

GRIFFIG

Aktuelles über Verkehrsflächen aus Beton



Gleitschalungsfertiger im Einsatz für eine qualitätsgerechte Herstellung einer Betonfahrbahndecke.

Neues aus der FGSV

Der Lenkungsausschuss 8 der Arbeitsgruppe Betonbauweisen hat in seiner Sitzung im April beschlossen 2 neue Arbeitskreise zu installieren. Im Arbeitsausschuss 8.2 Baustoffe wird aufgrund der Aktualität ein Arbeitskreis zum Thema Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) gegründet. Des weiteren wird im Arbeitsausschuss 8.3 Konstruktion ein Arbeitskreis für Betonflächen im kommunalen Bereich (Busspuren, Kreisverkehre etc.) sowie für Landstraßen gebildet. Ziel ist die Erarbeitung von Merkblättern und Arbeitsanweisungen für die Bereiche, die außerhalb der Betonautobahnen liegen.

Gütegemeinschaft informiert Bauindustrie

Weiterbildungsmaßnahme auch in 2009 erfolgreich fortgesetzt

Traditionsgemäß fanden am 18./19. und am 26./27. Februar 2009 die Weiterbildungsveranstaltungen der Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e. V. in Düsseldorf statt. 120 Teilnehmer sowohl aus der bauausführenden Industrie als auch von ausschreibenden Behörden nahmen die Möglichkeit wahr, um sich einerseits über interessante und aktuelle Themen zu informieren und sich andererseits in Diskussionen während und am Rande der Veranstaltung mit anderen Fachkollegen auszutauschen.



Siegfried Riffel, HeidelbergCement AG referierte über Whitetopping

Die Veranstaltung wird durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung unterstützt.

Schwerpunkthemen waren in diesem Jahr die neuen Regelwerke (TP Beton-StB, TL NBM-StB und ZTV BEB-StB), die Vorstellung von Forschungsergebnissen, die Erhaltung von Betonfahrbahnen, die Möglichkeiten des Einsatzes von Beton im innerstädtischen Bereich sowie die Qualitätssicherung bei der Herstellung des Betons in modernen Mischanlagen.



Dr. Dieter Birmann, TU München informierte über Kreisverkehre in Beton

Straßenbeton mit CEM II-Zementen

Das Forschungsthema zur Nachbehandlung von Beton mit CEM II-Zementen wurde intensiv diskutiert. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass einerseits die Eigenschaften der Zemente (hohe Frühfestigkeit und Mahlfeinheit) vorgegeben werden sollten und andererseits eine Nassnachbehandlung zwingend erforderlich ist, um das Austrocknen der Randzone zu verhindern und den Frost-Tausalz-Widerstand zu erhöhen.

Erhaltung von Betonfahrbahnen

Ein Vortragskomplex befasste sich mit der zunehmenden baulichen Erhaltung von Betonfahrbahnen. Neben der Vorstellung der ersten Erprobungsstrecke zur Erhaltung AKR-geschädigter Fahrbahnen wurde das Verfahren zum Heben von Betonplatten

erläutert und in einem weiteren Vortrag die Verbreiterung von Bundesautobahnen durch einen Last- und Seitenstreifen aus Beton vorgestellt.

Kommunale Verkehrsflächen aus Beton

Auf der Basis einer Studie des Instituts für Urbanistik zum Investitionsbedarf im kommunalen Bereich bis 2020 wurden die Potentiale des Einsatzes von Beton beim Bau von Kreisverkehren, für Busspuren und Bushaltestellen, für die Erneuerung vielfältiger Flächen (z. B. mit Whitetopping) sowie für Stadt- und Landstraßen zusammengestellt. Die dafür notwendigen Merkblätter, Leistungsverzeichnisse etc. sollten durch die FGSV kurzfristig erarbeitet werden. Weiterhin wurde die bisher größte Waschbetonfläche in Deutschland (Baustelle A38) durch die bauausführende Firma vorgestellt.

Im Februar 2010 wird diese Form der Weiterbildung fortgesetzt.

Nachbehandlung von Beton – die neue TL NBM-StB 08

Dipl.-Ing. D. Ehrhardt
Prof. Dr.-Ing. habil. J. Stark

1 Einleitung

Die Notwendigkeit der Nachbehandlung von Beton ist im Bauwesen allgemein bekannt und unbestritten. Dass es trotzdem keine Übertreibung ist, wenn man die Nachbehandlung als Stiefkind der Betonbauweise bezeichnet, macht ihre schwierige Stellung bei der Verwendung von Beton deutlich. Für den speziellen Fall der Herstellung von Betonfahrbahndecken wird die Problematik der Nachbehandlung durch verschiedene Umstände weiter erschwert. Einmal fehlt im Vergleich zu vielen Bereichen im Hochbau der anfängliche Verdunstungsschutz durch die Schalung. Zum Anderen stellt gerade jene Fläche der Betonstraße, die am stärksten austrocknet, genau die Fläche dar, die während der späteren Nutzung den höchsten Belastungen ausgesetzt ist.

In den Anfängen des Betonstraßenbaus untergliederte sich die Nachbehandlung in zwei Abschnitte. In einem ersten Abschnitt wurde der Beton durch Zelte vor Regen, Sonneneinstrahlung und Wind geschützt. Während der zweiten, der Endnachbehandlung, wurden in erster Linie feuchtigkeitsspeichernde Schichten auf den Beton aufgebracht. Hierzu wurden entweder feuchte Tücher oder Schichten aus Sand oder dem anstehenden Boden aufgebracht und über einen bestimmten Zeitraum feucht gehalten.

Mit dem Ziel einfachere Verfahren zur Nachbehandlung zu entwickeln, wurden in den USA zu Beginn der 30-er Jahre des vergangenen Jahrhunderts Untersuchungen durchgeführt.

Ergebnis dieser Untersuchungen waren zwei verschiedene Typen von flüssigen Nachbehandlungsmitteln zur Nachbehandlung von Beton. Nachbehandlungsmittel auf Paraffinbasis mit dem Dispersionsmittel Wasser und lösemittelhaltige Systeme. Gemeinsam ist diesen beiden Typen, dass nach dem Aufsprühen der Mittel auf den Beton das Dispersions- oder Lösungsmittel verdunstet und sich dabei ein Film bildet, der die Wasserabgabe des Betons vermindert. Da diese sogenannten Curingmittel wesentlich eher aufgebracht werden konnten als feuchtigkeitsspeichernde Schichten, war die Unterteilung der Nachbehandlung in zwei Abschnitte nicht mehr nötig. Auch in Europa setzte sich diese Nachbehandlungsvariante beim Bau von Betonfahrbahndecken ab den

50-er Jahren des vergangenen Jahrhunderts sehr schnell durch.

In Deutschland bildeten die wissenschaftlichen Untersuchungen von Prof. Albrecht vom Otto-Graf-Institut Stuttgart zur Wirkung und Prüfung von Nachbehandlungsmitteln [1,2] die Grundlage für eine gerechte Beurteilung der Nachbehandlungsmittel und damit die Möglichkeit, Mittel mit geringerer Schutzwirkung von der Verwendung auszuschließen. Damit war der Grundstein für die breite Anwendung von flüssigen Nachbehandlungsmitteln gelegt. Heute erfolgt die Nachbehandlung von Betonfahrbahndecken in Deutschland fast ausschließlich mit flüssigen Nachbehandlungsmitteln. Dabei dürfen nur Nachbehandlungsmittel auf Paraffinbasis mit dem Dispersionsmittel Wasser zum Einsatz kommen. Der Grund für diese Einschränkung liegt in der toxischen Wirkung der lösemittelhaltigen Nachbehandlungsmittel, die eine Gefährdung für die ausführenden Personen und die Umwelt darstellt.

2 Wirkungsmechanismus der Nachbehandlungsmittel auf Paraffinbasis

Bei diesen Nachbehandlungsmitteln liegt das Paraffinwachs fein verteilt im Dispersionsmittel Wasser vor. Bild 1 zeigt eine Aufnahme eines Nachbehandlungsmittels auf Paraffinbasis während der Filmbildung.

Werden Nachbehandlungsmittel auf Paraffinbasis auf den Beton aufgesprüht,

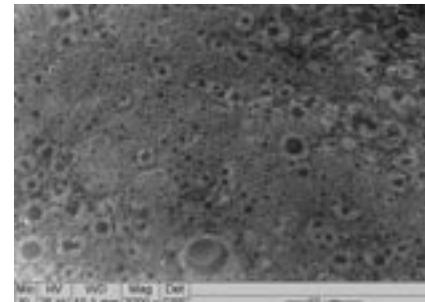


Bild 1: Rasterelektronenmikroskopieaufnahme (ESEM-Mode) einer Paraffindispersion (Nachbehandlungsmittel) während der Verfilmung. Die runden, dunklen Bereiche stellen die Wachspartikel dar. Zwischen den Partikeln befindet sich das Dispersionsmittel (hellere Bereiche).

verdunstet das Dispersionswasser und die Wachspartikel rücken immer näher zusammen bis sie sich berühren und an den Kontaktstellen miteinander „verkleben“. Bild 2 zeigt eine schematische Darstellung vom Filmbildungsprozess. Der auf diese Weise entstehende Wachsfilm, stellt einen Widerstand für die Verdunstung des Anmachwassers dar, so dass deutlich weniger Wasser verdunsten kann.

