

GRIFFIG



Aktuelles über Verkehrsflächen aus Beton

Waschbeton - der neue lärmarme Standard für Deutschland

Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 5/2006

Mit Allgemeinem Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 8/1990 vom 10.4.1990 -StB 11/14 86 22-01/25 Va 90 habe ich die „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen RLS-90“ für Bundesfernstraßen eingeführt und darauf hingewiesen, dass das Kapitel 4 der RLS-90 beim Vollzug der Verkehrslärmschutzverordnung [16.BImSchV] anzuwenden ist.

Die Tabelle B der 16 BImSchV, die der Tabelle 4 der RLS-90 entspricht, enthält eine Fußnote mit dem Hinweis, dass für lärm-mindernde Straßenoberflächen, bei denen auf Grund neuerer bautechnischer Entwicklungen eine dauerhafte Lärm-minderung nachgewiesen ist, auch andere Korrekturwerte D_{Str0} berücksichtigt werden können. Mit dem im Bezug genannten ARS habe ich weitere Beispiele zur Fußnote dieser Tabelle genannt. Bei der Weiterentwicklung Lärmmin-

derder Fahrbahnoberflächen hat sich die Betondecke mit Waschbetonoberfläche als eine neue Bauweise heraus kristallisiert, die neben einer dauerhaften Lärm-minderung (siehe Anlage) gegenüber der Betondecke mit Längstexturierung durch Jutetuch den Vorteil einer größeren Griffigkeitsreserve bietet.

Um den Sicherheitsgewinn hinsichtlich der Griffigkeit zu nutzen, wird im Einvernehmen mit dem Bundesministerium Um-

welt, Naturschutz und Reaktorsicherheit die Betondecke mit Waschbetonoberfläche im Austausch mit der Betonbauweise mit Jutetuch-Längstexturierung als Fußnote der Tabelle B der 16. BImSchV aufgenommen. Dazu wird im ARS Nr. 14/1991 Nr 2 wie folgt gefasst:

„2. Betone nach ZTV Beton-Stb01 mit Waschbetonoberfläche $D_{Str0} = -2,0 \text{ dB(A)}$ “

Wolfgang Hahn

(Siehe hierzu ARS 14/2006)

KOMMENTAR



Nachbehandlung von Betonstraßen

Oberflächen von Betonfahrbahn-decken werden während ihrer Nutzung durch Verkehr und anstehende Witterung stark beansprucht. Um eine Betonoberfläche mit guten Fahreigenschaften und einem dauerhaften Gefüge zu erhalten, ist eine Nachbehandlung unverzichtbar.

Die ZTV Beton-StB 01 umfasst 4 Varianten zur Nachbehandlung. Neben dem Aufspritzen von Wasser, dem Aufbringen feuchtigkeitsspeichernder Abdeckungen und dem Abdecken mit Folien hat sich vor allem die Applikation von flüssigen Nachbehandlungsmitteln, sogenannter Curingmittel durch-gesetzt.

Curingmittel sind wässrige Paraffinemulsionen, die nach dem Aufspritzen auf den jungen Beton durch Trocknung verfilmen. Dieser dünne Wachsfilm schützt den jungen Beton vor zu starker Austrocknung. Eine ausreichende Reduzierung der Wasserabgabe kann jedoch nur durch eine gleichmäßige und gut verfilmte Wachsschicht erreicht werden. Dazu sind folgende grundlegende Zusammenhänge zu beachten.

Eine entscheidende Bedeutung für die Wirksamkeit der Nachbehandlung mit flüssigen Wachsemulsionen besitzt der Auftragszeitpunkt.

Fortsetzung auf Seite 2

Deckschichten aus Waschbeton

1 Konzeption von Waschbetondecken

Zur Herstellung der Betonoberfläche mit Waschbetonstruktur wird auf dem fertig eingebauten, verdichteten und geglätteten Oberbeton ein dünner Film eines Verzögerers gleichmäßig aufgesprüht. Hierdurch werden das Erstarren und die Anfangserhärtung des Zementleims an der Oberfläche für eine begrenzte Zeit verzögert. Der Oberbeton besteht aus den Sandkörnungen 0/1 mm, 0/2 mm oder 0/4 mm sowie Edelsplittkörnungen mit einem max. Größtkorn von 8 mm. Sobald der Beton ausreichend erhärtet und befahrbar ist, wird der Oberflächenmörtel durch nasses oder trockenes Ausbürsten gleichmäßig entfernt und damit das

Splittkorngerüst freigelegt. Bei der Auswahl des Edelsplittes ist auf einen hohen PSV-Wert und die Kornform zu achten. Das „Merkblatt für die Herstellung von Oberflächenbeton auf Fahrbahn-decken aus Beton“ /1/ ist zu beachten.

