

GRIFFIG

Aktuelles über Verkehrsflächen aus Beton



Otto-Graf-Preis an Frau Janette Klee verliehen

Im Rahmen des FGSV-Straßen- und Verkehrskongresses wurde zum zwanzigsten Mal der Otto-Graf-Preis vergeben. Preisträgerin war Frau Dipl.-Ing. Janette Klee vom Landesbetrieb Stra-

ßenwesen Brandenburg. Der Festabend der Otto-Graf-Stiftung fand am 13. September 2018 im Radisson-Hotel, Erfurt, statt.

Frau Janette Klee hat sich in den zurückliegenden Jahren in der Förderung der Betonbauweise im Autobahnbau sehr verdient gemacht. Sie war bereits seit 1990 als Qualitätsingenieurin im Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg tätig und hat den Verkehrswegebau mit Beton quasi „von der Pike auf“ gelernt und verinnerlicht. Sie hat die Bauweise auch nach diversen Qualitäts-Rückschlägen mit großer persönlicher Überzeugung weiter vertreten und realisiert. Darüber hinaus ist Frau Klee sehr aktiv in vielen Arbeitsgremien der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). Sie steht für kollegi-

ale Fairness im vertraglichen Umgang zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer und für pragmatische Problemlösungen. Frau Klee hat eine Reihe von Fachartikeln veröffentlicht und tritt häufig als Fachreferentin zu Themen rund um den Betonstraßenbau auf.

Die Laudatio zur Preisverleihung hielt Frau Dr.-Ing. Lissi Pfeifer, die mit der Preisträgerin über einige gemeinsame Stationen in den Lebenswegen verbunden war und den fachlichen Werdegang von Frau Klee als Lehrende maßgeblich unterstützt und begleitet hat. Ihre Würdigung war gekennzeichnet von persönlicher Nähe und fachlichem Respekt vor der Leistung der Preisträgerin.

Frau Klee bedankte sich mit einer humorvollen und herzlichen Dankesrede für den Preis und

für die damit verbundene Würdigung bei der Laudatorin und bei den Preisgebern und versicherte dem anwesenden Fachpublikum fortgesetzte Treue zur Bauweise.



Foto: Villaret

Dr.-Ing. Lissi Pfeifer bei der Laudatio



Foto: IZB

Dipl.-Ing. Janette Klee mit dem Otto-Graf-Preis

Verabschiedung von Klaus Böhme

Am 31. Juli 2018 ist Klaus Böhme aus Altersgründen aus dem Vorstand der Gütegemeinschaft

Verkehrsflächen aus Beton e.V. ausgeschieden und in den verdienten Ruhestand gegangen.

Klaus Böhme war dem Betonstraßenbau mehr als 40 Jahre lang verbunden. Er ist unmittelbar nach dem Bauingenieurstudium in den Verkehrswegbau eingetreten und hat alle Bereiche der baubetrieblichen Planung, der Ausführung, der Bau- und Projektleitung in wirtschaftlicher Verantwortung durchlaufen, darunter auch einige ÖPP-Projekte. Bereits in den 1990er Jahren engagierte er sich in den Gremien der FGSV und in der Gütegemeinschaft. 2005 wurde er Geschäftsführendes Vorstandsmitglied der Gütegemeinschaft, im ersten

Jahr mit Dr. Helmut Eifert, anschließend mit Dr. Norbert Ehrlich und ab 2015 mit Martin Peck als Mitgeschäftsführer. Klaus Böhme hat die Interessen der Gütegemeinschaft und des Betonstraßenbaus in insgesamt 14 FGSV-Arbeitsgremien vertreten, darunter auch im Lenkungsausschuss der Arbeitsgruppe 8. Er hat sich in dieser Zeit intensiv für vertragliche Fairness und für einen qualitätsvollen Betonstraßenbau eingesetzt. Hierbei war es sein stetiges Streben, die konstruktiven Kräfte der beteiligten Fachgruppen zu bündeln und in praktisches Wirken umzusetzen.

In seiner neuen Lebensphase möchte Klaus Böhme sich „die Neugier an den Dingen erhalten“, sich familiären Aufgaben und all dem widmen, für das bisherige Zeit und Ruhe oft gefehlt haben. Wir danken Klaus Böhme für seine stets freundschaftliche und offene Haltung, für erfahrene Hilfe und Unterstützung und für die vielen Jahre professionellen Wirkens für die Gütegemeinschaft und den Betonstraßenbau.

Thomas Wolf
Alexandra Vidal
Christoph Hofmeister
Martin Peck



Dipl.-Ing. Klaus Böhme bei der Weiterbildung 2018 in Potsdam

Monolithische Profile hergestellt in Gleitschalungstechnik

Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten im Tief- und Straßenbau

Dipl.-Ing. (FH) Pascal Borsch, Treis-Karden

Die Herstellung monolithischer Profile in Gleitschalungstechnik hat sich in den vergangenen Jahrzehnten durch eine Vielzahl an Vorteilen und Anwendungsmöglichkeiten am Markt etabliert. Zur Herstellung monolithischer Profile werden sogenannte Gleitschalungsfertiger eingesetzt. Mittels dieser ausgereiften Maschinenteknik können, gepaart mit leistungsfähigen Betonen, wartungsarme und langlebige Betonbauteile in sehr kurzer Bauzeit realisiert werden.

1 Einleitung

Das Wort „monolithisch“ findet seinen Ursprung in dem altgriechischen Wort monólithos und bedeutet so viel wie „aus nur einem Stein bestehend“ [1]. Die Herstellung monolithischer Profile in Gleitschalungstechnik fand Anfang der 1980er Jahre Einzug und Verbreitung bei der Herstellung von Betonschutzwänden in Ortbetonbauweise, eignet sich jedoch auch gut für einige weitere Anwendungen.

Durch die stetige Weiterentwicklung der Maschinen- und Einbautechnik wird heute eine Vielzahl von Bauteilen, die in der Vergangenheit aufwendig eingeschalt oder als Fertigteile produziert werden musste, hergestellt. Der Einsatzbereich erstreckt sich von einfachen Randbalken und Fundamenten über Bordsteine und Rinnen bis hin zu Bord-Rinnen-Kombinationen, Banketten und den bereits genannten Betonschutzwänden.

Üblicherweise werden die monolithischen Profile unbewehrt hergestellt, jedoch ist durch den Einsatz von z.B. Stahlfasern oder Stabstählen auch die Herstellung von bewehrten Bauteilen, wie z.B. von Fundamenten, möglich. Durch den Einsatz moderner Gleitschalungsfertiger sowie leistungsfähiger Betone gepaart mit dem langjährigen Knowhow der ausführenden Firmen bietet der Einsatz monolithischer Profile inzwischen ein großes, stetig wachsendes Spektrum an Einsatzmöglichkeiten im Bereich des Tief- und Straßenbaus.

2 Einbautechnik

Die Herstellung des jeweiligen Bauteils geschieht, ähnlich wie bei großen Fahrbahndeckenfertigern, über eine horizontal über

einen Untergrund bewegte Gleitschalung, die kontinuierlich mit Beton befüllt wird. Die Gleitschalung als Fertigungseinheit ist Teil des Antriebsfahrzeugs oder an diesem montiert. Im Allgemeinen steht das Fahrniveau des Fahrzeugs in festem Verhältnis zum Einbauniveau des Bauteils. Allerdings sind auch Gleitschalungen mit gesonderter Niveausteuern möglich. Der zur Herstellung benötigte Beton wird mittels Fahrmaschinen zur Baustelle transportiert und an den Gleitschalungsfertiger übergeben. Über ein hydraulisch angetriebenes Fördersystem am Fertiger wird der Beton in die Gleitschalung transportiert. Diese ist in der Regel seitlich am Gleitschalungsfertiger montiert, hierbei spricht man vom Offset-Einbau. Befindet sich die Schalung zwischen den Fahrwerken spricht man von Inset-Einbau.

In der Schalung befinden sich Rüttler, die den eingebrachten Beton verdichten. Das innere Profil der Gleitschalung bringt den verdichteten Beton dabei in die gewünschte Form. Durch die kontinuierliche Vorwärtsbewegung des Gleitschalungsfertigers entsteht so ein endloses Betonprofil, das nach der Erhärtung „aus nur einem Stein“ besteht.

Diese Art der Herstellung von Betonbauteilen zeichnet sich durch hohe Verdichtung, geringe Maßtoleranzen, nahtlose und gleichmäßige Oberflächen sowie eine hohe Genauigkeit in der Höhenlage und im Richtungsverlauf aus.

3 Konstruktive Vorteile

3.1 Bauteilqualitäten erhöhen

Die Vorteile der Gleitschalungsfertigung sind am Beispiel von seitlichen Entwässerungseinrichtungen an Verkehrsflächen besonders gut zu erkennen. Bei konventi-

onellen Entwässerungseinrichtungen wird der Gesamtquerschnitt aus mehreren, einzelnen Betonfertigteilen oder Betonwaren, wie Bordsteine, Rinnen- oder Pflastersteine zusammengesetzt (Bild 1). Diese werden auf ein Fundament aus einem Beton der Festigkeitsklasse C12/15 versetzt [5], die Herstellung der erforderlichen Rückenstütze erfolgt ebenfalls mit einem Beton der Festigkeitsklasse C12/15. Die Versatzfundamente und die Rückenstützkonstruktionen gelten nicht als Bauteile, sondern als Hilfskonstruktionen. Die Ausführung basiert auf traditionellen Bauregeln und ist eher handwerklich geprägt.