3 Technische Lieferbedingungen für Nachbehandlungsmittel (TL NBM – StB 08)

In den TL NBM werden sämtliche Anforderungen an die Nachbehandlungsmittel aber auch an den Herstellungs- und

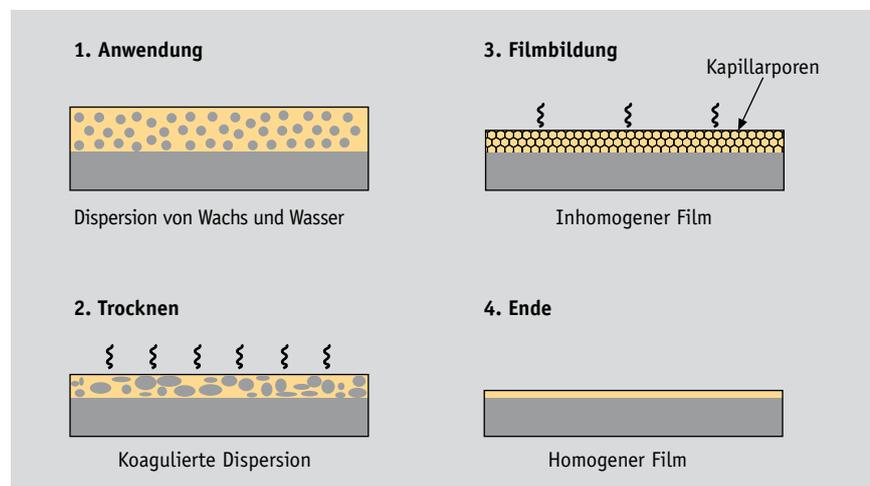


Bild 2: Filmbildung von Nachbehandlungsmitteln auf Paraffinbasis mit dem Dispersionsmittel Wasser nach [3].

Überwachungsablauf geregelt. Es werden Eigenschaften definiert, für welche die Nachbehandlungsmittel bestimmte Anforderungen erfüllen müssen. Für alle zu überprüfenden Eigenschaften werden zudem entsprechende Prüfverfahren bereitgestellt, auf deren Grundlage die Nachbehandlungsmittel untersucht werden müssen. Obgleich Nachbehandlungsmittel für den Betondeckenbau den größten Marktanteil besitzen, regelt die TL NBM auch Nachbehandlungsmittel für andere Anwendungen (Tabelle 1 und Tabelle 2).

Neu sind in den TL NBM-StB 08 die Kombinationsmittel mit der Abkürzung AH aufgenommen worden (Tabelle 1, mittlere Zeile). Diese Mittel kommen bei der Herstellung von Betonfahrbahndecken in Waschbetonbauweise zum Einsatz. Dabei handelt es sich um Mittel, welche neben einer verzögernden Komponente auch eine Nachbehandlungskomponente enthalten. Vorteil dabei ist, dass der Beton bis zum Ausbürsten des Oberflächenmörtels nicht durch zusätzliche Maßnahmen nachbehandelt, d.h. vor Austrocknung geschützt werden muss. Da das Kombinationsmittel beim Ausbürsten des Oberflächenmörtels wieder entfernt wird, bestehen keine Griffigkeitsanforderungen an die mit Kombinationsmittel besprühten Oberflächen. Wichtig für die Nachbehandlungsmittel vom Typ AH ist, dass zunächst nur die Sperrwirkung im Rahmen der TL NBM-StB geprüft wird. Dazu wurde vom für die Überarbeitung der TL NBM-StB zuständigen Arbeitskreis der FGSV ein Ringversuch durchgeführt, mit dem notwendige Änderungen am Prüfverfahren sowie ein Anforderungswert für die Sperrwirkung von 75 % festgelegt wurden.

Bei den Anforderungen an die Nachbehandlungsmittel und den entsprechenden Prüfverfahren unterscheidet die TL NBM zwischen dem flüssigen Produkt und dem Produkt nach der Applikation des Nachbehandlungsmittelfilm.

Eigenschaften, die für das flüssige Produkt nachgewiesen werden müssen und entsprechend anzuwendende Prüfmethoden sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 2: Zusätzliche Bezeichnungen für Nachbehandlungsmittel mit besonderen Eigenschaften

Besondere Eigenschaften	Kurzzeichen
Erhöhter Hellbezugswert	W
Kurzfristige Verkehrsfreigabe	K

Tabelle 1: Bezeichnung der Nachbehandlungsmittel

Anwendungsbereich H / M / E		Zeitpunkt des Aufbringens		
		sofort H	mattfeucht M	nach Entschalen E
Beton für Verkehrsflächen (Straßenbeton mit Griffigkeitsanforderung an die Oberfläche) ¹	V	VH	VM	-
Beton für Verkehrsflächen (Straßenbeton ohne Griffigkeitsanforderung an die Oberfläche)	A	AH	-	-
Allgemeiner Betonbau (Beton für nicht befahrene Bauteile ohne Griffigkeitsanforderungen)	B	BH	BM	BE

¹ Soll im Falle der Waschbetonbauweise für die Nachbehandlung nach dem Ausbürsten des Oberflächenmörtels ein Nachbehandlungsmittel zum Einsatz kommen, so ist ein Mittel vom Typ VM oder Typ VH zu verwenden.

Tabelle 3: Nachzuweisende Eigenschaften des flüssigen Nachbehandlungsmittels

Eigenschaft	Anforderung	Prüfverfahren
Versprühbarkeit	Mittel müssen sich im festgelegten Temperaturbereich zum Sprühen eignen	Versprühen der Mittel mittels Spritzpistole. Es dürfen keine Verstopfungen auftreten und das Mittel muss sprühend aus der Düse austreten
Flammpunkt	(Gilt nur für Mittel mit Lösungsmittel) Flammpunkt > 21 °C	DIN EN ISO 2719 bzw. DIN EN ISO 1523
Erhärtungsstörende Stoffe	Erstarren und Erhärten des Betons darf nicht gestört werden (Nicht AH)	Vergleichende Prüfung mit Reißnadel auf behandelter und un behandelter Oberfläche.
Lagerungsstabilität	Innerhalb von 3 Monaten darf keine Sedimentation auftreten.	Lagerung in Gefäß (1 Liter) bei 20 °C für 3 Monate. Prüfung per Augenschein auf Farbunterschiede etc.
Zusammensetzung	Max. Abweichung im Feststoffgehalt ± 10 % vom Sollwert	Feststoffgehalt: 3h Trocknen bei 80 °C in Anlehnung an DIN EN ISO 3251
	Dichteabweichung bei Feststoffgehalt ≤ 10 %: ± 0,01 g/cm ³ > 10 %: ± 0,03 g/cm ³	Dichtebestimmung gemäß DIN 12791-3 (Aräometer) bzw. DIN EN ISO 2811-1 (Metallpyknometer)
	Infrarotspektrogramm: Hinreichende Übereinstimmung mit dem der Erstprüfung.	Infrarot-Spektrogramm im Bereich 400 bis 4000 cm ⁻¹
	Chloridgehalt (wasserlösliches Chlorid) ≤ 0,2 M.-%	Kann gewählt werden (Angabe des Prüfverfahrens)

Teilweise sehr weit reichende Änderungen erfolgten bei den Anforderungen und den Prüfverfahren für den Nachbehandlungsmittelfilm. Dieser Teil der TL NBM-StB ist zudem deutlich komplexer, da für die entsprechenden Nachbehandlungsmitteltypen unterschiedliche Anforderungen gestellt

werden und auch Unterschiede im jeweils anzuwendenden Prüfverfahren vorhanden sind. Eigenschaften, die für den fertigen Nachbehandlungsmittelfilm nachgewiesen werden müssen und die entsprechend anzuwendenden Prüfmethoden sind in Tabelle 4 vereinfacht zusammengestellt.

Tabelle 4: Nachzuweisende Eigenschaften des Nachbehandlungsmittelfilms

Eigenschaft	Kennwert	Beschreibung	Anforderungen	
			TL NBM-StB 08	TL NBM-Stb 96
Sperrwirkung	Sperrkoeffizient [%]	Gibt an, um wie viel Prozent die Wasserabgabe der behandelten Proben gegenüber den unbehandelten Proben verringert ist.	Typ BH, VH: $\geq 85\%$	75 %
			Typ AH: $\geq 75\%$	nicht berücksichtigt
			Typ VM, BM: $\geq 85\%$	75 %
			Typ BE: nur Angabe des Wertes	k. Änderung
Griffigkeit	SRT-Wert	Maß für die Mikrorauheit. Ein hoher Wert bedeutet eine große Griffigkeit. Durch Messung von unbehandelten und behandelten Proben wird die Verringerung der Griffigkeit durch den Nachbehandlungsmittelfilm berücksichtigt.	Typ VH, VM: SRT-Wert für nachbehandelte Proben ≥ 50 Scalenteile	k. Änderung
			Typ VH-K; VM-K: SRT-Wert für nachbehandelte Proben ≥ 60 Scalenteile	k. Änderung
Trocknungszeit	Zeit [h]	Zeitdauer, bis der Nachbehandlungsmittelfilm bei $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ und $65\% \pm 5\%$ r. F. abgetrocknet ist und nicht mehr klebt	Trocknung des Films muss nach 5 Stunden abgeschlossen sein. Diese Forderung gilt nicht für Typ AH.	k. Änderung
Verwitterungsverhalten	SRT-Wert nach künstlicher Bewitterung	Mit Nachbehandlungsmittel applizierte Proben werden zunächst 28 Tage im abgedunkelten Laborraum gelagert (20 °C und mind. 50% r. F.) Danach erfolgt künstliche Bewitterung (DIN EN ISO 4892-2)	Anforderungen nur für NBM vom Typ VH und VM: Innerhalb der ersten 2 Wochen der Vorlagerung dürfen keine Ablösungen am Nachbehandlungsmittelfilm auftreten. Nach der künstlichen Bewitterung muss ein SRT-Wert ≥ 60 erreicht werden.	k. Änderung
Hellbezugswert	Hellbezugswert W [%]	Bestimmung des Weißwertes gegen einen Weißstandard WS DIN 5033.	Hellbezugswert $W \geq 60\%$	k. Änderung

Im Gegensatz zur Prüfung des flüssigen Nachbehandlungsmittels, benötigt man für die Prüfung des Nachbehandlungsmittelfilms eine Betonoberfläche, auf die das Mittel appliziert werden kann. Bei der Wahl der Probekörperabmessungen, der zu verwendenden Prüfbetonrezeptur und den Lagerungsbedingungen ist man gezwungen Kompromisse einzugehen. Auf der einen Seite ist man bestrebt die Versuchsdurchführung möglichst nah an die Praxisverhältnisse anzulehnen. Auf der anderen Seite wird von einem Prüfverfahren erwartet, dass es unabhängig von der Prüfstelle vergleichbare Werte liefert. Dabei darf aber auch die Handhabung und der Prüfaufwand nicht außer acht gelassen werden.

