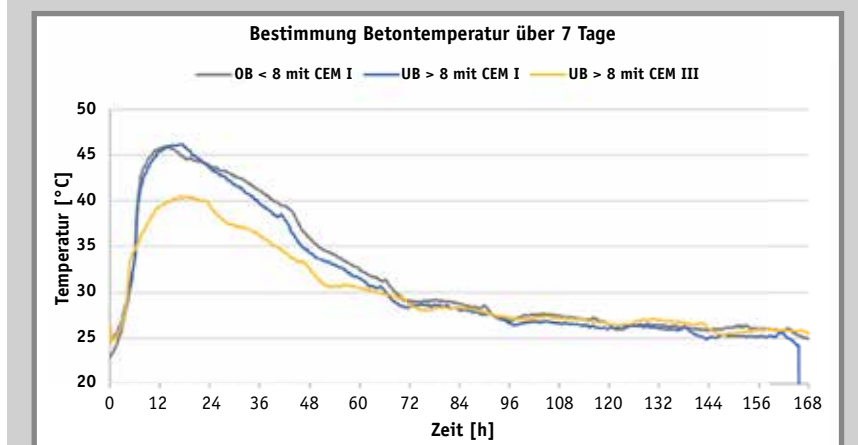


Bild 11: Ergebnisse der Temperaturmessungen im wärmegeprägten Würfel

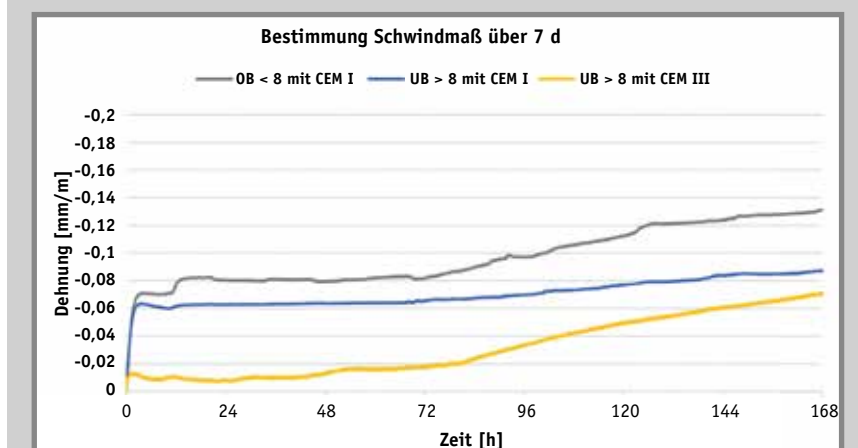


Bild 12: Schwindmaße über die Dauer von 7 Tagen

Der Oberbeton zeigte aufgrund seines hohen Zementgehaltes von 420 kg/m³ bei einem Größtkorn von 8 mm nach 7 Tagen erwartungsgemäß das größte Schwindmaß. Der Unterbeton mit CEM III zeigte anfangs ein sehr geringes Schwindmaß, das sich aber im Laufe der Beobachtung dem Schwindmaß des Oberbetons annäherte (Bild 12).

Während des Betoneinbaus wurde die Temperaturentwicklung im Beton in 4 Tiefen (Oberbeton Mitte, Unterbeton oben, Mitte und unten) über mindestens 14 Tage aufgezeichnet. Hierzu wurden über eine Hilfskonstruktion Temperatursensoren in den Beton eingebracht (Bilder 13, 14 und 15).