Bei monolithischen Profilen wird der gesamte Bauteilquerschnitt in einem Zuge hergestellt und besteht aus nur einem Beton. Die Ausführung einer Bewehrung ist hierbei grundsätzlich nicht erforderlich. Der Beton wird nach den gegebenen Umgebungsbedingungen zusammengesetzt und erfüllt im Straßenbau die Anforderungen der Expositionsklassen XC4, XD3, XF4, wobei die ersten beiden Expositionsklassen nur bei bewehrten Bauteilen oder solchen mit enthaltenen Metallanteilen zwingend anzusetzen sind. Aus dieser Expositionsklassenkombination ergibt sich, dass ein Beton mit einer Mindestfestigkeitsklas-



Bild 1: Konventionelle Bord-Rinnen-Anlage aus einzelnen Betonwaren



Bild 2: Monolithische Bord-Rinnen-Anlage aus einem Beton

se C30/37 und mit künstlich eingebrachten Luftporen (LP-Beton) zu verwenden ist. Wenn es sich um ein Betonbauteil im Geltungsbereich der Regelwerke des Verkehrswegebau handelt, wird der Beton zusätzlich zumindest in Anlehnung an die TL Beton-StB hergestellt [2]. Damit ist der Beton für die Gleitschalungsfertigung mit Betonen vergleichbar, die auch beim Fahrbahndeckenbau eingesetzt werden und erfüllt überwiegend deutlich höhere Qualitätskriterien als die Einzelelemente der konventionellen Herstellung einer Entwässerungsanlage (Bild 2).

Neben den Umgebungsbedingungen stellen die sekundären Einwirkungen des Verkehrs, also das An- und Überfahren sowie der Anprall von Fahrzeugteilen und Rämerschaufeln für Bord-Rinnen-Anlagen eine typische Belastung dar. Bei Betonschutzwänden ist der Fahrzeuganprall der maßgebende Dimensionierungslastfall. Unter diesen Lastkollektiven ist eine monolithische Konstruktion von besonderem Vorteil, da Konstruktionsgruppen aus Einzelbauteilen unter Belastung erfahrungsgemäß von geringerer Gesamtstabilität sind und erheblich früher versagen, als monolithische Konstruktionen (siehe auch 3.2). Auch die Aufnahme und Kompensation von Anprallimpulsen können die schweren und struktursteiferen, monolithischen Gleitformbauteile erheblich besser leisten, als Konstruktionen aus Einzelelementen. Die derzeitigen Erfahrungen mit monolithischen Grenz- und Schutzbauwerken im Verkehrswegebau haben gezeigt, dass trotz der vielfachen, überwiegend dynamischen Beanspruchungen aus dem Verkehr eine mittlere Nutzungsdauer von mindestens 25 bis 30 Jahren erwartet

werden kann [4]. In der Praxis zeigt sich, dass auch deutlich längere Nutzungsdauern erreicht werden können.

Ein weiteres Beispiel für die Dauerhaftigkeit von monolithisch hergestellten Profilen sind Betonschutzwände in Ortbetonbauweise (BSW 0). Hierbei entsprechen sowohl das Einbauprinzip wie auch der verwendete Beton stets den bereits genannten Anforderungen (Bild 3).

An der Anschlussstelle Blankenheim auf der A 1 steht bereits seit über zwanzig Jahren eine BSW 0, die sehr gut intakt ist und noch eine lange Lebensdauer erwarten lässt.

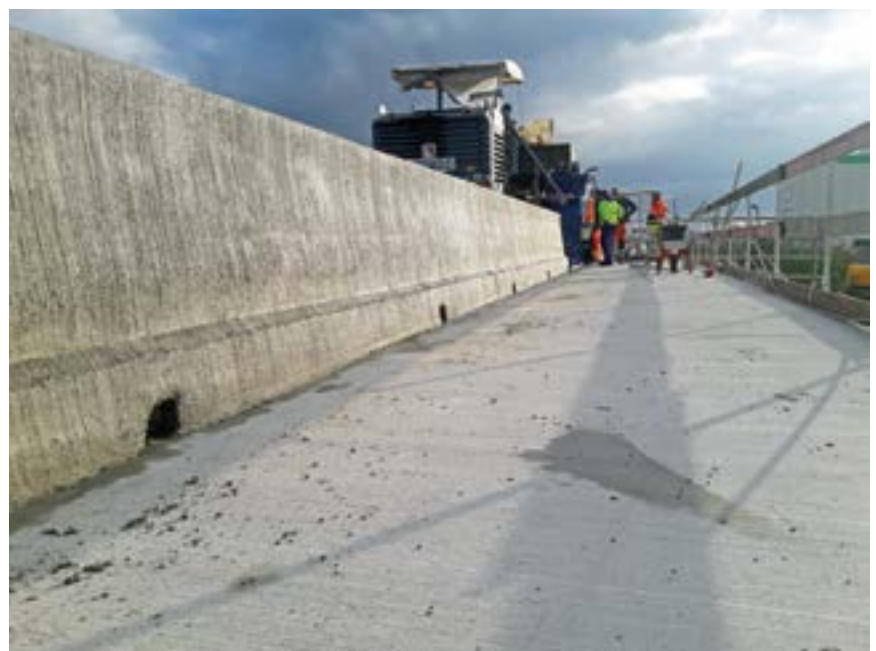


Bild 3: Betonschutzwand in Ortbetonbauweise

3.2 Qualität verbessern durch reduzierten Fugenteil

Vergleicht man eine monolithisch hergestellte Bord-Rinnen-Anlage (Bild 2) mit einer konventionell gefertigten Entwässerungseinrichtung (Bild 1), sticht einer der wesentlichen Vorteile schnell heraus.

Wie bereits unter 3.1 erläutert, wird bei konventionellen Entwässerungseinrichtungen der Gesamtquerschnitt aus mehreren, kleinen Betonteilen zusammengesetzt. Hieraus ergibt sich für das Beispiel der in Bild 1 dargestellten Entwässerungseinrichtung ein Fugenteil von 5,5 Metern pro Laufmeter Konstruktion (Bild 4). Die Fugen im Rinnenbereich werden hierbei in der Regel mit einem Fugenmörtel verfüllt, im Bereich der Bordsteine wird in der Regel keine Verfüllung vorgenommen.

Wie diese Bauweise und die verwendeten Materialien erwarten lassen – und wie sich in der Praxis gezeigt hat – sind Fugen die Schwachstelle jeder Konstruktion. Sie verringern den Bauteilwiderstand und die Lebensdauer und bringen einen hohen Wartungsaufwand mit sich. An den Fugen tritt ungewollt Wasser ein, das im Winter gefrieren kann. Zudem kann sich dort Pflanzenwuchs festsetzen, der mit seinen Wurzeln die Fugen zerstören kann. An den Pflanzen bleiben schnell Feststoffe wie Müll, Splitt oder Laub hängen und behindern den Wasserablauf.

Wird die Entwässerungseinrichtung als monolithisches Profil ausgeführt, werden lediglich wenige Quertfugen ausgebildet, Längsfugen im Bauteil entfallen vollständig. Für das in Bild 1 dargestellte Beispiel ergibt sich somit bei einem Fugenabstand

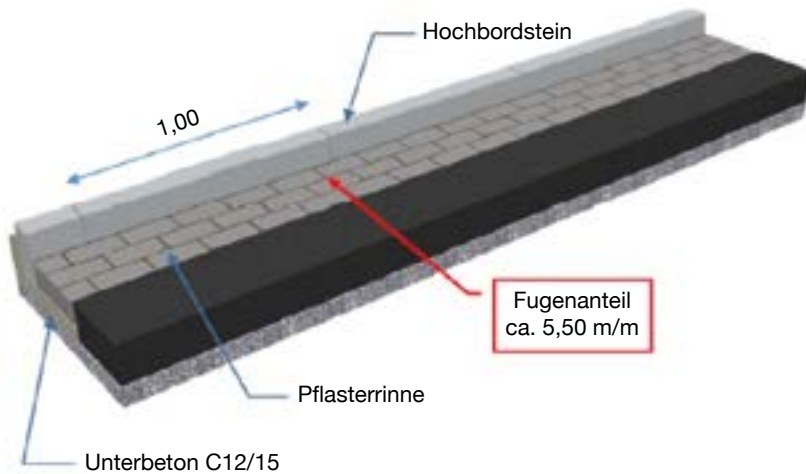


Bild 4: Fugenanteil einer konventionellen Bord-Rinnen-Anlage

von 3 m, ein Fugenanteil von rund 0,20 Metern pro Laufmeter (Bild 5). Im Vergleich zur konventionellen Bauweise lässt sich der Fugenanteil in der Konstruktion nach vorsichtiger Schätzung um mehr als 95 % reduzieren. Hierdurch kann die Dauerhaftigkeit bei üblichen Belastungen deutlich erhöht werden. Gleichzeitig werden der Wartungs- und Pflegeaufwand und damit die Unterhaltungskosten reduziert.

3.3 Dauerhaftigkeit steigern

An vielen starkbelasteten Knotenpunkten, wie z.B. Kreisverkehrsplätzen (Bild 6), zeigt sich, dass die konventionell ausgeführten Randeinfassungen z.B. aus Bord- oder Pflastersteinen etc. nicht die gewünschte Lebensdauer erreichen. Grund hierfür sind die hohen Lasten, die u.a. beim Überfahren durch Lkw in das Bauteil eingetragen werden. Dies führt dazu, dass die Bordanlagen gelöst, verschoben und teilweise zerstört werden, wodurch erhebliche, sich wiederholende Erhaltungsaufwände entstehen können und die Verkehrssicherheit beeinträchtigt wird. An vielen dieser hochbelasteten Bereiche wurde in der Vergangenheit versucht, diese Kon-

struktionsteile mittels aufwendig bewehrter Rückstützen und Betonen mit höherer Festigkeit robuster und dauerhafter auszubilden. Der Erfolg solcher Zusatzmaßnahmen ist jedoch keinesfalls garantiert, da zu derartigen ad-hoc-Konstruktionen meist keine belastbaren Langzeiterfahrungen vorliegen. Die Herstellkosten für diese Maßnahmen sind z.T. sehr hoch und können die Herstellkosten für ein monolithisch hergestelltes Betonprofil deutlich übersteigen. Es ist also wirtschaftlich und konstruktiv sinnvoll, in höher belasteten Situationen von vornherein eine monolithische, im Gleitformverfahren hergestellte Bord- oder Bordrinnenanlage vorzusehen.