Prüfablauf

Die Prüfungen am Nachbehandlungsmittelfilm bezüglich der Trocknungszeit, der Griffigkeit, der Verwitterung und des Hellbe-

zugswerts erfolgen relativ unabhängig vom Nachbehandlungsmitteltyp und haben sich nicht geändert.

Bei der Prüfung der Sperrwirkung werden Proben aus einem definierten Prüfbeton hergestellt und nach der Herstellung in einen Klimaraum mit 30 °C und 40% r. F. gelagert. In Abhängigkeit des zu prüfenden Nachbehandlungsmittels wird die Prüfoberfläche einer bestimmten Bearbeitung unterzogen (Bsp. Texturierung mit einem Besen) und zu einem definierten Zeitpunkt das Nachbehandlungsmittel auf einen Teil der Proben aufgesprüht. Der andere Teil der Proben wird

nicht nachbehandelt. Nach einer bestimmten Zeitdauer wird der Masseverlust infolge Verdunstung des Anmachwassers bestimmt. Dabei wird nur der Wasserverlust aus der Probe berücksichtigt. Andere Anteile der Masseänderungen (z. B. Dispersionswasseranteil des Nachbehandlungsmittels) dürfen in der bestimmten Masseänderung nicht enthalten sein. Mit den ermittelten Werten kann der Sperrkoeffizient (Gleichung 1) berechnet werden. Der Sperrkoeffizient gibt an, um wie viel Prozent die Wasserabgabe durch das Nachbehandlungsmittel im Vergleich zu den unbehandelten Betonproben reduziert werden konnte.

Gleichung 1

$$\text{Sperrkoeffizient } S_n = \frac{W_u - W_b}{W_u} \cdot 100\%$$

mit: S_n Sperrkoeffizient im Alter n

W_u - Wasserabgabe des unbehandelten Betonprobekörpers

W_b - Wasserabgabe des behandelten Betonprobekörpers

Prüf beton und Probekörper

Als Probekörper dienen kleine Platten mit einer Oberfläche von ca. 340 cm² und einer Dicke von 4 cm (Bild 3). Damit musste für die Gesteinskörnung ein Größtkorn 8 mm vorgeschrieben werden. Das Wasser-Zement Verhältnis des Prüf betons soll 0,42 betragen. Der Zementgehalt liegt bei einem Massenverhältnis Zement : Gesteinskörnung von 1:3 pro m³ Frischbeton bei etwa 510 – 520 kg Zement, das entspricht den üblichen 350 kg Zement auf den Gesteinskörnungsanteil des Körnungsbereichs 0 – 8 mm bezogen und hochgerechnet auf 1 m³. Das bedeutet, mit der in der TL NBM-StB festgeschrieben Prüf betonrezeptur wird im wesentlichen der „Grobmörtel“ (0-8 mm) des Straßenbetons abgebildet. In neueren Untersuchungen zur Prüfung flüssiger Nachbehandlungsmittel [4] wurde zudem ein deutlicher Einfluss des Zementes festgestellt. Es wurde erkannt, dass zwei Prüf betone mit unterschiedlichen Zementen zwar einen vergleichbaren Wasserverlust aufweisen können, sich dennoch deutlich verschiedene Sperrkoeffizienten ergaben, weil die Mittel bei unterschiedlichen Zementen unterschiedlich wirkten. Um das Ziel einer hohen Vergleichs- und Wiederholpräzision zu erreichen, wurden deshalb in den neuen TL NBM-StB die Zementeigenschaften in sehr engen Grenzen festgeschrieben. Neu ist auch, dass nicht mehr die Blutneigung des Zementes begrenzt wird, sondern für den Beton eine Blutneigung gemäß DIN EN 480-4 von maximal 0,3 % nachgewiesen werden muss. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass sich kein nennenswerter Feuchtigkeitsfilm auf den Betonoberflächen bilden kann.

Lagerung der Proben

Die wichtigste Eigenschaft des Nachbehandlungsmittelfilms ist die Verminderung der Verdunstung von Anmachwasser. Um möglichst hohe Verdunstungsraten zu simulieren, erfolgt die Prüfung bei 30 °C und einer niedrigen relativen Luftfeuchtigkeit von 40 %. Auf eine Windbelastung wurde verzichtet.

Um für alle Probekörper einer Prüfung annähernd gleiche Verdunstungsrate zu gewährleisten, müssen die Verdunstungsbedingungen in der Klimakammer in einem Versuch überprüft werden. Dazu sind 12 mit destilliertem Wasser gefüllte Probeschalen (mit denen auch die Prüfungen durchgeführt werden) in der Weise aufzustellen, wie es auch zur eigentlichen Prüfung von Nachbehandlungsmitteln der Fall ist. Durch einen Vergleich der eingefüllten Wassermasse mit der nach 24 Stunden verbliebenen Wassermasse wird unter Verwendung der freien Wasseroberfläche für jede Probe die Verdunstungsrate pro Fläche und Zeit bestimmt. Der Nachweis einer gleichmäßigen



Bild 3: Probekörper wie er gemäß TL NBM-StB verwendet wird.

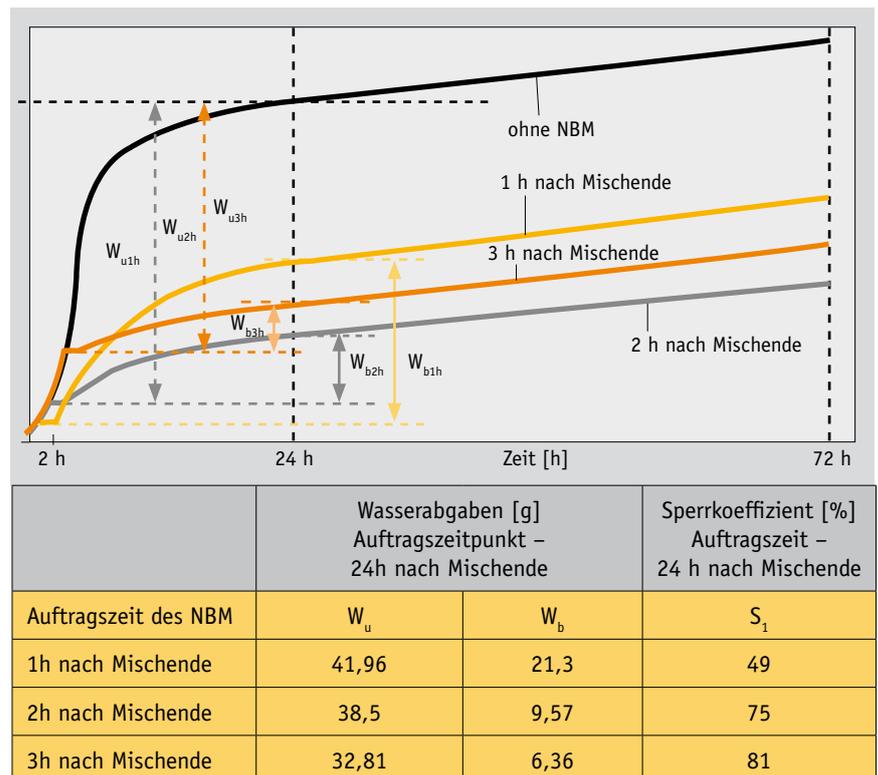
Verdunstung ist erfüllt, wenn der Variationskoeffizient der Verdunstungsraten aller 12 Proben 10 % nicht überschreitet.

Änderungen am Prüfverfahren zur Bestimmung des Sperrkoeffizienten

Neuere Forschungsergebnisse [4, 5] zeigen, dass bei der Untersuchung der Sperrwirkung der Auftragszeitpunkt des Nachbehand-

lungsmittels auf die Prüf oberfläche einen entscheidenden Einfluss auf den resultierenden Sperrkoeffizienten hat. Ursache für diese Abhängigkeit ist die Einflussnahme des feuchten Prüf untergrundes auf die Filmbildung (Filmbildungsgeschwindigkeit, sowie Filmqualität). Dabei ist unbedingt zu beachten, dass für die Berechnung des Sperrkoeffizienten nur die Wasserabgaben von unbehandelten und behandelten Proben

Bild 4: Zur Erklärung des Einflusses des Auftragszeitpunktes auf den zu erreichenden Sperrkoeffizient S₁ nach TL NBM-StB 96.



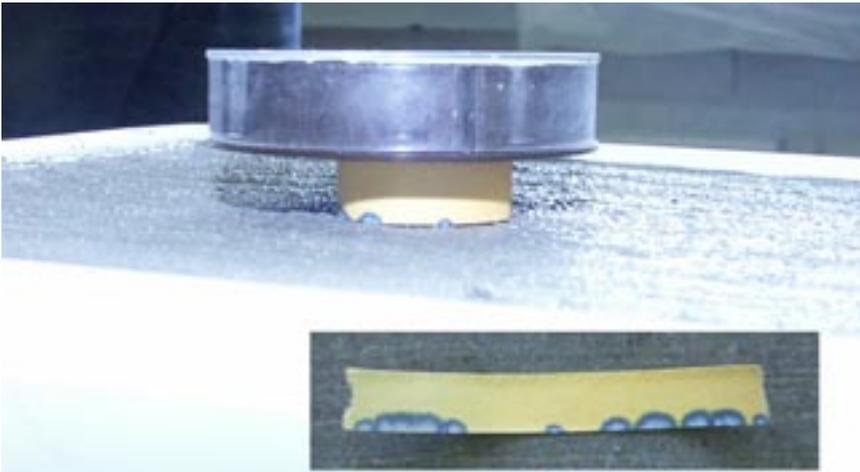


Bild 5: Durchführung des Lackmuspapiertests.

im Zeitraum ab Auftrag des Nachbehandlungsmittels berücksichtigt werden.

Bild 5 zeigt die ermittelten Wasserverluste von 4 Serien, wobei eine Serie nicht nachbehandelt war und drei Serien zu unterschiedlichen Zeitpunkten mit Nachbehandlungsmittel beaufschlagt wurden. An der Stelle, an der sich die blaue, gelbe bzw. rote Kurve von der schwarzen Kurve trennen, erfolgte der Auftrag des Nachbehandlungsmittels. An dieser Stelle markieren waagerechte Linien den Bezugspunkt. Um die Werte zur Berechnung des Sperrkoeffizienten zu erhalten, muss man für die nachbehandelten und die unbehandelten Proben die Differenz zwischen dem Wert an dieser Linie und dem Wert nach 24 Stunden ermitteln (Werte siehe Bild 4, unten).