2 D_{Str0} -Korrektur

Nach den RLS-90 wird der Emissionspegel $L_{m,E}$, der die Stärke der Schallemission einer Straße beschreibt, zunächst für eine Straßendeckschicht aus nicht geriffeltem Gussasphalt berechnet. Auf einer Grundlage wird das Emissionsverhalten der tatsächlichen Decke durch die „Korrektur D_{Str0} für unterschiedliche Straßenoberflächen“ nach Tabelle 4 der RLS-90 berücksichtigt /2/.

3 Vorliegende Messungen

Es liegen Aufnahmen von Pkw-Pegelstatistiken an Waschbetondecken vor, die von der TÜV Automotive GmbH (vormals „Forschungsinstitut für Geräusche und Erschütterungen“, FIGE) an Autobahnquerschnitten mit Waschbetondecken durchgeführt wurden /3,4/

4 Messergebnisse

Der mittlere Pkw-Vorbeifahrtpegel an bis zu acht Jahre alten Waschbetondecken beträgt bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h 83,2 db(A), gemessen an acht Messquerschnitten /5, 6/. Der analoge Mittelwert an elf

Fortsetzung auf Seite 2

Nachbehandlung von Betonstraßen

Dies bestätigen sowohl abgeschlossene, als auch laufende Forschungsprojekte an der TU München und der Bauhaus-Universität Weimar. Da die Filmbildung der Nachbehandlungsmittel auf Paraffinbasis durch Trocknung erfolgt, kann sich nur ein dichter Film bilden, wenn das Mittel auf eine mattfeucht abgetrocknete Oberfläche aufgebracht wird, ansonsten entsteht eine rissige, schlecht verfilmte Wachsschicht mit geringer Sperrwirkung. Andererseits darf der Auftragszeitpunkt nicht beliebig spät gewählt werden, da die Hauptaustrocknung innerhalb der ersten 24 Stunden stattfindet.

Eine optimale Nachbehandlung durch Curungmittel erfordert eine mattfeucht abgetrocknete Oberfläche. Der bisherige Auftrag unmittelbar nach der Fertigstellung der Betonoberfläche ist als zu früh zu bezeichnen. Die Zeitdauer, die bis zum Erreichen der mattfeuchten Oberfläche vergeht, hängt von den anstehenden Witterungsbedingungen ab.

Ich hoffe, dass sich die neuen Erkenntnisse zur verbesserten Nachbehandlung schnell und unkompliziert in der Praxis umsetzen lassen und auch bei der Herstellung einer Waschbetontextur Anwendung finden können.

Prof. Dr.-Ing. habil. Jochen Stark

Deckschichten aus Waschbeton

Fortsetzung von Seite 1

im Jahre 1998 bis zu drei Jahre alten Decken aus nicht geriffeltem Gussasphalt als Referenzbelag beträgt 85,2 dB(A) /7/.

5 Die D_{Str0} -Korrektur für Waschbetondecken

Die Messergebnisse führen zu einer Differenz der Pkw-Vorbeifahrtpegel an Waschbetondecken und an Decken aus nicht geriffeltem Gussasphalt zu einer Deckenkorrektur von

$$D_{\text{Str0}}(\text{Waschbeton}) = -2 \text{ dB(A)}$$

€ Dauerhaftigkeit der D_{Str0} -Korrektur

Durch das Ausbürsten des Oberflächenmörtels wird das Splittkorngerüst freigelegt und damit der endgültige Zustand der Betonoberfläche hergestellt. Der hochwertige Edelsplitt, der bei Waschbetondeckschichten zum Einsatz kommt, sorgt für eine dauerhafte Qualität der Oberflächeneigenschaften. Wenn die übrigen in /1/ beschriebenen bautechnischen Voraussetzungen zur Herstellung von Waschbetontexturen eingehalten sind, ist die Einhaltung des D_{Str0} -Wertes über den Zeitraum der Nutzungsdauer der Waschbetondecken sichergestellt.