In Einfahrtbereichen zu Park- und Stellflächen ist zu beobachten, dass sich bei der konventionellen Pflasterbauweise bereits nach kurzer Zeit einzelnen Steine lockern oder gar lösen. Beim regelmäßigen Überfahren, selbst mit Pkw, werden die Bauteile im Laufe der Zeit nahezu vollständig zerstört und müssen durch kostenintensive Sanierung wiederhergestellt werden. Bereiche mit regelmäßigen Lenk-, Brems- und Anfahrtsituationen sind hiervon besonders

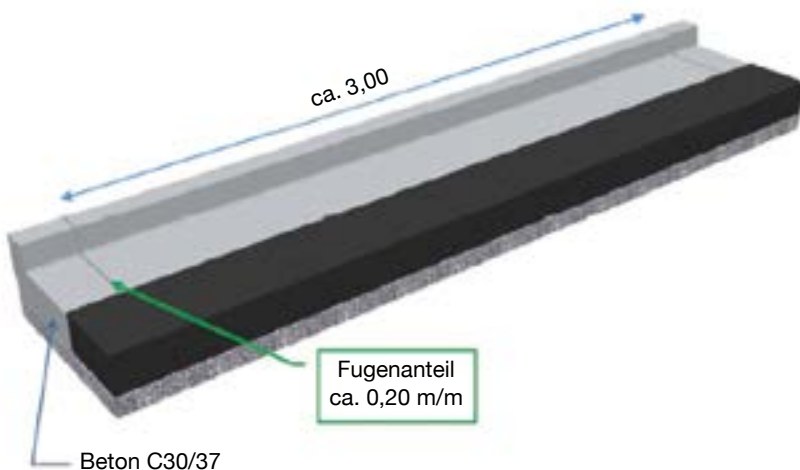


Bild 5: Fugenanteil einer monolithischen Bord-Rinnen-Anlage

betroffen. Die Schäden beginnen meist mit einem partiellen Versagen der Verfügung und setzen sich rasch, bis zur völligen Auflösung des Pflasterverbunds in tiefer liegende und benachbarte Konstruktionsbereiche fort. Bei monolithischen Profilen aus Beton sind diese Art Schäden weitgehend ausgeschlossen. Monolithische Gleitformbauteile sind technisch widerstandsfähige, da fugenarme Konstruktionen „aus einem Guss“ und werden aus Betonen hoher Festigkeit hergestellt, wie sie z.B. auch in Autobahndecken eingesetzt werden.

3.4 Bauzeit verkürzen

Monolithische Bauteile werden unmittelbar auf der vorhandenen Unterlage, wie z.B. einer Frostschutz- oder Schottertragsschicht, einer HGT oder einer Asphaltunterlage hergestellt. Aufwendige Vorarbeiten, wie ein zusätzlicher Teilaushub, Sauberkeitsschichten, Fundamente und Rückenstützkonstruktionen sind nicht erforderlich, was die Anzahl der Gewerke reduziert und die Abläufe verkürzt. Hinzu kommt ein bei laufendem Gleitformbau äußerst rascher, kontinuierlicher Baufortschritt. In Summe dieser Aspekte ergibt sich gegenüber den konventionellen, stark handwerklich geprägten Arbeitsweisen eine beeindruckende Ausführungsgeschwindigkeit. Während beim Bau gepflasterter Bordrinnen Tagesleistungen von max. 100 bis 120 m realisierbar sind, schaffen Gleitschalungsfertiger die bis zu zehnfache Leistung (Bild 7). Wesentlichen Einfluss auf den Fertigungsfortschritt haben die Bauteilgeometrie und die Betonversorgung, die meist durch die Entfernung des Transportbetonwerks zur Baustelle und die örtlichen Gegebenheiten der Baustelle bestimmt wird.

Ein weiterer, wesentlicher Pluspunkt ist die einfache Baustoffbeschaffung. Transportbetonwerke sind national flächendeckend verfügbar, was eine kontinuierliche Belieferung für jede Baumaßnahme sicherstellt. Aufwendige Disposition für verschiedene Baustoffe und Geräte entfallen. Stattdessen wird Frischbeton mittels eines Fahrmischers direkt an den Einbauort geliefert und dort just-in-time verarbeitet. Die robusten monolithischen Profile entstehen als Ortbetonkonstruktionen unmittelbar am Einbauort. Durch den schnellen Fertigungsprozess können somit die Ausführungszeiten für Baumaßnahmen deutlich reduziert werden.

3.5 Herstellkosten reduzieren – nachhaltiger bauen

In Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen [5, 6] hat sich gezeigt, dass die Herstellkosten für ein monolithisch hergestelltes Profil oft geringer sind als die von konventio-



Bild 6: Kreisverkehr in Bad Sobernheim nach zehn Jahren Nutzung

nell hergestellten Bauteilen. Wesentlichen Einfluss auf die Herstellkosten haben die Bauteilgeometrie, der vorgesehene Beton sowie eine eventuelle Bewehrung. Darüber hinaus wirken sich die geographische Lage der Baumaßnahme und damit einhergehende, regional unterschiedliche Betonpreise direkt auf die Herstellungskosten aus. In sinnvoller Gesamtbetrachtung lassen sich jedoch, wie in den vorherigen Ausführungen beschrieben, die Ausführungs-, gegebenenfalls Sperr- und Nutzungsausfallzeiten erheblich reduzieren. Fügt man einer qualitativen Lifecycle-Betrachtung noch das erheblich bessere Dauerhaftigkeitspotenzial einer monolithischen Gleitformkonstruktion mit deutlich geringeren Erhaltungskosten und die vollständige Wiederverwertbarkeit des Betons im Rückbaufalle hinzu, wird rasch deutlich, dass die Gleitformtechnik nicht nur technisch und wirtschaftlich hochwertiger, sondern auch erheblich nachhaltiger ist als klassische Ausführungsvarianten.

4 Anwendungsmöglichkeiten

Wie unter Kapitel 1 bereits angeführt, ist der Ursprung des Gleitformbaus im Verkehrswegebau in Deutschland im Bereich der Ortbetonschutzwände zu finden. Hier ist es möglich, Betonschutzwände von der Aufhaltestufe H2 bis zur höchstmöglichen Aufhaltestufe H4b herzustellen. Betonschutzwände können sowohl als Strecken- als auch als Bauwerkssysteme eingesetzt werden. Somit stehen für alle Anwendungsfälle im Bereich der Fahrzeugrückhaltesysteme die entsprechenden Ortbetonschutzwände zur Verfügung.

Weitere Anwendungsbereiche stellen Fundamente für Betonschutzwände oder Randbalken neben Fahrbahnen oder Gehwegen dar. Weiterhin können alle gängigen Randeinfassungen, wie Hoch-, Rund- oder Flachborde mit und ohne verstärkte Rückenstützen als monolithische Gleitschalungsprofile hergestellt werden (Bild 8). Evtl. erforderliche Absenkungen, z.B. in Einfahrtsbereichen, lassen sich problemlos integrieren. Für die Herstellung von Entwässerungseinrichtungen entlang von Straßen oder auf Park- und Stell- sowie Flugbetriebsflächen eignet sich der Einsatz von monolithischen Profilen eben-

falls. Von einfachen Muldenrinnen bis hin zu Bord-Rinnen-Kombinationen hat der Gleitformbau in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Bei vielen Auftraggebern hat sich diese Bauweise bereits als wirtschaftliche und dauerhafte Standardlösung etabliert.

Auch Aspekten der Freiraumgestaltung kann u.a. durch den Einsatz eingefärbter Betone entsprochen werden. So wurden bereits Betonschutzwände sowie Randeinfassungen mit eingefärbten Betonen hergestellt.

Seit Ende 2014 hat sich ein weiterer Einsatzbereich für die Anwendung monolithischer Gleitformprofile etabliert. Durch den Einsatz eines polymermodifizierten Betons lassen sich sehr dauerhafte, wasserdurchlässige Bankette herstellen (Bild 9). Hierüber wurde bereits in Griffig 2/2016 ausführlich berichtet.

5 Konstruktive Details

5.1 Abmessungen

Bei üblichen Bauteilen wie Fundamenten, Bordsteinen, Rinnen und Betonschutzwänden beträgt die Bauteilbreite in der Regel bis zu 1 m. Im üblichen Offset-Einbau lassen sich jedoch auch breitere Abmessungen mit bis zu 1,50 m realisieren. Hierbei sind z.B. Betonschutzwände mit Einbauhöhen bis zu 1,20 m üblich. In den USA werden Einbauhöhen bis zu 1,80 m ausgeführt. Variable Bauteilbreiten und -höhen ermöglichen eine Vielzahl an Bauteilabmessungen.



Bild 7: Bau einer Bordrinne mit Gleitschalungsfertiger

5.2 Fugenausbildung

Um dauerhafte und technisch richtige Fugen herzustellen, sollten die Anforderungen der ZTV-Fug grundsätzlich berücksichtigt werden.