Aus den Kurven können folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Erfolgt der Auftrag früh, dann ist die Betonoberfläche noch sehr feucht und die Filmbildung dauert sehr lang. Zudem kann das Nachbehandlungsmittel nicht optimal verfilmen – der Wachsfilm weist Fehlstellen auf, über die die Wasserverdunstung weiter fortschreitet (gelbe Kurve - NBM 1 h nach Mischende).

- Erfolgt der Auftrag sehr spät, bildet sich zwar rasch ein dichter Film aus, der die Wasserabgabe reduziert, aber der Beton hat bis zu diesem Zeitpunkt bereits viel Wasser verloren (rote Kurve - NBM 3 h nach Mischende).
- Erfolgt der Auftrag zu einem optimalen Zeitpunkt, dann ist die Gesamtwasserabgabe am geringsten (blaue Kurve - NBM 2 Stunden nach Mischende).

Folgende wichtige Schlussfolgerungen sind aus diesem Beispiel zu ziehen:

1. Der Auftragszeitpunkt hat einen sehr großen Einfluss auf die Höhe des erreichbaren Sperrkoeffizienten.
2. Es gibt einen Auftragszeitpunkt, zu dem der insgesamt zurückgehaltene Wasseranteil am größten ist. Dieser Zeitpunkt wird als mattfeuchter bzw. optimaler Auftragszeitpunkt bezeichnet, da hier der für die Praxis relevante Fall der höchsten Wasserrückhaltung eintritt.
3. Die Wasserabgabe pro Zeit ist ab einem Alter von 24 Stunden nur noch sehr gering und es treten kaum Unterschiede zwischen unbehandelten und behandelten Proben auf. Deshalb wurde die Prüfdauer der neuen TL NBM-StB auf 1 Tag

reduziert. Da sich der Sperrkoeffizient mit zunehmender Prüfdauer reduziert, wurde der Anforderungswert für den Sperrkoeffizienten auf 85 % erhöht.

Für die weitere Überarbeitung des Prüfverfahrens zur Beurteilung der Nachbehandlungsmittel vom Typ VM bzw. BM bedeuteten die Erkenntnisse zum Einfluss des Auftragszeitpunktes, dass eine genaue Definition des Auftragszeitpunktes erfolgen muss, wenn man eine hohe Vergleichs- und Wiederholpräzision erreichen will. Für die Ermittlung des Sperrkoeffizienten muss der Auftrag des Nachbehandlungsmittels so erfolgen, dass die größtmögliche Menge an Wasser durch das Nachbehandlungsmittel zurückgehalten wird (Blaue Kurve in Bild 4). Im Rahmen eines weiteren Forschungsprojekts der TU München [6] wurde festgestellt, dass sich dieser mattfeuchte bzw. optimale Auftragszeitpunkt mittels eines Lackmuspapiertests abschätzen lässt.

Dabei wird ein zu einem Kreis geformter Lackmuspapierstreifen auf die Betonoberfläche gesetzt und mit einem kleinen Gewicht beschwert. Der mattfeuchte Auftragszeitpunkt gilt als erreicht, wenn bei einem frisch aufgelegten Lackmuspapierstreifen innerhalb von 60 Sekunden keine Verfärbung mehr auftritt. Mit diesem vereinfachten Verfahren muss zukünftig vor der Prüfung der Nachbehandlungsmittel in einem Vorversuch der Zeitpunkt der mattfeuchten Betonoberfläche bestimmt werden. Da auch der Lackmuspapierstest gewisse subjektive Einflüsse nicht ausschließen kann, müssen zwei weitere Auftragszeitpunkte berücksichtigt werden.

Deshalb muss bei Prüfung der Nachbehandlungsmittel vom Typ VM bzw. BM das Nachbehandlungsmittel auf insgesamt 9 Proben aufgetragen werden. Die Auftragszeitpunkte für jeweils 3 Proben sind:

- 30 min vor dem mittels Lackmuspapierstest abgeschätzten optimalen Auftragszeitpunkt

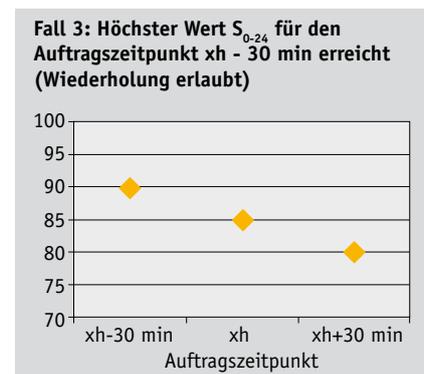
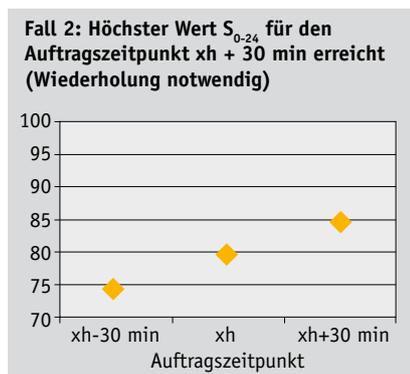
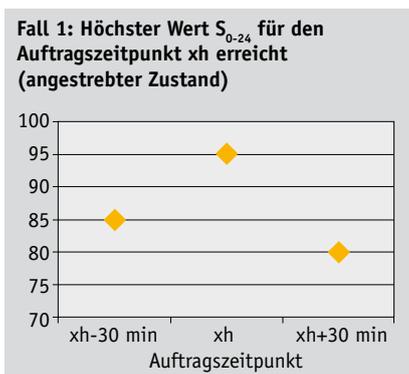
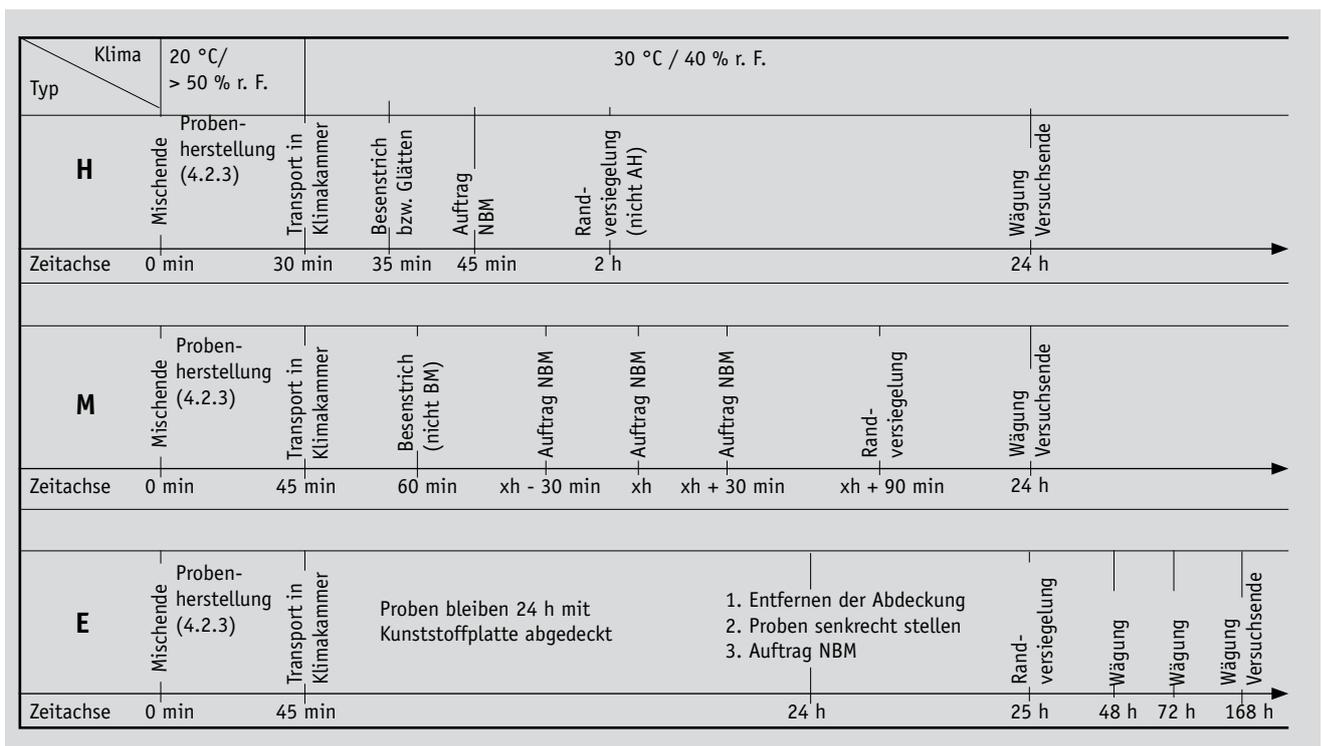


Bild 6: Überblick zu den möglichen Fallunterscheidungen und dem weiteren Vorgehen bei der Bestimmung des Sperrkoeffizienten für die Nachbehandlungsmittel vom TYP VM bzw. BM.

Bild 7: Prüfablauf zur Bestimmung der Sperrwirkung in Abhängigkeit des Nachbehandlungsmitteltyps.



- zum abgeschätzten optimalen Auftragszeitpunkt
- 30 min nach dem abgeschätzten optimalen Auftragszeitpunkt

Nach dem Feststellen der Massen muss überprüft werden, für welchen der Auftragszeitpunkte die höchste Menge an Wasser zurückgehalten wurde. Als Vergleichswert wird der integrale Sperrkoeffizient S_{0-24} gebildet (der integrale Sperrkoeffizient berücksichtigt die gesamte Wasserabgabe, also von Versuchsbeginn bis zum Alter von 24 Stunden). Die Serie mit dem höchsten integralen Sperrkoeffizienten konnte die größte Menge an Wasser im Probekörper zurückhalten. In Abhängigkeit vom Ergebnis dieser Überprüfung wird die weitere Vorgehensweise geregelt. Die möglichen Fälle sind in Bild 6 dargestellt.