Bild 13: Hilfskonstruktion für die drei Sensoren im Unterbeton



Bild 14: Verlegung der Messkabel innerhalb der STSuB zum Messcomputer

Bilder: Strabag

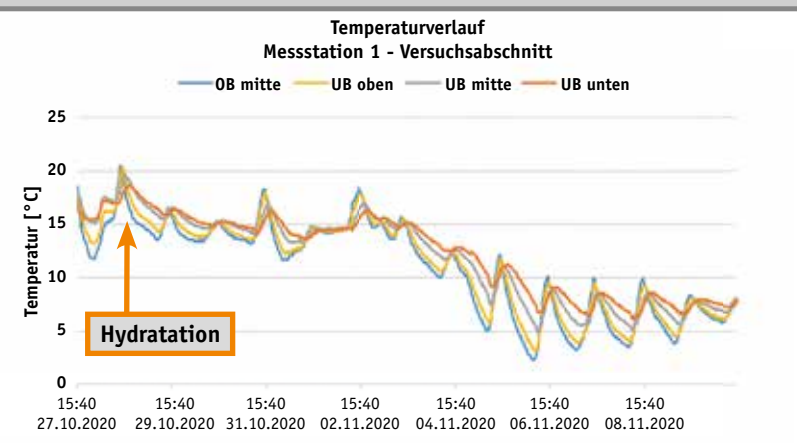


Bild 15: Temperaturaufzeichnung im Beton an der Messstation 1 (CEM III-Bereich) in vier unterschiedlichen Höhen

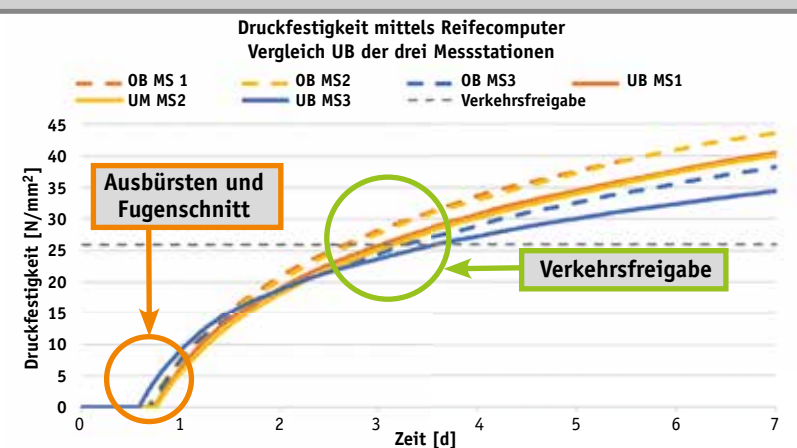


Bild 16: Berechnete Druckfestigkeiten für OB und UB bei drei Messstationen

Der anfängliche Temperatur-Peak ist auf die Hydratation des Zements zurückzuführen. Der Temperaturverlauf des Oberbetons (blaue Linie) folgt erwartungsgemäß etwa der Außentemperatur (hier nicht dargestellt). Die Temperatur im Unterbeton folgt der Temperaturänderung des Oberbetons etwas zeitversetzt. Mit zunehmender Tiefe nimmt der Einfluss der Außentemperatur ab. Die Temperaturschwankungen infolge der Tag- und Nachttemperaturen sind hier entsprechend weniger deutlich ausgeprägt.

Im thermischen Verhalten wirken Ober- und Unterbeton als Gesamtpaket. Im Vergleich der CEM III-Erprobungsstrecke mit der CEM I-Referenzstrecke konnte der im Labor fast adiabatisch gemessene Einfluss der Zementart nicht gemessen werden, da dieser von der Außentemperatur und der Temperatur der Unterlage überlagert wird und die im Beton entstehende Hydratationswärme kaum messbar abfließt.

Die Temperaturaufzeichnungen wurden über die in den Laborversuchen ermittelten Eichkurven für die zerstörungsfreie Ermittlung der Druckfestigkeitsentwicklung mit einem Reifecomputer herangezogen (Bild 16).

In den Ergebnissen in Bild 16 ist zu erkennen, dass die digitale Reifeberechnung im Bereich der niedrigen Festigkeiten (Betonalter < 24 h) zu unscharf und somit zur Bestimmung der Zeitpunkte für das Auskehren des Waschbetons und für den Fugenschnitt nicht geeignet ist.