Zur Vermeidung unplanmäßiger Risse werden monolithische Profile wie auch Fahrbahndecken aus Beton unmittelbar nach dem Erhärtungsbeginn des Betons mit einem Kerbschnitt versehen. Der Kerbschnitt leitet einen planmäßigen Riss ein, der nachfolgend als Scheinfuge nach den ZTV Fug-StB ausgebildet wird. Der Schneidzeitpunkt hängt hierbei sehr stark von den Umgebungs- und Bauteiltemperaturen ab, die den Erhärtungsprozess des Betons maßgeblich beeinflussen. In wärmeren Jahreszeiten kann meist bereits etwa fünf Stunden nach dem Betonieren mit den Schneidarbeiten begonnen werden. In kühleren Jahreszeiten kann sich der geeignete Schnittzeitpunkt auf bis zu 12 Stunden und mehr verschieben.

Der Abstand der Kerbschnitte beträgt in Abhängigkeit des Betonquerschnitts in der Regel 2 bis 5 m. Die Kerbschnitte werden

in einem weiteren Arbeitsgang zu einer Fugenkammer aufgeweitet. Die Abmessungen der Fugenkammer betragen hierbei in der Regel $B \times H = 10 \times 25 \text{ mm}$.

Zum Verfüllen der Fugen kommen sowohl Heißvergussmassen als auch ein- oder zweikomponentige Kaltvergussmassen zum Einsatz. In der Praxis haben sich die Kaltvergussmassen aufgrund Ihrer guten Verarbeitbarkeit an senkrechten Bauteilen wie z.B. Bordsteinen oder Betonschutzwänden als sehr geeignet herausgestellt.

Um eine dauerhafte Fugenfüllung herzustellen, muss darauf geachtet werden, dass die durch den Hersteller der Fugenmassen vorgeschriebenen Verarbeitungsbedingungen eingehalten werden, insbesondere im Hinblick auf die Rest- und Umgebungsfeuchte am Betonbauteil. Des Weiteren sollte sich vor dem Aufweiten und Verfüllen der planmäßige Riss unterhalb des Kerbschnitts eingestellt haben. Die ZTV Fug-StB sehen hierfür zwischen Betonage des Bauteils und dem Verfüllen der Fuge einen Zeitraum von mindestens 7 Tagen vor.

6 Fazit und Ausblick

Mit dem Gleitformbau lassen sich die Vorteile des Baustoffs Beton sowie innovative Maschinenteknik kombinieren. Beton wird seit vielen Jahrzehnten erfolgreich für die Herstellung langlebiger und dauerhafter Bauteile verwendet. Durch die Verwendung im Bereich des Gleitformbaus zur Herstellung von einfachen Randbalken, über Bord-Rinnen-Anlagen bis hin zu Betonschutzwänden und komplexeren Sonderprofilen lassen sich Fugenteile reduzieren und die Dauerhaftigkeit der Gesamtkonstruktion erheblich verbessern. Kostenintensive Wartungs- und Pflegearbeiten an der Konstruktion entfallen nahezu vollständig. Durch den Einsatz moderner Gleitschalungsfertiger lassen sich große Tagesleistungen erzielen. Dies führt zu einer Reduzierung der Ausführungszeit, was durch die Verkürzung von Sperr- und Umleitungszeiten Verkehrsbeeinträchtigungen vermindert und sich positiv auf die Streckenverfügbarkeit auswirkt. Aufgrund der breitgefächerten Einsatzmöglichkeiten



Bild 8: Beispiele für Anwendungsbereiche des Gleitformbaus



Bild 9: Dauerhafte, wasserdurchlässige Bankette aus polymermodifiziertem Beton

ist die Anwendung des Gleitformbaus bei einer Vielzahl von Bauprojekten im Bereich von Kreis-, Land- und Bundesstraßen sowie Autobahnen, Park- und Rastanlagen möglich. Aber auch im Bereich ländlicher Wege und Parkanlagen besteht erhebliches Anwendungspotenzial.

Mit der Herstellung monolithischer Profile in Gleitschalungstechnik steht eine Bauweise zur Verfügung, die eine schnelle, dauerhafte, wirtschaftliche und nicht zuletzt nachhaltige Alternative zu den konventionellen Bauweisen bietet.

7 Literatur

- [1] Duden, Das Fremdwörterbuch, 9. Auflage, Dudenverlag
- [2] Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, FGSV-Verlag, Köln
- [3] VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Verkehrswegebauarbeiten – Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung, Einfassungen
- [4] Hinsch, K.; Maerschalk, G.; Pingel, C.: Untersuchungen zur Häufigkeitsverteilung von Erhaltungsmaßnahmen und Erhaltungsintervallen aufgrund von Netzanalysen zur Fortschreibung der Bedarfsermittlung für Bundesfernstraßen, Schlussbericht zum FE 9.064, München, April 1990
- [5] Rech, T.: Wirtschaftlichkeitsuntersuchung des Gleitformbauverfahrens, Bachelorarbeit im Fachbereich Bauwesen, Fachgebiet Baubetrieb der Hochschule Koblenz, September 2015
- [6] Wollscheid, A.: Anwendungsmöglichkeiten und Wirtschaftlichkeit des Gleitschalungs- und Gleitformbaus im Straßenbau, Master-Thesis im Fachbereich Bauingenieurwesen der Hochschule Trier, April 2015

Mischbindemittel zur Bodenverbesserung

Dipl.-Ing. Paul Vogel, Wiesbaden, Dr. Sonja Haas, Köln

Mischbindemittel zur Bodenverbesserung werden seit mehr als 20 Jahren erfolgreich eingesetzt. Erstmals wurden auf der ICE-Neubaustrecke Köln–Frankfurt weite Bereiche des Bahndamms mit Mischbindemitteln verbessert. Dadurch konnte die erforderliche Tragfähigkeit des Untergrunds zielsicher erreicht werden. Weitere Anwendungen sind die Verbesserung nicht standfester Böden zur Vorbereitung von Industriestandorten (Bild 1) wie Produktions- oder Lagerhallen, sowie auch zur Stabilisierung von Dämmen (Bild 2). Dadurch kann der Bodenaustausch mit all seinen Konsequenzen in erheblichem Umfang weitestgehend vermieden werden.

1 Einführung/Anwendung

Trotz der seit langem vorliegenden Erfahrung in der Anwendung von Mischbindemitteln kam es in der Vergangenheit immer wieder zu Irritationen hinsichtlich der Zusammensetzung und der Qualitätsnachweise sowie der Vergleichbarkeit verschiedener Produkte. Auch führten große Preisunterschiede vermeintlich gleichwertiger Produkte zu einer großen Unsicherheit bei ausschreibenden Stellen und Auftraggebern und bei der bauausführenden Industrie. Ein technisch sauberer Vergleich der verschiedenen Produkte war unter diesen Gegebenheiten kaum möglich.

Daher erhielt der Arbeitsausschuss „Bodenbehandlung“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) den Auftrag, ein Merkblatt zur Herstellung, Wirkungsweise und Anwendung von Mischbindemitteln zu erarbeiten. Die erste Version des Merkblatts erschien 2012 und befindet sich derzeit in Überarbeitung. Die wesentlichsten Regelungen sollen anschließend in die neue Version des „Merkblatt über Bodenverbesserungen und Bodenverfestigungen mit Bindemitteln“ eingearbeitet werden.

Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über die Anwendung und einen Blick in den Regelwerkshintergrund von Mischbindemitteln und kann helfen, die Ausschreibungspraxis bei der Verwendung von Mischbindemitteln zu präzisieren.

2 Regelwerke

Die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“ (ZTV E-StB 17) [1] regeln die Ausführung und die Qualitätsanforderungen für den Untergrund und Unterbau von Verkehrsflächen und sonstigen Erdbauwerken. Das verfestigte oder verbesserte Planum ist die obere Zone des Untergrunds bzw. Unterbaus, auf den unmittelbar der Oberbau mit den verschiedenen Tragschichten aufgebracht wird. Daher kommt der ausreichenden Stabilität des Unterbaus eine hohe Bedeutung zu. Es werden folgende Varianten unterschieden:

- **Bodenverfestigungen** sind Verfahren, bei denen die Widerstandsfähigkeit des Bodens (oder der Baustoffe) gegen Beanspruchung durch Verkehr und Klima erhöht wird. Der Boden/Baustoff wird dadurch dauerhaft tragfähig und frostsicher.
- **Bodenverbesserungen** sind Verfahren zur Verbesserung der Einbaufähigkeit und Verdichtbarkeit von Boden oder Bau-



Bild 1: Anwendungsbeispiele – Industrieflächen

stoffen zur Erleichterung der Ausführung von Bauarbeiten.

- **Qualifizierte Bodenverbesserungen** sind Bodenverbesserungen mit Bindemitteln, die erhöhte Anforderungen an bestimmte Eigenschaften erfüllen, wie z.B. Druckfestigkeit und Witterungswiderstand.

In den Regelwerken [1 bis 5] werden technische Empfehlungen für die Planung und Ausführung solcher Bodenbehandlungen gegeben. Sie sollen dazu beitragen, Bodenverbesserungen und Bodenverfestigungen mit Bindemitteln allgemein, aber auch mit Mischbindemitteln im Besonderen, sachgemäß und nach einheitlichen Grundsätzen herzustellen.

Neben den ökologischen Vorteilen, wie z.B. der Ressourcenschonung von natürlichen Gesteinskörnungen, hat die Bodenbehandlung mit Bindemitteln auch eine wirtschaftliche Bedeutung (Tafel 1). Der anstehende F3 Boden kann durch eine Qualifizierte Bodenverbesserung mit einem Mindestbindemittelgehalt von 3 Gew.-% sowie Erreichen der zusätzlichen Anforderungen an Druckfestigkeit und Raumbständigkeit in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 eingestuft werden. In diesem Fall darf die Dicke des frostsicheren Oberbaus von Verkehrsflächen um 10 cm verringert werden. Dies kann im Einzelfall, je nach örtlichen Randbedingungen und Gege-

benheiten, ein deutlicher Vorteil dieser Bauweise sein.