In Bild 7 ist ein Überblick über die Vorgehensweise zur Bestimmung des Sperrkoeffizienten in Abhängigkeit des zu prüfenden Nachbehandlungsmittels dargestellt. Anhand des Ablaufdiagramms erkennt man die bereits besprochene Verkürzung der Prüfdauer von 7 Tagen auf 24 Stunden, sowie die Regelung der Auftragszeitpunkte für die Nachbehandlungsmittel vom Typ VM bzw. BM.

Nachbehandlungsmittel mit der Bezeichnung H sind die Typen VH und AH. Obwohl beide für einen sofortigen Auftrag auf die hergestellte Betonoberfläche konzipiert

sind, handelt es sich um sehr verschiedene Produkte, was sich auch in der Prüfung und den Anforderungen widerspiegelt. Mittel vom Typ VH werden auf Betonflächen mit Griffigkeitsanforderungen gesprüht. Aus diesem Grund wird für diese Mittel auch eine texturierte Oberfläche vorgeschrieben. Die Mittel AH werden auch in der Praxis auf den geglätteten Beton aufgebracht, weshalb hier eine geglättete Prüffläche Anwendung findet. Bei der Prüfung der AH-Mittel muss allerdings beachtet werden, dass die Prüfoberfläche vor dem Auftrag des Kombinationsmittels (35 min nach Mischende) nochmals geglättet wird. Dies ist notwendig, da sich auf der Oberfläche ein dünner Film befindet, der beim Transport in die Klimakammer Risse bekommen kann. Ohne ein nachträgliches Glätten schlagen diese Risse in den Nachbehandlungsmittelfilm durch und setzen die Sperrwirkung herab. Eine weitere Besonderheit für die AH-Mittel ist der Verzicht auf eine Randversiegelung der Proben nach dem Auftrag der Mittel. Die Randversiegelung soll normalerweise verhindern, dass sich während der Prüfung zwischen Probekörper und Schalung ein Randspalt bildet, die zu einer verstärkten Wasserabgabe führt. Im Falle der Prüfung der AH-Mittel ist das Aufbringen einer dauerelastischen Masse nicht möglich, da die oberste Schicht der Proben plastisch bleibt und somit der Untergrund einen Auftrag von Paraffin oder Silikon nicht erlaubt. Aufgrund des plastischen Zustandes der Oberfläche ist die Gefahr eines Randspalts aber auch

wesentlich verringert, so dass bis zu einem Alter von 24 Stunden kein negativer Einfluss zu erwarten ist.

Änderung der Überwachung der Nachbehandlungsmittel und der Herstellung der Nachbehandlungsmittel
Mit der Einführung der neuen TL NBM-StB 08 fällt die Fremdüberwachung der Nachbehandlungsmittel weg.

Die Überwachung der Nachbehandlungsmittel erfolgt zukünftig durch eine werkeigene Produktionskontrolle (WPK) und der Zertifizierung der WPK durch eine unabhängige Zertifizierungsstelle. Nachbehandlungsmittel mit zertifizierter WPK sind durch die Angabe der zertifizierenden Stelle zu kennzeichnen. Will ein Hersteller ein neues Produkt auf den Markt bringen, so führt er zunächst eine Erstprüfung (komplette Prüfung gemäß TL NBM-StB 08) durch. Während der Produktion wird durch regelmäßige Prüfung im Rahmen der WPK (Tabelle 5) die Übereinstimmung mit den Technischen Lieferbedingungen geprüft. Die Zertifizierungsstelle begutachtet einmal im Jahr das Herstellwerk und überprüft ob die WPK und die Herstellung der Nachbehandlungsmittel den Technischen Lieferbedingungen entsprechen.

Die Möglichkeit, Nachbehandlungsmittel nur mit Herstellererklärung zu vertreiben, bleibt auch weiterhin erhalten. Es ist aber

Tabelle 5: Art und Häufigkeit der Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

Häufigkeit	Art der Prüfung						
	Versprühbarkeit	Dichte	Feststoffgehalt	IR-Spektrogramm	Lagerungsstabilität	Sperrwirkung	Vollständige Prüfung
Bei jeder Charge		x					
Bei jedem Herstellvorgang oder mind. 4 x jährl.	x		x				
Jährl. und bei Wechsel des Rohstofflieferanten				x	x	x ^{*)}	
Innerhalb eines 5-Jahres-Zeitraums							x

^{*)} das Prüfklima darf 20 °C und 65 % r. F. betragen, wenn eine Erhöhung des jeweils geforderten Sperrkoeffizienten um 5 Prozent angesetzt wird

davon auszugehen, dass das ARS, welches die neuen TL NBM-StB 08 einführt, für den Bereich der Bundesfernstraßen nur Nachbehandlungsmittel mit zertifizierter WPK zulässt.

4 Zusammenfassung

Aus technologischen und sicherheitstechnischen Gründen kommen beim Bau von Betonfahrbahndecken und anderen Verkehrsflächen (z. B. Brückenkappen) in erster Linie flüssige Nachbehandlungsmittel zur Nachbehandlung zum Einsatz. Da sie in den meisten Fällen die einzige Nachbehandlung darstellen, werden Eigenschaften und Wirksamkeit der Nachbehandlungsmittel intensiv geprüft (TL NBM-StB 08). Damit ein Nachbehandlungsmittel in Deutschland für den Betonstraßenbau verwendet werden darf, muss es Anforderungen hinsichtlich der Zusammensetzung, der Beeinträchtigung der Griffbarkeit, der Sperrwirkung (Ausmaß der Reduzierung der Wasserabgabe im Vergleich zu unbehandelten Proben), der Anwendungssicherheit und Stabilität der Dispersion erfüllen.

Bei der Überarbeitung der TL NBM-StB wurde ein Lackmuspapiertest eingeführt, der eine reproduzierbare Bestimmung des Zeitpunktes der Mattfeuchte ermöglicht. Durch Anwendung zweier zusätzlicher Auftragszeitpunkte, die jeweils 30 Minuten vor bzw. nach dem Zeitpunkt der Mattfeuchte liegen, wird am Ende überprüft, ob mit dem gewählten Zeitpunkten auch tatsächlich die größtmögliche Wassermenge zurückgehalten wurde. Der Zeitraum zur Berücksichtigung der Wasserverluste wurde von bisher 7 Tagen auf 24 Stunden reduziert, da die ermittelten Wasserabgaben ab einem Alter von 24 Stunden sehr starken Streuungen unterliegen

und ihre Aussagefähigkeit zur Beurteilung der Nachbehandlungsmittel sehr gering ist. Aufgrund der verkürzten Versuchsdauer, musste weiterhin eine Anpassung der Anforderungen an den Sperrkoeffizienten auf 85 % erfolgen.

Durch die neue Regelbauweise Waschbeton wurden die dabei eingesetzten Oberflächenverzögerer (Kombinationsmittel aus Verzögerer und Nachbehandlungsmittel) in das Regelwerk aufgenommen.

Für diesen neuen Typ wurden auf Grundlage der bisherigen Erfahrungen und eines Ringversuches notwendige Anforderungen und ein Prüfverfahren definiert.

Zukünftig erfolgt die Prüfung der Konformität der Mittel mit den TL NBM-StB durch die werkseigene Produktionskontrolle. Durch eine Zertifizierungsstelle wird die werkseigene Produktionskontrolle zertifiziert. Dazu muss eine Erstprüfung des Werkes und eine jährliche Überprüfung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle durch die Zertifizierungsstelle erfolgen.

5 Literatur

[1] W. Albrecht, H. Schäffler: „Über die Wirkung und Prüfung von Nachbehandlungsmitteln für Betonfahrbahnen“, In: Zeitschrift, Straße und Autobahn, 1959, Heft 2, S. 59 - 65

[2] W. Albrecht: „Beitrag zur Beurteilung flüssiger Nachbehandlungsmittel für Straßenbeton“, In: Zeitschrift, Straße und Autobahn, 1962, Heft 6, S. 203 - 215

[3] D. Honert, O. Blask, H. Knauber: „Nachbehandlung von Beton zur Verringerung des Wasserverlustes und zur Reduzierung von Ausblühungen“ In: Tagungsbericht der 15. internationalen Baustofftagung –Ibausil, Weimar 2/1281- 2/1290, (2003)

[4] A. Frentzel-Schirmacher: „Bestimmung des Sperrkoeffizienten nach TL NBM-StB 96, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben FE-Nr.: 08.174/2002/LRB“, unveröffentlicht; November 2005, Weimar.

[5] A. Frentzel-Schirmacher, J. Stark: Prüfung von Nachbehandlungsmitteln für den Betonstraßenbau, In Zeitschrift Straße und Autobahn, 2006, Nr. 5, S 301-310

[6] P. Schießl, J. Huber: „Nachweisverfahren zur Beurteilung der Wirksamkeit von Nachbehandlungsmitteln (NBM)“, Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 08.166/2001/LGB des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Band 938; 2006;Wirtschaftsverlag N. W. Verlag für neue Wissenschafts-Verlag, Bremerhaven

Dipl.-Ing. D. Ehrhardt
Prof. Dr.-Ing. habil. J. Stark

F.A. Finger Institut für Baustoffkunde
an der Bauhaus-Universität Weimar
Coudraystr.11, 99421 Weimar
Tel.: 03643/584761, Fax:
03643/584759
e-mail: dirk.ehrhardt@uni-weimar.de

Heben und Festlegen von Betonfahrbahnplatten

Von Dipl.-Ing. Marko Wieland

Straßenbefestigungen aus Beton spielen in der heutigen Zeit eine wichtige Rolle insbesondere für Autobahnen mit hohem Schwerlastanteil. Der Aufbau der Straßenbefestigung variiert je nach Baujahr und Bauweise. So kann eine Betondecke beispielsweise auf einer hydraulisch gebundenen Tragschicht oder Verfestigung mit und ohne Vliesstoffzwischenlage sowie auf einer Asphalttragschicht bzw. bituminösen Ausgleichsschicht oder auf einer Schottertragschicht angeordnet sein. Im Allgemeinen kann die Nutzungsdauer einer Straßenbefestigung aus Beton mit 30 bis 40 Jahren angenommen werden. Verkehrsbelastungen sowie klimatische Beanspruchungen führen dazu, dass sich der Zustand der Betonfahrbahn mit fortschreitender Nutzungsdauer verändert. Eine typische Änderung stellt z. B. die Stufenbildung an Fugen dar, die zu einer Verschlechterung der Gebrauchseigenschaften, insbesondere der Ebenheit führt (Bild 1).