Im Bereich von höheren Festigkeiten, z.B. im Falle einer frühzeitigen Verkehrsfreigabe (empfohlener Wert: 26 MPa), wäre das Reifeverfahren zwar geeignet, durch den relativ hohen Laboraufwand allerdings nicht verhältnismäßig. Die Festigkeitsentwicklung der Betone in situ wurde bis zum Alter von 180 Tagen an Bohrkernen aus der fertigen Decke verfolgt (Bild 17). Die Untersuchungen zeigen erwartungsgemäß eine etwas höhere Endfestigkeit des CEM III bei einer niedrigeren Anfangsfestigkeit.

Ergänzend zu den Festigkeitsuntersuchungen wurden an insgesamt 9 Bohrkernen (6 x Erprobungsstrecke CEM III, 3 x Referenzstrecke CEM I) die Scherfestigkeiten in der Verbundfuge zwischen Ober- und Unterbeton durch die Ruhr-Universität Bochum bestimmt (Bild 18). Die Scherfestigkeiten liegen durchweg auf einem sehr hohen Niveau und lassen keine Unterschiede zwischen der Erprobung mit CEM III und der Referenzstrecke mit CEM I im Unterbeton erkennen.

Neben den messtechnischen Nachweisen im Labor bzw. am Praxisbeton sollten auch die Auswirkungen auf die Bauausführung betrachtet werden (Mischen, Einbau, Aus-



Bild 19: Deutliche Kennzeichnung der Zementsilos

bürsten, Fugenschneiden etc.). Es kann festgehalten werden, dass die Herstellung einer Betonfahrbahndecke mit unterschiedlichen Zementen im Unter- und Oberbeton mit dem Gleitschalungsfertiger problemlos und ohne nachteilige Auswirkungen auf die Qualität möglich war.

Die Verwendung von zwei Zementen erfordert einen gewissen Mehraufwand in der Logistik sowie bei der Vorbereitung und

Abwicklung der Baustelle, wie z.B. die eindeutige Kennzeichnung der Zementsilos sowie die Überwachung der Silofahrzeuge beim Einblasen der Zemente, um Verwechslungen sicher auszuschließen (Bild 19).

Die zuvor genannten Mehraufwendungen stehen jedoch in keinem Verhältnis zum erreichten Nutzen, wenn dadurch z.B. Ressourcen geschont und/oder Transportentfernungen verringert werden können.

Fazit

Die im Rahmen eines umfangreichen Forschungsvorhabens durchgeführten Laboruntersuchungen ließen die Fachleute bereits im Vorfeld von der Eignung der zweischichtigen Betonbauweise mit unterschiedlichen Zementen im Ober- und Unterbeton ausgehen.

Aufgrund der erfolgreichen Erprobung unter zudem pessimalen Randbedingungen (kühle Witterung, Kombination CEM III mit CEM I) ist die Regelwerksanpassung durch eine Praxisstrecke abgesichert. Da die Überarbeitung der TL Beton-StB jedoch noch eine gewisse Zeit erfordert, wurden die Regelungen zu den Zementen bereits vorab durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) in Form des Allgemeinen Rundschreibens Straßenbau (ARS) Nr. 04/2022 eingeführt.

Abschließend geht an dieser Stelle noch einmal der Dank der FGSV-Arbeitsgruppe Betonbauweisen an die Beteiligten Partner Autobahn GmbH, BAST, RUB, Schwenk, STRABAG und TPA, die durch eine zielorientierte und kooperative Zusammenarbeit zur Weiterentwicklung des Regelwerks für den Betonstraßenbau beigetragen haben.

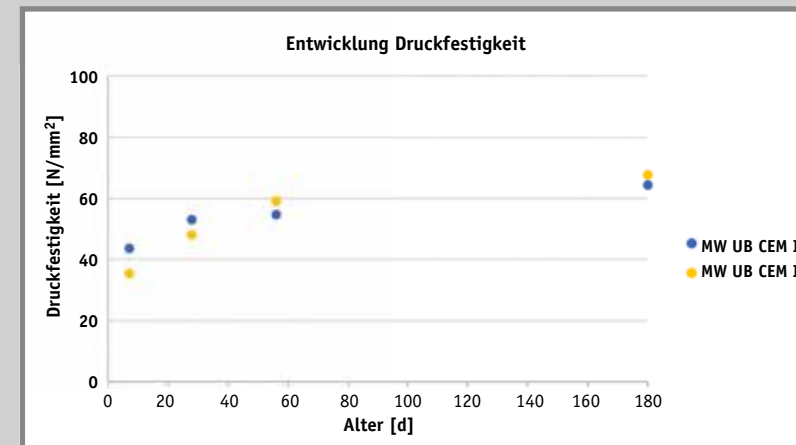


Bild 17: Druckfestigkeitsentwicklung der beiden Unterbetone mit CEM I und CEM III-Zement an Bohrkernen aus der Strecke