3 Ausgangsstoffe

Für die Herstellung von Mischbindemitteln nach Merkblatt [5] sind nur Ausgangsstoffe nach [6] bis [10] zu verwenden.

Die in DIN EN 459-1 genormten Baukalke (ungelöschte Kalke) müssen dabei den chemischen Anforderungen nach Tafel 3 genügen und mindestens die Qualitäten CL 80-Q oder DL 80-5-Q aufweisen. Die Norm legt zusätzlich Anforderungen an die Reaktionsfähigkeit und an die Mahlfineinheit der Kalke fest.

Bei bestimmten Bodenarten wie Schluffen und Tonen sowie sehr feuchten und nassen Böden kann auch eine Bodenverbesserung mit Kalk sinnvoll sein (Bild 3). Dadurch wird der Wassergehalt deutlich reduziert und durch die Karbonatisierung wird eine, wenn auch nur geringe, Festigkeit im Boden erreicht (Tafel 1). Die langen Verarbeitungszeiten können bei Verbesserungen im Erdbau vorteilhaft sein.

Als hydraulische Komponenten der Mischbindemittel kommen nur Normalzemente nach DIN EN 197-1 [6] (Tafel 5) oder Zemente mit besonderen Eigenschaften nach DIN EN 197-4 [7] bzw. DIN 1164 -10 [8] der Festigkeitsklassen 32,5 bis 52,5 in Frage. Darüber hinaus können auch schnell er-



Bild 2: Anwendungsbeispiel – Dammbau

Foto: FGSV

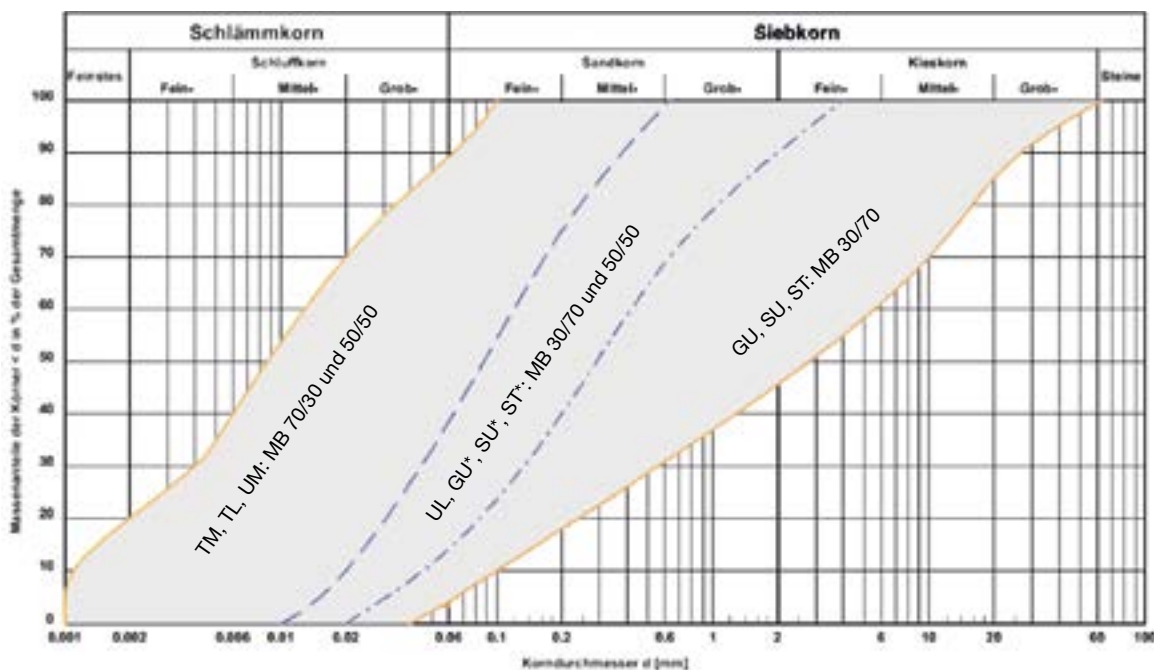


Bild 3: Körnungsband mit den Anwendungsbe-reichen von Mischbinde-mitteln

härtende Hydraulische Tragschichtbinder (HRB E4) nach DIN EN 13282-1 [9] verwendet werden.

Gemischtkörnige und leichtplastische Bodenarten sowie bestimmte Tone (ohne TA) und Schluffe können mit reinen Zementen sehr gut verbessert bzw. verfestigt werden (Bild 3). Der Wassergehalt der Böden wird verringert und eine hohe Tragfähigkeit erreicht. Dies ermöglicht eine Verringerung der Frostempfindlichkeit von F3 nach F2. Die Verarbeitungszeiten sind allerdings deutlich kürzer als bei Verbesserungen mit ungelöschtem Kalk und sind abhängig von der Zementart und vom Zementgehalt. Weitere Details zu den Einflüssen der Bindemittel auf die bodenmechanischen Kennwerte sind in Tafel 1 zusammengefasst.

4 FGSV-Merkblatt Mischbindemittel

Mischbindemittel (Kalk-Zementgemische) sind eine Kombination aus genormten hydraulischen Bindemitteln oder deren Hauptbestandteilen und Baukalk nach den in Abschnitt 3 aufgeführten Ausgangsstoffen. Sie werden werksseitig durch Mischen der fein gemahlenen Ausgangsstoffe in Chargenmischern (z.B. Doppelwellen-Zwangsmischer oder Pflugschar-Mischer) hergestellt. Ausgangsstoffe nach Abschnitt 3 bzw. Hauptbestandteile nach DIN EN 197-1 [6] werden über gravimetrische oder volumetrische Dosiereinrichtungen in den Mischer gegeben und homogenisiert. Das gemischte Gut wird

vollständig ausgetragen und entweder in Silos bevorratet oder direkt in ein Silofahrzeug verladen. Eine werkseigene Produktionskontrolle zur regelmäßigen Überprüfung der vorgegebenen Mischrezepturen und ein Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9001 sind wichtige Voraussetzungen für die Herstellung von Mischbindemitteln nach dem FGSV- Merkblatt „Mischbindemittel“ [5].

In der Praxis haben sich drei Mischungsverhältnisse etabliert, mit denen sich die unterschiedlichen Bodenarten verbessern lassen. Engere Abstufungen zwischen den Kalk- und Zementanteilen werden zwar in bestimmten Regionen ausgeschrieben, sind aber nach Meinung der Mitglieder des FGSV-Arbeitsausschusses 5.3 „Boden-

Tafel 1: Veränderung der bodenmechanischen Eigenschaften [5]

Kennwerte	Kalk	Zement
Wassergehalt	Starke Reduktion	Geringe Reduktion
Temperatur	Starke Erwärmung	Keine Temperaturänderung
Plastizität	Verringerung bei Ton, Erhöhung der Fließ- und Ausrollgrenze bei Schluff	Geringe Erhöhung der Fließ- und Ausrollgrenze bei bindigen Böden
Proctorkurve und Verdichtbarkeit	Erhöhung des optimalen Wassergehalts und Verringerung der Trockendichte	Geringe Erhöhung des optimalen Wassergehalts, geringe Veränderung der Trockendichte
Scherfestigkeit und Tragfähigkeit	Steigerung der Tragfähigkeit durch Verbesserung der Verdichtbarkeit, puzzolanische Verfestigung und Carbonatisierung als Langzeitreaktion mit einer Erhöhung der Scherfestigkeit (Kohäsion)	Hydratation führt zu einer raschen Verkittung der Bodenkörner mit einer dauerhaften Erhöhung der Tragfähigkeit und der Scherfestigkeit (Kohäsion)
Verformungsmodul	Geringe bis mittlere Erhöhung	Deutliche Erhöhung
Durchlässigkeit	Grob- und gemischtkörnige Böden: Verringerung Mittel- bis hochplastische, tonige Böden: Erhöhung	
Witterungsempfindlichkeit	Verringerung	
Frostempfindlichkeit	Erhöhung bei fein- und gemischtkörnigen Böden und ausreichenden Bindemittelmengen	Erhöhung bei ausreichenden Bindemittelmengen

Tafel 2: Zusammensetzung von Mischbindemitteln [5]

Bezeichnung	Massenanteile [%]				
Mischbindemittel	Kalk CL 80-Q ¹⁾ DL 80-5-Q ¹⁾	Zement/ HRB E4	Klinker und hydraulische Anteile	Hauptbestandteile (DIN EN 197-1) ²⁾	Nebenbestandteile (DIN EN 197-1)
1. Mit genormten hydraulischen Bindemitteln:					
30/70	20-40	60-80	-	-	0-10
50/50	40-60	40-60	-	-	0-10
70/30	60-80	20-40	-	-	0-10
2. Mit weiteren Hauptbestandteilen:					
30/70	20-40	-	> 30	0-30	0-10
50/50	40-60	-	> 20	0-20	0-10
70/30	60-80	-	> 10	0-10	0-10

¹⁾ Mindestanforderung

²⁾ Die Hauptbestandteile müssen den in der Tabelle 1, DIN EN 197-1 für Normalzement genannten Massenanteilen entsprechen.

Andere Bindemittel können verwendet werden, wenn dies zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbart und ihre grundsätzliche bau- und umwelttechnische Eignung nachgewiesen wurde.