Im nachfolgenden Beitrag wird über verschiedene Verfahren berichtet, die im Rahmen der Straßenerhaltung Anwendung finden.

Schadensbilder und Schadensursachen

Es ist bekannt, dass Schäden wie vertikaler Plattenversatz oder vertikale Plattenbewegung bei allen konstruktiven Varianten des Betonoberbaues anzutreffen sind. Für die Bauweisen mit Vliesstoffzwischenlage können jedoch diesbezüglich noch keine gesicherten Angaben gemacht werden, da es sich um eine verhältnismäßig junge Bauweise handelt. Die Ursache für o. g. Schäden liegt häufig darin, dass eindringendes Wasser im Fugenbereich unter den



Bild 1: Stufenbildung bzw. vertikaler Plattenversatz an einer Querfuge und schadhafte Fugenfüllung

Betonplatten Feinanteile ausspült. Das ist vorrangig der Fall, wenn die Tragschicht keine ausreichende Erosionsbeständigkeit besitzt. Außerdem können auch lokale Setzungen, unzureichende Frostbeständigkeit, falsch oder gar nicht angeordnete Dübel als Ursachen genannt werden. Allgemein gilt jedoch für alle Ursachen, dass sie im Rahmen der alljährlichen Straßenzustandserfassung möglichst frühzeitig erkannt und innerhalb der regelmäßigen Straßenerhaltung beseitigt werden müssen, um eine weitere Verschlechterung des Gebrauchszustandes z. B. bis hin zum Eckabbruch oder zur Querrissbildung (Bild 2) und der damit verbundenen Kostensteigerung für die bauliche Erhaltung zu vermeiden.

Um das hydrodynamische Pumpen der Betonplatten im Fugenbereich möglichst zuverlässig und frühzeitig zu erkennen, bietet sich als zerstörungsfreies Prüfverfahren z. B. die systematische Tragfähigkeitsmessung mit dem Falling Weight Deflectometer an (Bild 3).

Betonstraßenerhaltung mittels Injektionsverfahren

Eine Form der baulichen Erhaltung stellt das Heben und Festlegen von Fahrbahnplatten aus Beton mittels Injektionsverfahren nach ZTV BEB-StB 02 [1] dar. Grundsätzlich wird hierbei über Injektionslanzen oder Packer Injektionsmaterial unter die Betonplatte gepresst, um dort vorhandene Hohlräume auszufüllen, die Platte millimetergenau anzuheben und/oder die gelöste Platte wieder mit der Unterlage zu verbinden. Als Injektionsmaterialien werden Unterpressmörtel, Silikatharze oder Expansionsharze verwendet.



Bild 2: Stark geschädigte Fahrbahnplatte aus Beton

Unterpressmörtel

Bei den herkömmlichen Injektionsverfahren mit Unterpressmörtel kommen hydraulischen Bindemittel zum Einsatz. Für die Injektion werden je nach Plattengröße mindestens 6 Löcher mit einem Durchmesser von ca. 40 mm in eine Betonplatte gebohrt. Dabei wird die spätere Injektionsebene um 30 bis 50 mm überbohrt. Wenn notwendig, werden die Platten mittels Druckluft von der Unterlage gelöst, um eine vollflächige Verteilung des Unterpressmörtels unter der Platte zu begünstigen und die Bildung von so genannten „Elefantenfüßen“ zu vermeiden. In der Praxis gelingt es dennoch in einigen Fällen nicht, die Platten vollflächig zu unterpressen, was zu ungünstigen Lagerungsbedingungen der unterpressten Platten und unter Verkehrsbelastung schnell zu neuen Schäden führen kann.

Silikat- und Expansionsharze

Seit einigen Jahren finden zunehmend Injektionsverfahren mit Silikat- und Expansionsharzen Anwendung, die im Regelwerk noch nicht beschrieben sind. So wird beispielsweise das Heben und Festlegen von Betonplatten auf Autobahnen, Flugbetriebsflächen und im Bereich der Festen Fahrbahn seit 1997 mittels Kunstharzinjektionsverfahren realisiert [2].

Silikat- und Expansionsharze bestehen in der Regel aus zwei chemisch reaktiven Komponenten, die aufgrund ihrer Reaktionszeiten erst kurz vor dem Injizieren miteinander vermischt werden. In der Praxis werden die Komponenten mit speziellen Pumpen gefördert bzw. dosiert und kontinuierlich



Bild 3: Tragfähigkeitsmessung mit Hilfe eines Falling Weight Deflectometers an einer Querscheifuge

mittels statischen Mischern zu einem homogenen Material vermengt sowie über Packer injiziert. Die Materialkennwerte sind wesentlich von der chemischen Zusammensetzung und dem Mischverhältnis der beiden Komponenten abhängig und können daher große Unterschiede aufweisen.

Das Anlegen der Injektionslöcher erfolgt analog zu der oben genannten Vorgehensweise. Es bestehen jedoch Unterschiede in der Bohrlochzahl und dem Bohrlochdurchmesser. Je nach Injektionsziel wird auf 1 bis 5 m² Plattenfläche ein Bohrloch mit nur ca. 20 mm Durchmesser angelegt. Die vollflächige Verteilung des Injektionsmaterials unter der Platte wird durch das niedrigviskose Verhalten des Injektionsmaterials stark begünstigt. Weitere Vorzüge derartiger Injektionsverfahren können darin liegen, dass die Erhärtung des Injektionsmaterials sehr schnell verläuft, so dass eine unterpresste Fahrbahnplatte schon nach wenigen Minuten für den Verkehr freigegeben werden kann. Weiterhin sind die Materialeigenschaften durch die chemische Zusammensetzung der Komponenten gezielt steuerbar. So können z. B. stärker geschädigte Betonplatten (Eckabbruch, Quer- und Längsriss) mit einem Injektionsmaterial instand gesetzt werden, das neben einer guten Fließfähigkeit auch eine hohe Klebkraft besitzt (Bild 4).

Kontrolle der Höhenlage während der Injektion

Während der Injektionsarbeiten ist das Höhenniveau der behandelten Platte und der angrenzende Platten ständig zu kontrollieren. Dies gilt vor allem beim Anheben der Betonplatten.

Hierbei ist gegebenenfalls der Expansionsmechanismus und Expansionszeitpunkt des verwendeten Materials zu beachten.



Bild 4: Stark geschädigte Fahrbahnplatte aus Beton nach dem Unterpressen mit Kunstharz

Für diese Aufgabe werden häufig Rotationslaser mit zwei Empfängern verwendet, deren Genauigkeit mindestens $\pm 0,5$ mm auf 10 m Entfernung beträgt. Der Sender wird dabei außerhalb des Wirkungsbereiches der Injektion stationiert und mit den zwei Empfängern die behandelte Platte und der angrenzende Bereich überwacht.

Abnahmekriterium „Sanierungserfolg und Qualität“

Für die Abnahme wird i. d. R. nach dem Heben der Platte der verbleibende Plattenversatz bzw. die erreichte Ebenheit innerhalb einer 4 m langen Messstrecke zugrunde gelegt. Für das Festlegen sieht das Regelwerk dagegen kein direktes Abnahmekriterium vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der beim Festlegen oder Heben von Platten erreichte Lagerungszustand einen signifikanten Einfluss auf die Dauerhaftigkeit der Instandsetzungsmaßnahme hat. Im Rahmen von Injektionsmaßnahmen wurden daher zahlreiche Tragfähigkeitsmessungen mit dem Falling Weight Deflectometer (FWD) durchgeführt, um die Lagerungszustände vor und nach der Instandsetzung zu untersuchen. In Abb. 5 sind beispielsweise die Deflektionen einer stark pumpenden Plattenecke unter einer Stoßbelastung von 100 kN vor und nach der Unterpressung mit Kunstharz dargestellt. Dabei hat sich gezeigt, dass die Deflektion vor der Unterpressung über 1 mm und nach der Unterpressung unter 0,15 mm betrug. Die Lagerungsbedingungen haben sich in diesem Fall erheblich verbessert.

Mit Hilfe von FWD-Messungen lässt sich also der Sanierungserfolg sehr gut ableiten. In einem weiteren Schritt werden derzeit Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit verschiedener Injektionstechnologien durchgeführt.

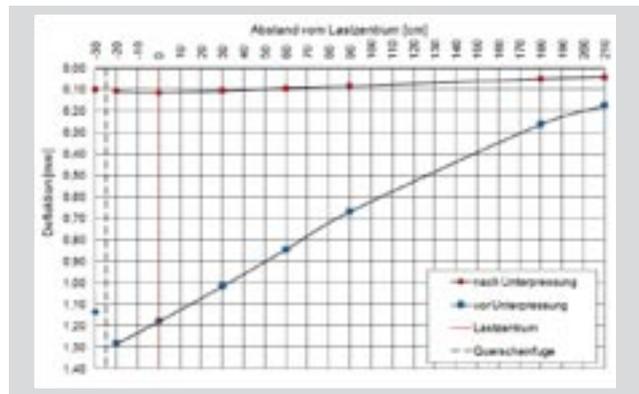


Bild 5: Deflektionen an einer Plattenecke unter einer Stoßbelastung von 100 kN vor und nach dem Unterpressen

Zusammenfassung

Für das Heben und Festlegen von Platten kommen derzeit verschiedene Injektionsverfahren zur Anwendung. Für die gezielte Anwendung ist neben der Schadensursache, dem Instandsetzungsziel und der Dauerhaftigkeit auch die Wirtschaftlichkeit zu betrachten. So kann der Einsatz hochwertiger und leistungsfähiger Injektionsmaterialien den Erneuerungszeitpunkt einer geschädigten Betonplatte um mehrere Jahre hinausschieben. Hierbei ist zu beachten, dass die Materialeigenschaften des Injektionsmaterials und das Verfahren bezogen auf den Verwendungszweck ausgewählt werden müssen. Neben der Zustandserfassung bzw. Bewertung nach ZTV ZEB 06 [3] und für die Abnahme der Injektionsleistung hat sich die Durchführung von Messungen mit dem Falling Weight Deflectometer bewährt.