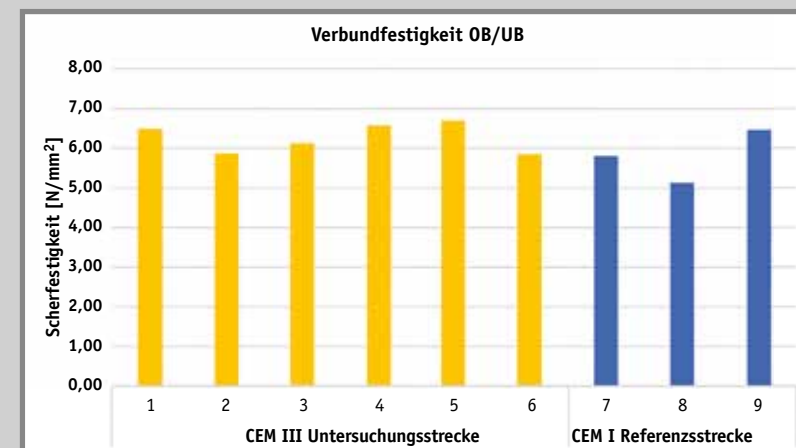


Bild 18: Scherfestigkeit in der Verbundfuge OB/UB

KOMMENTAR

Fortsetzung von Seite 1

Verkehrswegebau mit hineingenommen werden soll, mit welcher Gewichtung und über welchen Zeitraum. Zu Letzterem bieten sich aus anderen Disziplinen die sogenannte Lifecycle-Betrachtung an – aber was ist ein sinnvoller „Betrachtungs“-Lifecycle einer Oberbaukonstruktion aus Asphalt oder Beton? Sicher ist nur, dass der derzeitige Dauerhaftigkeitsansatz der RStO dafür wenig geeignet ist, da er, wie das Regelwerk insgesamt, die besonderen Nachhaltigkeitsvorteile der Bauweisen durch die (faktisch unrichtige) Formulierung technischer Gleichwertigkeiten verdeckt.

Nachhaltigkeitsaspekte aufzuspüren und zu entdecken erfordert einen sehr genauen Blick in die individuellen Leistungsdaten der Bauweisen, der Materialien und Bauverfahren und vor allem in die umfassenden Aspekte der Nutzung. Es ist in diesem Sinne abwegig, die Nachhaltigkeit eines Oberbaus mit Betondecke über eine festgelegte Dauerhaftigkeit von 30 Jahren zu betrachten, wenn wir heute in der Lage sind, einen solchen Oberbau realistisch für Lebensdauern von bis zu 50 Jahren zu bemessen. Aus heutiger Sicht werden vor allem Verfügbarkeits-

betrachtungen das höchste Gewicht bei der Beurteilung der Nachhaltigkeit einer Bauweise erhalten. Wir betreiben ein Fernstraßennetz mit stagnierender Netzlänge bei ständig steigenden Verkehrszahlen. Damit lässt sich ein Verkehrsinfarkt nur durch den strengen Erhalt maximaler Verfügbarkeit langfristig vermeiden. Auch hierzu wird nur die individuelle Betrachtung der Bauweisen zu sinnvollen Ergebnissen führen, da sich die völlig unterschiedlichen Erhaltungsaufwände direkt als Einschränkungen oder Verluste in der Verfügbarkeit darstellen. Hinzu kommt die Frage, mit welchem Gewicht die Sekundärfaktoren der Verfügbarkeit in diese Betrachtung aufgenommen werden sollen: Verfügbarkeitseinschränkungen erzeugen Engstellen oder Staus, zusätzlichen Kraftstoffverbrauch im Stau, Erhöhung der Gefahr und der Häufigkeit von Unfällen, Verlust an Arbeits- und Lebenszeit und Störungen im nationalen Warenverkehr. In diesem Sinne wäre es wünschenswert, wenn auch die nationalen Hauptauftraggeber des Verkehrswegebbaus sich in Abstimmung mit der leitenden Politik an der Kriterienfindung beteiligen und für ihre Bauleistungen möglichst konkrete und deutbare Rahmen- und Grundsatzkriterien zur Nachhaltigkeit einbringen würden. Damit sind aber