Tafel 3: Chemische Anforderungen an Kalk nach DIN EN 459-1

Art	CaO + MgO	MgO	CO ₂	SO ₃	Verfügbare Kalk
CL 90 - Q	≥ 90	≤ 5 ¹⁾	≤ 4 ²⁾	≤ 2	≥ 80 ³⁾
CL 80 - Q	≥ 80	≤ 5 ¹⁾	≤ 7 ²⁾	≤ 2	≥ 65 ³⁾
DL 85-30 - Q	≥ 85	≥ 30	≤ 9	≤ 2	-
DL 85-5 - Q	≥ 80	≥ 5	≤ 9	≤ 2	-

¹⁾ MgO-Anteil bis 7 % zulässig, wenn Prüfung der Raumbeständigkeit in Ordnung

²⁾ Höherer CO₂-Gehalt zulässig, wenn weitere chemische Anforderungen in Ordnung

³⁾ Höhere Werte können gefordert werden.

behandlung“ nicht zielführend. Die im Merkblatt aufgeführten Varianten (Bild 4) werden hierzu als ausreichend angesehen. Unterschiede in der Bodenbeschaffenheit (z.B. Wassergehalt oder Tongehalt) können durch Variation der Ausstreumenge leicht ausgeglichen werden. Die Anforderung an das Mischungsverhältnis der Ausgangsstoffe im Mischbindemittel wird in der Regel auf Grundlage von Erstprüfungen oder durch Empfehlung eines Baugrundsachverständigen in der Leistungsbeschreibung angegeben oder vom Auftraggeber gesondert festgelegt.

Anteile entsprechend der jeweiligen Norm entsteht, aber nicht die in der Norm vorgesehene Fremdüberwachung möglich ist. Das Endprodukt aus Kalk und hydraulischen Bestandteilen wird häufig direkt in ein Verladesilo oder Silofahrzeug gemischt und kann somit nicht im Sinne der Zementnorm überwacht werden.

Andere Bindemittelmischungen, als die zuvor genannten, können durchaus auch zur Bodenverbesserung verwendet werden, wenn die bau- und umwelttechnische Eignung nachgewiesen wurde. Sie gelten

Tafel 4: Ausgangswerte für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus nach RStO 2012

Frostempfindlichkeitsklasse	Dicke bei Belastungsklasse [cm]		
	Bk100 bis Bk10	Bk3,2 bis Bk1,0	Bk0,3
F2	55	50	40
F3	65	60	50

Kalk-Zement-Gemische im Sinne des Merkblatts müssen eine definierte Zusammensetzung aufweisen (Tafel 2). Geeignet ist eine Kombination aus genormten hydraulischen Bindemitteln mindestens der Festigkeitsklasse 32,5 oder deren hydraulischen Hauptbestandteilen und Kalk nach DIN EN 459-1 [10] (Tafel 3 und Abschnitt 3). Dabei müssen die in Tafel 2 angegebenen Massenanteile der jeweiligen Mischbindemittelvarianten eingehalten werden.

Darüber hinaus können auch Kombinationen aus genormten hydraulischen Bindemitteln mit den in diesen Normen aufgeführten weiteren Bestandteilen sowie den dort angegebenen Massenanteilen und Kalk mindestens der Qualität CL 80-Q bzw. DL 80-5-Q geeignet sein. Diese Variante wurde aufgenommen, da durch das direkte Mischen der einzelnen Bestandteile zwar eine Zusammensetzung der hydraulischen

Bild 4: Übliche Mischungsverhältnisse von Kalk-/Zement-Gemischen

Tafel 5: Zusammensetzung der Normalzemente nach DIN EN 197-1 [6]

Hauptze- ment- arten	Bezeichnung der 27 Pro- dukte (Normzementar- ten)		Zusammensetzung [M.-%]										Ne- ben- be- stand- teile	
			Hauptbestandteile											
			Port- land- zement- klinker	Hütten- sand	Silica- staub	Puzzolane		Flugasche		Geb- rannter Schie- fer	Kalkstein			
K	S	D	Natür- lich	Natür- lich getem- pert	Kiesel- säure- reich	Kalk- reich	T	L	LL					
CEM I	Portlandze- ment	CEM I	95-100											0-5
CEM II	Portland- hütten- zement	CEM II/ A-S	80-94	6-20										0-5
		CEM II/ B-S	65-79	21-35										0-5
	Portland- silica- zement	CEM II/ A-D	90-94		6-10									0-5
	Portland- puzzolan- zement	CEM II/ A-P	80-94			6-20								0-5
		CEM II/ B-P	65-79			21-35								0-5
		CEM II/ A-Q	80-94				6-20							0-5
		CEM II/ B-Q	65-79				21-35							0-5
	Portland- flugasche- zement	CEM II/ A-V	80-94					6-20						0-5
		CEM II/ B-V	65-79					21-35						0-5
		CEM II/ A-W	80-94						6-20					0-5
		CEM II/ B-W	65-79						21-35					0-5
	Portland- schiefer- zement	CEM II/ A-T	80-94							6-20				0-5
		CEM II/ B-T	65-79							21-35				0-5
	Portland- kalkstein- zement	CEM II/ A-L	80-94									6-20		0-5
		CEM II/ B-L	65-79									21-35		0-5
		CEM II/ A-LL	80-94										6-20	0-5
		CEM II/ B-LL	65-79										21-35	0-5
	Portland- komposit- zement	CEM II/ A-M	80-94	6-20										0-5
		CEM II/ B-M	65-79	21-35										0-5
	CEM III	Hochofen- zement	CEM III/A	35-64	36-65									
CEM III/B			20-34	66-80										0-5
CEM III/C			5-19	81-95										0-5
CEM IV	Puzzolan- zement	CEM IV/A	65-89		11-35								0-5	
		CEM IV/B	45-64		36-55								0-5	
CEM V	Komposit- zement	CEM V/A	40-64	18-30		18-30								0-5
		CEM V/B	20-58	31-50		31-50								0-5

Produktdatenblatt Mischbindemittel

Produktbezeichnung	Art des Bindemittels	Kalk-Zement-Gemisch
		Gemisch Kalk-hydraulische Bestandteile
		Sonderbindemittel (andere Bindemittel gemäß ZTV-E)
Zusammensetzung		
Bestandteile		Anteil (M, %) min. max.
Kalk (nach DIN EN 459-1)	CL 90-Q	
	CL 80-Q	
	CL 85-30-Q	
	CL 80-5-Q	
Zementart, Festigkeitsklasse (nach DIN EN 197-1)		
Tragschichtbinder (nach DIN EN 13282-1)		
Klinker (K)		
Hüllensand (S)		
Natürliche Puzzolane (P, Q)		
Flugasche	kieselkornreich (V, Va) kalkreich (W, Wa)	
Kalkstein (L, LL)		
Gebrauntes Schiefer (T)		
Silicastaub (D)		
Neibenbestandteile		
Sonstige Bestandteile		

Bild 5: Produktdatenblatt/Auszug (aktueller Bearbeitungsstand)

aber nicht als Kalk-/Zement-Gemische im Sinne dieses Merkblatts.

Vom Hersteller der Bindemittel ist auf Anforderung des Auftraggebers die stoffliche Zusammensetzung der gewählten Variante in einem Produktdatenblatt anzugeben (Bild 5). Bei der Bauausführung lässt sich somit überprüfen, ob das gelieferte Bindemittel auch den Vorgaben aus der Erstprüfung bzw. den Vorgaben des Bodengutachters entspricht.

Bei sulfathaltigen Böden kann es bei Zugabe von Bindemitteln zu Schäden durch Bildung von Ettringit und Thaumasit kommen. Hierdurch sind Entfestigungen und erhebliche Quellhebungen möglich. Daher ist die Eignung von sulfathaltigen Böden und Baustoffen mit einem Sulfatgehalt > 0,3 M.-% im Feststoff besonders zu untersuchen [1]. Allgemeingültige Erfahrungen liegen dazu leider nicht vor. Möglicherweise sind kritische Böden für eine Verbesserung oder Verfestigung mit Mischbindemittel nicht geeignet und müssen ausgetauscht werden.

Bei der Durchführung von Erstprüfungen zur Festlegung der Bindemittelart und -menge ist zu beachten, dass die zu untersuchenden Böden weitgehend homogen zur Verfügung stehen. Das Merkblatt gibt zudem Hinweise für die maximal zulässigen Verarbeitungszeiten. Diese sind abhängig von dem Zementanteil im Mischbindemittel und betragen drei bis höchstens fünf Stunden.

5 Ausschreibung

In Ausschreibungstexten finden sich häufig unpräzise oder gar falsche Angaben zum gewünschten Bindemittel. So wird etwa ein Mischbindemittel nach DIN EN 197-1 [6] mit Bezug auf das Merkblatt [5] gefordert. Die Zementnorm regelt ganz klar nur Zemente. Mischbindemittel entsprechen keiner Norm, lediglich die zu verwendenden Ausgangsstoffe müssen den Produktnormen für Kalk bzw. Zement/HRB entsprechen. Dabei wird manchmal auch Kalk der Qualität CL 80-Q vorgeschrieben, obwohl das die Mindestanforderung ist und nach dem Merkblatt auch eine höhere Qualität sinnvoll sein kann (Tafel 3).

Häufig werden in Ausschreibungen irreführende Bezeichnungen wie z.B. „Kalk-Zementbinder“, „Mischbinder Zement/Feinkalk“ oder „Zement/Kalkgemisch“ verwendet. Wenn jedoch ein Mischbindemittel nach dem Merkblatt eingesetzt werden soll, reicht eine Formulierung wie z.B. „Mischbindemittel Kalk/Zementgemisch 50/50, Bindemittelmenge nach Erstprüfung“. Zur Präzisierung sollte dann noch auf die Regelungen der gültigen Regelwerke, wie z.B. ZTV E [1], Merkblatt Bodenverbesserung [2] und Merkblatt Mischbindemittel [5] verwiesen werden.