Literatur

- [1] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen – Betonbauweisen, ZTV BEB-StB 02, Ausgabe 2002, FGSV Verlag GmbH, Köln
- [2] Heben und Festlegen von Betonplatten durch Kunstharzinjektion, Edeltraud Straube, Wolfgang Weingart, Straße und Autobahn Heft 10, 2002
- [3] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Zustandserfassung und -bewertung von Straßen, ZTV ZEB-StB 06, Ausgabe 2006, FGSV Verlag GmbH, Köln

Dipl.-Ing. Marko Wieland, Wiss. Mitarbeiter am Gropius-Institut Dessau e.V., An-Institut der Hochschule Anhalt (FH), Dessau
Hotline
Dipl.-Ing. (FH) Marko Wieland,
Tel.: 0176/21186253
E-Mail: Marko_Wieland@t-online.de

Einsatz von neuen Materialien zum Heben und Festlegen von Betonfahrbahnplatten

am Beispiel der BAB A7 Hildesheim – Seesen

Von Dipl.-Ing. Tim Alte-Teigeler

1. Baustellenbeschreibung

Die Bundesautobahn A7 ist mit ca. 950 km die längste Autobahn Deutschlands und weist eine Verkehrsbelastung von über 65.000 Fahrzeugen in 24 Stunden mit über 20 % Schwerverkehrsanteil auf.

Auf dem Abschnitt zwischen Hildesheim und Seesen waren für die Betonfahrbahndecke, die bereits „in die Jahre gekommen ist“, umfangreiche Sanierungsarbeiten ausgeschrieben. Neben der Hauptmaßnahme, der Erneuerung von einzelnen Betonfahrbahnplatten, war eine weitere Leistung, das Heben und Festlegen von Platten, im Leistungsumfang enthalten. Da der Verkehr auf der BAB A7 im Baustellenbereich abschnittsweise nur in einer Spur weitergeführt werden konnte, waren die Arbeiten teilweise in den verkehrsarmen Zeiten, also in Nachtbaustellen, durchzuführen.

2. Bauablauf

Um den höhengleichen Einbau der neuen Betonplatten zu ermöglichen, wurden im Vorfeld der Betonplattenerneuerung die angrenzenden Betonplatten mittels Polyurethan- und Silikatharzinjektion angehoben und stabilisiert. Im Bereich von Fahrbahnsetzungen wurde der Untergrund zusätzlich in einer Tiefe von bis zu drei Metern mit expandierendem Polyurethanharz stabilisiert und verdichtet.

Tabelle 1: Bohrraster / Injektionsschema

Injektionsmaterial	Bohrlöcher je Platte *	Bohrlochdurchmesser
Hydraulische Bindemittel	6 / 9 (in 2/3 Längsreihen)	40 mm
Expandierende Polyurethanharze	16 – 20 (in 4 Längsreihen)	18 mm
Silikatharze	9 – 12 (in 3 Längsreihen)	18 mm

*ausgehend von einer Plattengröße von ca. 4,25 m x 5 m

2.1 Herstellung der Bohrlöcher

Um das Unterpressmaterial unter die Betonplatten injizieren zu können und eine gleichmäßige und flächendeckende Auflagerung der Betonplatte zu erreichen, müssen Bohrungen nach einem definierten Bohrraster (Tabelle 1) hergestellt werden. Die Anordnung der Bohrlöcher sowie die Anforderungen an die Arbeiten und an das Material werden derzeit für die neue ZTV BEB erarbeitet.

Die Anforderungen an die Bohrleistungen sind heute, insbesondere die Geschwindigkeit der Ausführung betreffend, sehr hoch. Hier wurden zum Teil patentierte Geräte entwickelt, die eine schnelle Arbeitsausführung mit mehreren hydropneumatischen

Bohrhämmern gleichzeitig ermöglichen (Bild 1). Dies macht hohe Tagesleistungen von bis zu 30 zusammen hängenden Platten möglich. Bei der Sanierung von einzelnen Platten können die Löcher auch von Hand hergestellt werden (Bild 2), wodurch die Transporte minimiert werden können.

Die Injektion des Materials erfolgt über spezielle wieder verwendbare Packer, welche mittels Verschraubung in den Bohrlöchern befestigt werden.

2.2 Heben von Platten mit expandierendem Polyurethanharz

Zur Anhebung der Platten wurde ein expandierendes Polyurethanharz verwendet. Hierbei handelt es sich um eine wirtschaft-



Bild 1: Maschinelle Herstellung der Bohrlöcher



Bild 2: Herstellung der Bohrlöcher von Hand

liche Sanierungsmethode, bei der auch größere Plattenversätze beseitigt werden können. Das von OAT eingesetzte Material wurde in umfangreichen Versuchen auf die Anforderungen abgestimmt. Auch das Alterungsverhalten wurde im Vorfeld simuliert und getestet. Das Material erreicht schon bei freier Aufschäumung Druckfestigkeiten von bis zu 25 N/mm². Die Aushärtungszeit des Materials beträgt nur wenige Minuten, so dass nach Abschluss der Arbeiten die Verkehrssicherung schnell abgebaut und somit längere Behinderungen vermieden werden können.

Zum Einbringen des Injektionsmaterials wird eine Unterpresslanze an den gesetz-

ten Packern aufgesetzt. Das zweikomponentige Injektionsmaterial wird mit speziell bedienten Mischgeräten bei kontinuierlicher Überwachung dosiert, gemischt und unter die Platten gepresst. (Bild 3). Das Anheben abgesackter Betonplatten auf die ursprüngliche Höhe stellt beim Unterpressen die größte Herausforderung dar. Um Platten mit expandierenden Polyurethanharzen kontrolliert heben zu können, muss der Unterpressvorgang beim Injizieren von größeren Materialmengen kontrolliert in mehreren Schritten durchgeführt werden.

Auf der BAB A7 wurde – den Anforderungen entsprechend – mit verstärktem Personal- und Geräteeinsatz gearbeitet, um die

Platten mit Hilfe von expandierendem Polyurethanharz wieder auf das Höhengniveau der Nachbarplatten zu heben.

2.3 Festlegen von Platten mit Silikatharz

Silikatharze zeichnen sich durch besonders hohe Druckfestigkeiten und Elastizitätsmoduln aus. Die Bestimmung des Druck-Elastizitätsmoduls erfolgt nach DIN EN 826. Die niedrige Viskosität des Materials ermöglicht eine optimale Materialverteilung unter der Fahrbahn. Die chemische Beständigkeit übertrifft die von Polyurethan. Bei rechtzeitiger Sanierung und intakten Untergrundverhältnissen kann aufgrund der guten Materialeigenschaften die Nutzungsdauer auch von bereits gebrochenen Platten erheblich verlängert werden. Die schnelle Aushärtung erlaubt wie auch bei den Polyurethanharzen eine Verkehrsfreigabe innerhalb kürzester Zeit. Auch hier sind durch den Einsatz mehrerer geschulter Kolonnen hohe Tagesleistungen, d.h. geringe Verkehrsbehinderungen oder Nutzerausfallkosten zu erzielen.

Bei Silikatharz ist die Vorgehensweise zum Einbringen des Injektionsmaterials analog zu dem expandierenden Polyurethanharz. Das Material wird erst direkt an der Lanze vermischt, die das Material mit Hilfe der Packer unter die Betonplatte presst. Eine vollflächige Unterpressung ist gut zu erkennen, wenn an benachbarten Injektionslöchern das Material austritt (Bild 4). Dies gilt auch für das Plattenunterpressen mit anderen Materialien.

Um eine deutliche Verlängerung der Nutzungsdauer der Fahrbahnplatten in Folge des Unterpressens zu erreichen, muss sichergestellt sein, dass es zu keinem Eindringen von Wasser unter die Betonplatte kommt. Daher sollte eine Sanierung der angrenzenden Fugen mit der Maßnahme des Unterpressens einhergehen. Auch vorhandene Risse oder abgehende Betonplatten sollten entsprechend der ZTV BEB-StB 02 behandelt werden.

2.4 Überwachung des Injektionsvorganges

Während des gesamten Injektionsvorgangs wurden die Plattenbewegungen sowohl beim Festlegen als auch beim Heben mittels selbst entwickelten Bewegungssensoren (Bild 5) und Rotationslasern (Bild 6) kontinuierlich überwacht. Dadurch wird eine gleichmäßig ebene Betonfahrbahndecke ohne Kantenabsatz hergestellt.

2.5 Qualitätssicherung durch Eigen- und Fremdüberwachung

Voraussetzung für eine gute Arbeitsleistung beim Heben und Festlegen von Betonplat-



Bild 3: Unterpressen mit expandierendem Polyurethanharz



Bild 4: Austreten von Injektionsmaterial an benachbarten Injektionslöchern



Bild 5: Bewegungssensoren



Bild 6: Rotationslaser / Bewegungssensoren

ten sind gut geschultes Personal sowie eine gute Geräteausstattung. Das Personal wurde in internen Schulungen auf die Anforderungen vorbereitet. Die Geräte wurden im Hause OAT für die Anwendungszwecke modifiziert und zum Teil neu entwickelt.

Alle von der Firma OAT eingesetzten Materialien werden hinsichtlich ihrer Eignung auf Druckfestigkeit, Elastizitätsmodul, Wasseraufnahme, Kriechverhalten unter dynamischer Belastung, Frost-Tausalzbeständigkeit, Recyclebarkeit von unterpressten Betonplatten und Umweltverträglichkeit untersucht und überwacht. Während der Ausführung werden regelmäßig Rückstellproben vom eingesetzten Material genommen (Bild 7). Dadurch können die Festigkeitsentwicklung sowie die Materialeigenschaften nachgewiesen werden.

Durchgeführte Leistungen werden zusätzlich stichprobenartig von unabhängigen Laboren anhand der Messmethode mittels Falling Weight Deflectometer oder durch Bohrkernentnahme (Abb.8) fremdüberwacht. Die gesammelten Labordaten werden mit den Baustellenproben verglichen, ausgewertet

und dokumentiert. So wird sichergestellt, dass von OAT nur geeignete Materialien zum Einsatz gelangen und die Qualität der Arbeitsausführungen gewährleistet ist.