nur die baulichen Aspekte der Nachhaltigkeit betrachtet. Die Betonbauweise bietet darüber hinaus die Möglichkeit eines intelligenten Netzmanagements. Beton degradiert in seinen technischen Eigenschaften sehr langsam und erfassbar. Mit regelmäßigen Bewertungen der Substanz lassen sich sehr langfristige und zuverlässige Erhaltungs- und Erneuerungsprognosen erstellen, die eine langfristige Planung und Steuerung der finanziellen Mittel und der Netzverfügbarkeit ermöglichen. Die erfolgte Zentralisierung der Fernstraßenverwaltung bietet hierfür den geeigneten Verwaltungsrahmen.

Um nachhaltiger zu wirtschaften, zu bauen und zu betreiben, müssen die Bauweisen in allen ihren Eigenarten detailliert betrachtet werden. Wenn bei der Erarbeitung von Nachhaltigkeitskriterien die maßgebenden Aspekte ehrlich, ergebnisoffen und in richtiger Gewichtung erfasst werden, kann die Betonbauweise mit ihren besonderen Eigenschaften wertvolle Beiträge zur Schaffung eines nachhaltigen Fernstraßennetzes leisten.



Dipl.-Ing. Martin Peck

INFO

An welchen Themen sind Sie besonders interessiert?

Oder möchten Sie die kostenlose Zeitschrift „Griffig“ bestellen?

Bitte senden Sie uns Ihre Vorschläge oder Bestellung

per E-Mail an:
**sandra.cirillo@
guetegemeinschaft-
beton.de**

oder per Fax an:
(0711) 32732-201.

IMPRESSUM

Aufgaben der Gütegemeinschaft

Die Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e.V. hat die Aufgabe, die Qualität von Straßen und sonstigen hochbelasteten Verkehrsflächen aus Beton zu fördern und zu sichern. Dabei sind insbesondere die Anforderungen der Belastbarkeit, der Wirtschaftlichkeit, der Ökologie und der Sicherheit an derartige Verkehrsflächen maßgebend. Gleichzeitig hat die Gütegemeinschaft die Aufgabe, diese Qualitätsmerkmale gegenüber Dritten, insbesondere den zuständigen Behörden, zu vermitteln.

Dazu werden

- alle technologischen Erkenntnisse aus Wissenschaft und Forschung sowie die Erfahrungen aus dem Verkehrswegebau mit Beton ausgewertet und umgesetzt,
- der Erfahrungsaustausch zwischen den für den Verkehrswegebau zuständigen Behörden und Ministerien, den bauausführenden Unternehmen und der Forschung gefördert und
- die Einhaltung der durch die Gütegemeinschaft von ihren Mitgliedern geforderten Qualitätsstandards kontrolliert.



Herausgeber
**Gütegemeinschaft
Verkehrsflächen aus Beton e.V.**
Gerhard-Koch-Straße 2+4
73760 Ostfildern
Telefon: 0711/32732-208
Telefax: 0711/32732-201
**sandra.cirillo@
guetegemeinschaft-beton.de
martin.peck@
guetegemeinschaft-beton.de**

Produktion: concrete content UG (hb), Schermbeck 2022
Druck: Kopp Druck und Medienservice GmbH, Köln
www.kopp-koeln.de

Nachdruck, auch auszugsweise, mit Quellenangabe und Genehmigung des Herausgebers gestattet.

www.guetegemeinschaft-beton.de

GRIFFIG 1/2022