7 Literatur

/1/ „Merkblatt für die Herstellung von Oberflächenbeton auf Fahrbahndecken aus Beton – M OB, Ausgabe 2000“, Forschungsgesellschaften für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2000

/2/ „Statuspapier – Offenporige Asphaltdeckschichten (OPA)“, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 2001 (Das Statuspapier ist Anlage des ARS Nr. 5/2002)

/3/ „Messung der aktuellen Geräuschemission des Verkehrs auf Waschbetondecken“, TÜV Automotive, Herzogenrath 2000

/4/ „Messung der aktuellen Geräuschemission des Verkehrs auf Waschbeton- und Gussasphaltdecken“. RWTÜV, Würselen, Bergisch Gladbach 2003

/5/ „Auswertung des Schlussberichtes zu FE 89.051 / 1998 (Lärmemission von Waschbetondecken)“. Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 2003

/6/ „Auswertung des Schlussberichtes FE 89.126 / 2003 (Messung der aktuellen Geräuschemission des Verkehrs auf Waschbeton- und Gussasphaltdecken)“. Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 2003

/7/ „Statusbericht – Messungen zur Herleitung von D_{Str0} -Korrekturen für Deckschichten aus Zementbeton mit Jutetuchtextur“: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 1998

Die Nachbehandlung – die notwendige Kur des Straßenbetons

Die Nachbehandlung ist keine fragwürdige oder überflüssige Kur eines Betons, sondern stellt den letzten, unbedingt erforderlichen Teil der Herstellung von Betondecken dar. Ein Beton muss „reifen“, um die angestrebte Festigkeit, Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit sicher zu erreichen. Wird Beton beim „Reifen“ sich selbst überlassen, können sich alle angestrebten Eigenschaften insbesondere an der Oberfläche des Betonbauteils – und die ist bei Betondecken der Qualitätsmaßstab – nur unzureichend ausbilden.

Straßenbeton muss – und dies gilt insbesondere für die ersten Stunden und Tage nach Abschluss der Oberflächenfertigung – erschütterungsfrei, mit ausreichendem Anmachwasser und geringer Erwärmung von außen erhärten. Straßenbeton darf bei Lufttemperaturen - 3 °C und Frischbetontemperaturen unter 5 °C sowie über 30 °C nicht eingebaut werden.

Wird die Nachbehandlung vernachlässigt, können folgende Mängel auftreten:

- geringere Festigkeiten der oberflächennahen Bereiche,
- Neigung zum Absanden,
- größere Wasseraufnahme,
- verminderte Witterungsbeständigkeit,
- erhöhte Gefahr von Früh- und Spätschwindrissen.

Alle Mängel vermindern die Dauerhaftigkeit.

Heute hat man häufig den Eindruck, dass die Nachbehandlung – insbesondere der Schutz vor Austrocknung der Betonoberfläche – vor Jahrzehnten einen höheren Stellenwert als heute besaß. Betonstraßen, die vor dem ersten Weltkrieg in verschiedenen Landesteilen von Deutschland gebaut wurden, wurden nach Abschluss der Verdichtung und Beginn der Erstarrung in der Regel mehrere Wochen mit nassem Sand abgedeckt. Dies hängt natürlich auch damit zusammen, dass die damaligen Portlandzemente eine geringere Mahlfineinheit besaßen und damit langsamer erhärteten.

Mit der kontinuierlichen Entwicklung des Betonstraßenbaus nach dem ersten Weltkrieg in Deutschland entwickelte sich auch ein Vorschriftenwerk, das natürlich auch die Nachbehandlung mit einschloss. Gleichzeitig wurde der Prozess der Nachbehandlung auch wissenschaftlich beobachtet und begleitet, um die jeweils notwendigen Vor-

gaben für eine ausreichende Nachbehandlung festzulegen.

Im Folgenden sind die im Regelwerk verankerten Vorgaben für die Nachbehandlung aus

- der TVBeton, Ausgabe 1939,
- der ZTV Beton, Ausgabe 1978,
- der ZTV Beton, Ausgabe 2006 (Entwurf)

und die neuesten wissenschaftlichen Grundlagen für den Feuchtigkeitsverlust an Oberflächen von Straßenbetonen zusammengestellt.