Zudem werden derzeit in Zusammenarbeit mit unabhängigen Prüfinstituten umfangreiche Materialuntersuchungen und dynamische Langzeit- Belastungsversuche mit verschiedenen Materialien durchgeführt. Ziel ist es, die vorhandenen Produkte weiter zu optimieren, um noch kürzere Bauzeiten und ein noch besseres Langzeitverhalten der Materialien zu erreichen.

3. Zusammenfassung

Die Baumaßnahme auf der BAB A7 wurde in der ausgeschriebenen kurzen Bauzeit fertig gestellt. Mit den von OAT eingesetzten Unterpressmaterialien und der entsprechenden Maschinenteknik konnten hohe Tagesleistungen erzielt und die Verkehrsbeeinträchtigung minimiert werden.

Die schnelle Aushärtung von Polyurethan- und Silikatharzen lässt eine Verkehrsfrei-

gabe unmittelbar im Anschluss an die Arbeitsausführung zu. Dies ermöglicht die Arbeitsausführung in Nachtschichten, während der Verkehr am Tag ungehindert fließen kann. Aufgrund der kurzen Bauzeiten empfiehlt sich das Plattenheben und Festlegen auch für einzelne abgesackte Platten im Rahmen von kleineren Notmaßnahmen. Zu erneuernde Einzelplatten bei diesen Baumaßnahmen können mit Schnellbeton ebenfalls in einer Arbeitsschicht hergestellt werden.

Durch die Weiterentwicklungen auf dem oben beschriebenen Gebiet sind Wartungs- und Sanierungsarbeiten auf Betonfahrbahndecken ohne große Verkehrsbehinderungen möglich. Dies ist neben der ohnehin längeren Lebensdauer von Betondecken ein weiterer Vorteil gegenüber anderen Bauweisen.

Dipl.-Ing. Tim Alte-Teigeler
 Otto Alte-Teigeler GmbH
 Niederlassung Neuss
 Bockholtstraße 106, 41460 Neuss
 Tel.: 02131/1763198, Fax: 02131/1763199
 e-mail: tim.alte-teigeler@oat.de



Bild 7 Rückstellprobe



Bild 8: Bohrkern

Mit neuer Mischanlage auf der A5



Zementsilos für je 120 t

Die Firma Bickhardt Bau AG führte im Zeitraum April bis Juni 2009 eine Deckenerneuerung der Autobahn A5 zwischen den Anschlussstellen Kronau und Bruchsal durch.

In diesem Teilstück mit einer Länge von 4100 m wurde die alte Betonfahrbahn abgebrochen und anschließend 65.000 m² Zementverfestigung eingebaut. Auf einem Geotextil wurde der Unter- und Oberbeton im Gleitschalungsfertiger auf einer Breite von 15 m eingebracht und in einem weiteren Arbeitsgang die Oberflächentextur in Form des Waschbetons hergestellt.

Premiere hatte dabei die nagelneue, mobile Doppel-Betonmischanlage des Maschinenherstellers Liebherr. Die aus 17 Containermodulen bestehende Großanlage verfügt über vier 120 t Zementsilos und bringt es auf eine Stundenleistung von bis zu 300 m³ Beton.

Mobilmix 3,5 der Firma Liebherr



CEM II-Zement im aktuellen Einsatz

Eine Grunderneuerung des 6 km langen Autobahnabschnittes der A23 zwischen den Anschlussstellen Horst/Elmshorn und Elmshorn erfolgte durch die Firma becker bau GmbH & Co. KG in den Monaten Mai bis Juli 2009. Auf HGT und Geotextil wurde der

Beton mittels Gleitschalungsfertiger eingebaut und als Waschbeton texturiert.

Als Besonderheit in Deutschland wurde ein Portlandhüttenzement CEM II/B-S 42,5 N von der HOLCIM AG für Unter- und

Oberbeton eingesetzt. Nach Aussagen der Bauleitung kam es zu keinen nennenswerten Schwierigkeiten, die auf den Zement zurückzuführen waren.



Einbringen des Unterbetons mittels Gleitschalungsfertiger



Herstellen der Oberfläche mittels Längs-/Querglätters

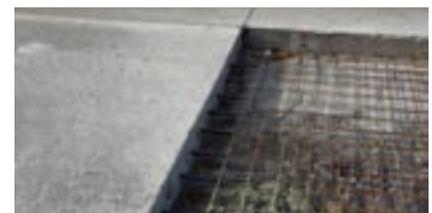
Instandsetzung der A44



Einbringen des Betons aus dem Fahrmischer und Verdichten

Bis Ende Juni 2009 wurden auf der A44 in Fahrtrichtung Dortmund vor dem Kreuz Dortmund/Unna umfangreiche Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt. Neben dem Heben und Festlegen von Betonfahrbahnplatten wurden teilweise die Fugen erneuert. Zusätzlich wurden überwiegend

im Laststreifen einzelne aber auch zusammenhängende Betonfahrbahnplatten ausgewechselt. Diese Arbeiten wurden durch die Firma becker bau GmbH & Co. KG realisiert.



Setzen der Dübel und Anker und Einbringen einer zusätzlichen Bewehrung



Verdichten und Glätten



Nachbehandelte und strukturierte Betonfahrbahnplatte

Neues über Betonflächenfertiger

Ingenieure, Technologen sowie innovative Unternehmen der Bau- und Baumaschinen-Industrie entwickeln immer wieder neue Techniken und Bauverfahren, um den ständig steigenden Erwartungen an Verkehrsflächen aus Beton gerecht zu werden

und damit auch Chancen für neue Bauaufgaben zu nutzen. Im Rahmen unseres Pressespiegels zitieren wir auszugsweise aktuelle Veröffentlichungen über interessante Neuentwicklungen bei Betonflächenfertigern.

Einfach eine runde Sache

Für Kreisverkehre sind extrem stand- und schubfeste Materialien gefragt, und nur speziell konzipierte Betonbeläge erfüllen diese Anforderungen bestens. Um den Betonbau von Kreisverkehren deutlich wirtschaftlicher zu gestalten, hat die Firma Thoma aus Gärtringen

gemeinsam mit dem namhaften Schweizer Bauunternehmen Walo Bertschinger Zürich AG einen neuen Kreiselfertiger mit einer Laica-Steuerung entwickelt. Die Maschine wurde bereits auf einem halben Dutzend Kreisverkehr-Betonbaustellen erfolgreich eingesetzt.



Der bei 10 m Einbaubreite 22 t wiegende Kreiselfertiger fährt auf vier automatisch nachlenkenden Raupenfahrwerken und kann so einen Vollkreis mit exakter Überdeckung ausführen. Die Einbaubreite lässt sich je nach Größe des Kreisverkehrs in 5cm-Schritten zwischen 2,5 und 11 m einstellen. Einsetzbar ist der Fertiger ab 5m innerem Radius.

Aus: Steinbruch und Sandgrube 6/2009

Neuer Fertiger für kleine Betonflächen

Der neue Betonflächenfertiger V-M kombiniert die Vorteile des großen modularen Fertiglers „Noggerath Variant“ von Beldor mit den Vorzügen kleinerer Handgeräte. Die Modulbauweise mit variablen Arbeitsbreiten bis zu 7,25 m ermöglicht dem Bauunternehmen ein leichtes und präzises Abziehen der Betonoberflächen. An den Stoß-

stellen der einzelnen Module ist der Fertiger knickbar und somit der jeweiligen Gefällesituation anpassbar. Der Transport der Geräteteile ist unkompliziert. Die Länge des größten Elements beträgt 2,25 m bei einem Gewicht 17,5 kg pro laufendem Meter. Die Montage der einzelnen Module und die Einrichtung des Fertiglers gestalten sich denkbar einfach.



Ebenheitstoleranzen nach DIN 18202 Zeile 4 sind realisierbar. Die Vortriebsgeschwindigkeit des Beldor-Fertigers beträgt bis zu einem Meter pro Minute.

Aus: BauMagazin 3+4/09

Großflughafen Berlin-Schönefeld



Im Süden Berlins entsteht ein neuer Großflughafen mit zwei Startbahnen. „Dafür wird in Schönefeld betoniert, was das Zeug hält,“ schreibt Volvo CE. Eurovia, eines der Generalunternehmen für den Bau der Flugbetriebsflächen, stellt sich mit dem neuen Kettenfertiger ABG

8820 der herausfordernden Aufgabe. Drei Meter schafft die Maschine pro Minute. Schneller lässt sich die fast 30 cm starke und 5m breite Tragschicht aus grobkörnigem Magerbeton kaum aufbringen, unterstreicht der Hersteller. Dank des ATS-Empfängers für den drahtlosen Datentransfer lässt sich der moderne Fertiger mit wenig Personal betreiben.

Aus: ALLGEMEINE BAUZEITUNG 21/09

Verlängerung der A14 bis 2020

Eine Vereinbarung über die Finanzierung des Neubaus der Nordverlängerung der A14 zwischen Magdeburg (A2) und Schwerin (A24) mit einer Länge von 155 km wurde im März 2009 vom Bundesverkehrsminister und den Ländern Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern unterzeichnet. Bis zum Jahr 2015 soll die erste Bauphase für den Verkehr freigegeben werden. Die Endfertigstellung ist für das Jahr 2020 vorgesehen. Derzeit befahren die A14 zwischen Halle und Magdeburg täglich rund 40 000 Fahrzeuge, für die Verlängerung sind 30 000 Fahrzeuge prognostiziert.

I
M
P
R
E
S
S
U
M

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.



Konzept/Realisation
diba komm e.K.,
Düsseldorf
Gestaltung/Layout
B. Birnbaum, Düsseldorf
Nachdruck, auch auszugsweise mit Quellenangabe und Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Herausgeber

Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e.V.
Tannenstrasse 2
40476 Düsseldorf
Telefon: 0211/436926-627
Fax: 0211/436926-750
e-mail: ehrlich@bdzement.de
klaus.boehme@f-kirchhoff.de

Herstellung
Werbedruck GmbH
Horst Schreckhase
Dörnbach 22
34286 Spangenberg
mit Quellenangabe und Genehmigung des Herausgebers gestattet.