6 Fazit zur Anwendung von Bindemitteln zur Bodenbehandlung

- Wirtschaftliche Alternative zum Bodenaustausch

- Anwendungsgrenzen von Bindemitteln beachten (Bild 3)
- Umwelt- und ressourcenschonende Bauweise
- Wiederverwertung verbesserter Böden problemlos möglich
- Wahl des Mischverhältnisses nach Bodengutachten oder EP
- Abstufungen nach Merkblatt ausreichend
- Zusammensetzungen von Mischbindemitteln sind nicht genormt
- Eigenüberwachung analog Zement nicht möglich (Baukalk)
- Regelwerke zum Einsatz von Mischbindemitteln vorhanden
- Eindeutige Ausschreibungen sind möglich und erforderlich.

7 Regelwerke

- [1] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen/FGSV (Hrsg.), ZTV E-StB 17 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017, FGSV-Verlag, Köln 2017
- [2] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen/FGSV (Hrsg.), Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln, Ausgabe 2004, FGSV-Verlag, Köln 2004
- [3] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen/FGSV (Hrsg.), TP BF-StB, Teil B 11.1: Eignungsprüfung bei Bodenverfestigungen mit Bindemitteln, Ausgabe 2012, FGSV-Verlag, Köln 2012
- [4] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen/FGSV (Hrsg.), TP BF-StB, Teil B 11.5: Eignungsprüfungen bei Bodenverbesserung und Bodenverfestigung mit Feinkalk und Kalkhydrat, Ausgabe 1991, FGSV-Verlag, Köln 1991
- [5] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen/FGSV (Hrsg.), Merkblatt zur Herstellung, Wirkungsweise und Anwendung von Mischbindemitteln, Ausgabe 2012, FGSV-Verlag, Köln 2012
- [6] DIN EN 197-1:2011-11: Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement; Deutsche Fassung EN 197-1:2011
- [7] DIN EN 197-4:2004-08: Zement – Teil 4: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Hochofenzement mit niedriger Anfangsfestigkeit, Deutsche Fassung EN 197-4:2004
- [8] DIN 1164-10:2013-03: Zement mit besonderen Eigenschaften – Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt
- [9] DIN EN 13282-1:2013-06: Hydraulische Tragschichtbinder – Teil 1: Schnell erhärtende hydraulische Tragschichtbinder – Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien; Deutsche Fassung EN 13282-1:2012
- [10] DIN EN 459-1:2015-07: Baukalk – Teil 1: Begriffe, Anforderungen und Konformitätskriterien, Deutsche Fassung EN 459-1:2015

Infrastrukturgesellschaft für Autobahnen und andere Bundesfernstraßen GmbH (IGA)

Dipl.-Ing. Martin Peck, Ostfildern

Mit der Gründung der „Infrastrukturgesellschaft für Autobahnen und andere Bundesfernstraßen“ (IGA) am 13. September 2018 sind die gesetzlichen Vorgaben zur Gesellschaftsgründung formell vollzogen worden. Nach einer Aufbauphase wird die IGA ab dem 1. Januar 2021 sämtliche Aufgaben in Bezug auf Autobahnen übernehmen – d.h. Planung, Bau, Betrieb, Erhaltung, Finanzierung und vermögensmäßige Verwaltung. Durch die nationale Bündelung der bisher den Ländern obliegenden Aufgaben zum Betrieb, Erhalt und Ausbau des nationalen Autobahnnetzes sollen eine schnellere Planung, eine direktere Finanzierung und durch die Erwirtschaftung zusätzlicher Effizienzgewinne ein höheres Investitionsvolumen für den Fernstraßenbau erreicht werden.

Die Infrastrukturgesellschaft für Autobahnen und andere Bundesfernstraßen (IGA) befindet sich zu 100 % im Besitz des Bundes und ist gemäß gesetzlicher Regelung unveräußerbar. Diese neue Struktur der Autobahnverwaltung, die unabhängig von Ländergrenzen ist, erfordert eine sehr weitgehende Neubildung der administrativen und der operativen Gesellschaftsteile. In diese sollen die bisherigen Strukturen der Landesverwaltung weitgehend eingebunden werden. Schon in der Aufbauphase der GmbH will die IGA nach betriebswirtschaftlichen Prinzipien agieren und sich als attraktive Arbeitgeberin präsentieren. Bis 2021 soll die Gesellschaft bundesweit rund 15.000 Mitarbeiter beschäftigen.

Auch die Zentrale der IGA befindet sich zurzeit im Aufbau, liegt aber schon heute in Berlin. Ab 2021 soll es insgesamt zehn Niederlassungen geben, die sich im gesamten Bundesgebiet verteilen. Darüber hinaus sollen die Niederlassungen durch 41 weitere regionale Außenstellen vertreten werden. Hinzu kommt eine große Anzahl von Autobahnmeistereien, die sich im Schnitt um je 70 km Autobahn kümmern sollen. Eine aktuelle Karte der geplanten Standorte ist unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Dossier/IGA-GmbH/iga.html> einsehbar.

Bis zum 28. Februar 2019 wird die Interimgeschäftsführung von Prof. Torsten

R. Böger und Martin Friewald die Gesellschaft führen, die diese Tätigkeit parallel zu ihren Aufgaben als Geschäftsführer der Verkehrsinfrastrukturfinanzierungsgesellschaft (VIFG) ausüben. Ab März 2019 sollen je ein/e technische/r und kaufmännische/r Geschäftsführer/in bestellt werden, welche die IGA hin zur Aufnahme ihrer Geschäftstätigkeit im Jahr 2021 und darüber hinaus führen sollen.

Für die Belange der Bau- und Baustoffindustrie des Betonstraßenbaus ist besonders die erklärte Absicht der IGA relevant, dass sie den Straßenausbau zukünftig deutlich stärker nach betriebswirtschaftlichen Prinzipien betreiben will. Wenn diese Willenserklärung ein Umdenken in den Entscheidungskriterien hin zu Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen über die gesamte Lebensdauer von Verkehrswegen bedeutet, kann der Betonstraßenbau in den kommenden Jahren deutlich an Boden gewinnen. Die strengsten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen über Lebensdauerzeiträume wurden bei den zurückliegenden ÖPP-Projekten angesetzt – und diese wurden weit überwiegend in Betonbauweise realisiert.

FGSV-Straßen- und Verkehrskongress in Erfurt

Mehr als 1.100 Verkehrsexperten kamen vom 12. bis 14. September zum Deutschen Straßen- und Verkehrskongress 2018 nach Erfurt. Den Besuchern wurden ein sehr breites Vortrags- und Veranstaltungsprogramm sowie ein geselliger Kongressabend geboten.

Die Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e.V. hatte, wie auch bei den zurückliegenden Kongressen, in Kooperation mit der InformationsZentrum Beton GmbH (IZB) und der Gütegemeinschaft Betonschutzwand & Gleitformbau e.V. einen gut besuchten Messeauftritt platziert. Sehr großes Interesse erweckten die erstmals gezeigten Exponate zu verschiedenen Grinding-Strukturen. Zusammen mit dem Betonstraßenbau außerhalb von Autobahnen war das Grinding ein Hauptberatungsthema. Das IZB nutzte Kongress und Messeauftritt zur Präsentation der Neuauflage von „Straßenbau heute – Teil 1: Betondecken“. Das Fachbuch ist in enger Koopera-

tion mit der Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton überarbeitet worden.

Der nächste FGSV-Straßen- und Verkehrskongress wird vom 7. bis 9. Oktober 2020 in Dortmund stattfinden.



Präsentation der Exponate zu Grinding-Strukturen

Foto: IZB

Internationales Betonstraßen Symposium in Berlin

Ministerialdirigent Gerhard Rühmkorf vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur begrüßte am 20. Juni über 450 Teilnehmer aus 29 Nationen in seiner Eröffnungsrede beim internationalen Betonstraßen Symposium (13th International Symposium on Concrete Roads) in Berlin. Unter dem Motto „Beton verbindet“ lud das InformationsZentrum Beton (IZB) gemeinsam mit der European Concrete Paving Association (EUPAVE) zum wichtigsten Kongress im Bereich der Flächenbefestigungen aus Beton in das Hotel Titanic Chaussee nach Berlin ein. Die Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e.V. (GVB) war mit der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV), der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und dem Verein Deutscher Zementwerke (VDZ) einer der kooperierenden Veranstaltungspartner.

Neben der Betonbauweise von Autobahnen waren aktuelle Anwendungen bei Landstraßen, städtischer Infrastruktur, Kreisverkehren, Flughäfen, hochbelasteten Flächen sowie Aspekte der Nachhaltigkeit Schwerpunkte der Veranstaltung. In insge-

samt 12 Themenblöcken und über 70 Fachvorträgen berichteten Fachreferenten über aktuelle Planungen, den Bau und die Instandhaltung und beleuchteten baubetriebliche Aspekte der Herstellung.

Die Vorträge des internationalen Symposiumprogramms wurden in englischer Sprache vorgetragen. Innerhalb der dreitägigen Veranstaltung fand auch die FGSV-Betonstraßentagung statt, die das Programm um weitere fundierte Fachvorträge in deutscher Sprache ergänzte. Dir.'in Dipl.-Ing. Elfriede Sauerwein-Braksiek, Vorsitzende der FGSV, begrüßte hierzu die Teilnehmer.

Dipl.-Ing. Thomas Wolf, Leiter der FGSV-Arbeitsgruppe „Betonbauweisen“, führte die Anwesenden in das Programm ein. Obligatorischer Teil des Programms war die Verleihung des Förderpreises „Verkehrsbau“ der Otto-Graf-Stiftung, der an Herrn Dipl.-Ing. Sebastian Kunz, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Ruhr-Universität Bochum, verliehen wurde. Mit großem Interesse wurde der Reise- und Fachbericht des letzten Preisträgers, Dipl.-Ing. Mar-

tin Langer, STRABAG Großprojekte GmbH, München, über den Betonstraßenbau in Russland aufgenommen.

In der begleitenden Fachausstellung zur Gesamtveranstaltung zeigten 25 Unternehmen ihr Leistungsspektrum rund um den Betonstraßenbau.

Das Vortragsprogramm war um Exkursionen und Besichtigungen direkt in Berlin und Umgebung ergänzt. Besonderen Zuspruch fanden die Technical Tours zu einer Baumaßnahme zum Grinding- bzw. Grooving-Verfahren auf der Autobahn A10 und der Bau einer hochbelasteten Busspur mit Betonfertigteilen im Berliner Innenstadtbereich. Der Besuch des Schiffhebewerks Niederfinow und die Besichtigung des Zementwerks in Rüdersdorf rundeten das Exkursionsprogramm ab.

Eine Bootsfahrt auf der Spree durch das Berliner Regierungsviertel mit Blick auf das Bundeskanzleramt und den Berliner Hauptbahnhof eröffnete das Abendprogramm, das seinen feierlichen Abschluss in der denkmalgeschützten Maschinenfabrik Kalkscheune fand.



Foto: IZB/Oliver Edelbruch

Gruppenfoto der Eröffnungsredner: Stéphane Nicoud, Präsident European Concrete Paving Association (EUPAVE), Claude Van Rooten, Präsident World Road Association (PIARC), Dipl.-Wirt.-Ing. Ulrich Nolting, Geschäftsführer InformationsZentrum Beton, Dir.'in Dipl.-Ing. Elfriede Sauerwein-Braksiek, Vorsitzende der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV), MDirig Gerhard Rühmkorf, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Dr. Michael Darter, Principal Engineer, Applied Research Associates

Veranstaltung: Forschungskolloquium Betonstraßenbau 2019

In Kooperation mit der Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e.V., dem Informationszentrum Beton sowie der Universität Stuttgart richtet die BAST das 3. Forschungskolloquium Betonstraßenbau (FKB) aus.

Unter dem Motto Wissen schafft Zukunft laden die Veranstalter vom 13. bis 15. Februar 2019 in die Universität Stuttgart ein.

Mit dem Dreiklang aus Wissenschaft – Technik – Networking soll das FKB einen Rundumblick auf den Betonstraßenbau für die Bereiche Bund, Länder und Kommunen ermöglichen.

Der FKB erhebt keinen Anspruch auf eine allumfängliche Betrachtung des Betonstraßenbaus, vielmehr werden in den Fachvorträgen ausgewählte Themen durch Fachreferenten vorgestellt und diskutiert.

Am ersten Tag des Kolloquiums sollen die vielfältigen Perspektiven der am Straßenbau Beteiligten zur Sprache kommen und die Kontaktpunkte zu einigen nahestehenden Industrien, wie z.B. der Automoto-

bil- und der Reifenindustrie, genauer betrachtet werden.

Am zweiten Tag liegt der Fokus auf Fachbeiträgen aus der Wissenschaft, aus aktuellen Regelwerken und Neuigkeiten aus der Forschung.

Der dritte Tag steht dann unter dem Motto „Technik zum Anfassen“. Impulsvorträge informieren über technische Entwicklungen, wobei einige Neuerungen der

Maschinentechnik live im Technikum der Universität Stuttgart zu besichtigen sind.

Ein weiterer Anspruch des Forschungskolloquiums besteht darin, den Rahmen und die Atmosphäre für effektives Networking zu schaffen und die beteiligten Fachgruppen näher zusammen zu bringen. Dazu wird herzlich zu den Abendveranstaltungen in der Staatsgalerie Stuttgart und dem Schwäbischen Abend in der Universität Stuttgart eingeladen.



Anmeldung und weitere Informationen unter www.bast.de/fkb

B-StB Schein: Termine 2019

Der B-StB-Schein vermittelt umfassende Kenntnisse im Bereich der Betonherstellung und des Einbaus von Straßenbetonen. So soll eine hohe Qualität von Verkehrswegen gewährleistet werden. Betonfahrbahndecken sind verformungsstabil und dauerhaft. Außerdem erfordern sie nur geringen Erhaltungsaufwand. Daher ist der Betonstraßenbau neben seiner Hauptverbreitung auf Autobahnen, Flughäfen sowie Tank- und Rastanlagen auch innerstädtisch und für Landstraßen geeignet. Zurzeit wird er verstärkt für Kreisverkehre nachgefragt.

Der B-StB-Schein wendet sich an Mitarbeiter von Planungs- und Ingenieurbüros, Straßenbauunternehmen, Straßenbauverwaltungen, Transportbetonunternehmen und Prüfstellen. Er vermittelt u.a. betontechnologische und betontechnische Besonderheiten bei der Verwendung von Beton im Straßenbau und Grundlagen der Planung von Verkehrsflächen aus Beton. Außerdem informiert er z.B. über Maschinen- und Gerätetechnik für den Betoneinbau, die

Dimensionierung des Oberbaus nach RStO 12, die bauliche Erhaltung von Fernstraßen und kommunale Verkehrsflächen aus Beton sowie über die Hauptregelwerke des Betonstraßenbaus (TL-, ZTV-, TP-Beton StB). Zugangsvoraussetzungen, Informationen über die Referenten und weitere Details zu den Lehrgängen sind im entsprechenden Flyer zu erfahren, download unter www.guetegemeinschaft-beton.de/aktuelles/neue-termine-b-stb-schein/

Für den Erwerb des B-StB Scheins sind für das Jahr 2019 folgende drei Lehrgänge geplant:

- **28.01.2019 bis 08.02.2019**
Bauakademie Nord, ABZ Mellendorf
www.bauakademie-nord.de
Tel. (05130) 9773-11
Fax: (05130) 9773-41
- **18.02.2019 bis 01.03.2019**
BFW Bau Sachsen e.V., ÜAZ Dresden
www.betonzentrum-dresden.de
Tel. (0351) 2027-235
Fax: (0351) 2027-225



- **11.03.2019 bis 22.03.2019**
Bayerische BauAkademie,
Feuchtwangen
www.baybauakad.de
Tel. (09852) 9002-0
Fax: (09852) 9002-907

100. deutscher Kreisverkehr in Betonbauweise eröffnet

Das Landratsamt (LRA) Böblingen hatte in den Jahren 2010 und 2011 den ersten deutschen Kreisverkehr in Betonbauweise ohne Erprobungshintergrund realisiert. Zwar war der erste deutsche Betonkreisverkehr einige Jahre zuvor im rheinland-pfälzischen Bad Sobernheim gebaut worden, allerdings war dieses Erstprojekt mit dem

Gedanken des praktischen Versuchs entstanden, dem voraussichtlich erst nach langem Warten auf die Bestätigung der besseren Dauerhaftigkeit weitere Objekte folgen würden.

Das LRA Böblingen hatte jedoch mit dem Erstlingswerk in Herrenberg gleich eine ganze Serie an Kreisverkehrsanlagen aus Be-

ton aufgelegt. Der damalige Abteilungsleiter, Herr Dipl.-Ing. Andreas Klein, war von der Bauweise überzeugt und konnte auch bei seinen Fachkollegen mögliche Bedenken ausräumen, obwohl zu dieser Zeit zur Betonbauweise in hochbelasteten kommunalen Flächen noch keine gesonderten Bauregeln verfügbar waren.

Die Anzahl der Objekte hatte Strahlkraft über den Arbeitsbereich der Behörde hinaus. In den Folgejahren entstanden mehr und mehr Kreisverkehrsanlagen auch in anderen Verwaltungsbezirken sowie in Hessen, Bayern und in Einzelfällen auch in nördlicheren Bundesländern. Herr Klein war nachfolgend auch an der Erstellung der FGSV-Merkblätter Verkehrsflächen aus Beton (M VaB), Teile 1 und 2, maßgeblich beteiligt. Dadurch erhielt die Bauweise eine technische Planungs- und Ausführungsgrundlage. Das LRA Böblingen hat seither etwa zwanzig Kreisverkehrsanlagen und andere Verkehrsflächen in Betonbauweise realisiert und eine hohe fachliche Kompetenz zur Planung und Ausführungsüberwachung von Maßnahmen des Betonstraßenbaus außerhalb von Autobahnen erworben.

Inzwischen hat die Betonbauweise in Kreisverkehrsanlagen deutlich Fahrt aufgenommen: Allein 2018 wurden bundesweit ca. 20 Kreisverkehrsanlagen

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.

in Beton realisiert bzw. in die feste Planung genommen. Und 2018 wurde im baden-württembergischen Leonberg auch der 100. deutsche Kreisverkehr in Betonbauweise realisiert – durch das LRA Böblingen. Anlässlich der runden Zahl wurde der Leonberger Kreisverkehr am 15. Oktober 2018 in Anwesenheit des Landrats, der zuständigen Mitarbeiter des LRA Böblingen, der örtlichen Presse und weiterer Beteiligter feierlich eröffnet.

Für 2020 hat das LRA Böblingen aufgrund der guten Erfahrungen mit der Bauweise nun auch die Erneuerung und Erweiterung einer sehr großen und hoch belasteten Kreuzungsanlage in Sindelfingen in Betonbauweise ins Auge gefasst. Auch dieses Objekt wird sicherlich Bedeutung über Baden-Württemberg hinaus haben.



Foto: TZB

Der 100. Kreisverkehr in Betonbauweise, Leonberg



Foto: TZB

Die Eröffnung des Kreisverkehrs in Leonberg: Jörg Aichele, Amtsleiter Amt für Straßenbau LK Böblingen, Andreas Klein, Referatsleiter Baureferat West, Regierungspräsidium Stuttgart, Roland Bernhard, Landrat LK Böblingen, Alexander Grünewald, Informationszentrum Beton, Erhard Wieland, Planungsamt Stadt Leonberg

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

Gesamtproduktion
Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf 2018, www.verlagbt.de

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

www.guetegemeinschaft-beton.de

GRIFFIG 2/2018