Ausgabe 1939

Technische Vorschriften für die Ausführung von Betondecken auf Landstraßen (TVBeton)

4. Nachbehandlung der Decke

Die fertige Betondecke ist sofort gegen vorzeitiges Austrocknen durch Wind oder Sonnenbestrahlung, gegen Auswaschen durch Regen und gegen Frost zu schützen. Sie ist dementsprechend bei warmer Witterung etwa in den ersten fünf Stunden, bei kalter Witterung mindestens in den ersten acht Stunden mit Schutzdächern zu überdecken. Die Schutzdächer sollen möglichst niedrig und hellfarbig sein. Zur Einschränkung der Luftbewegung unter den Schutzdächern sollen durch Überdeckung an den Stößen, durch Abschluß an den Giebelwänden und durch mindestens alle 30 m eingebaute Trennwände allseits geschlossene Räume gebildet werden. Außerdem sind etwa 5 bis 10 cm über der Fahrbahn unter den Schutzdächern eingezogene Zwischendächer, die zum Beispiel aus Jutegewebe, Stroh oder Holz bestehen können, vorzusehen. Der Beton ist nötigenfalls während des Verschiebens der Dächer gleichmäßig mit Wasser zu besprengen. Da am Anfang der Schutzstrecke nach Nacharbeiten an den Fugen ausgeführt werden, sollen dort statt der niedrigen Schutzdächer Arbeitszelte vorgesehen werden.

Im Anschluß an die Schutzdächern kommen folgende Abdeckstoffe in Betracht: Stoffgewebe, Stroh, Schilfrohmatten, leicht bindiger Sand und so weiter. Sie sind während 10 Tagen auf der Decke zu belassen und feucht zu halten. Nach Entfernen der Abdeckstoffe ist die Decke noch weitere 5 Tage durch Besprengen feucht zu halten. Die Nachbehandlungsabschnitte sind deutlich zu kennzeichnen.

Die Straße darf in der warmen Jahreszeit bei Verwendung von gewöhnlichem Zement erst nach 3 Wochen, bei Verwendung von hochwertigem erst nach 10 Tagen dem Verkehr übergeben werden. In der kalten Jahreszeit ist die Sperrzeit zu verlängern. In Zweifelsfällen ist der Erhärtungsfortschritt an Probekörpern festzustellen, die ebenso wie der Straßenbeton sofort nach der Einlieferung von der Baustelle zu prüfen sind. Die Biegezugfestigkeit dieser Probekörper soll mindestens 80 % der geforderten Festigkeiten betragen.

Die Sperrfristen gelten nicht für leichte gummiereifte Sprengwagen, mit denen die Strecke bereits nach Entfernen der Abdeckstoffe befahren werden darf.

Vor der Verkehrsübergabe müssen die Fugen ordnungsgemäß gefüllt sein.

ZTV Beton 78

6.1.6 Betonieren bei niedrigen Temperaturen
Schutzmaßnahmen sind stets vorzubereiten, wenn während der Betonierarbeiten niedrige Temperaturen zu erwarten sind. Das Ziel aller Maßnahmen muss sein, dass die Temperatur des Betons möglichst lange Zeit – mindestens in den ersten 3 Tagen seiner Erhärtung – nicht unter + 5 °C absinkt. Bei Lufttemperaturen unter + 5 °C ist die Temperatur des Betons ständig zu messen. Beton, der kälter als + 5 °C ist, darf nicht verarbeitet werden. Ist die Lufttemperatur auf 0 °C gesunken, so dürfen die Betonierarbeiten nur mit Zustimmung des Auftraggebers fortgesetzt werden.

Muss bei Lufttemperaturen unter + 5 °C betoniert werden, so ist zu prüfen, ob der Zementgehalt zu erhöhen ist oder ob es zweckmäßig ist, Zemente mit höherer Anfangsfestigkeit zu verwenden.

Bei vorübergehendem Frost bis etwa - 3 °C sind Anmachwasser und, soweit erforderlich, die Zuschläge aufzuwärmen.

Gefrorene Zuschläge dürfen nicht verwendet werden.

Wasser mit einer Temperatur von mehr als + 70 °C ist zuerst mit den Betonzuschlägen zu mischen, bevor der Zement zugegeben wird.

Die Temperatur des Betons an der Einbaustelle darf bei Lufttemperaturen von 0 °C nicht niedriger als + 10 °C und bei Lufttemperaturen von - 3 °C nicht niedriger als + 20 °C sein. Bei anhaltendem Frost und bei Lufttemperaturen unter - 3 °C sind die Betonierarbeiten einzustellen.

6.1.7. Betonieren bei hohen Temperaturen
Wird bei Lufttemperaturen über + 25 °C gearbeitet, so muss die Temperatur des Frischbetons an der Einbaustelle laufend gemessen werden. Sie darf nicht über + 30 °C betragen.

Gegen nachteilige Einflüsse hoher Temperaturen auf den Beton sind erforderlichenfalls Vorkehrungen zu treffen, z.B.:

- Geringe Erhöhung der Zugabwassermenge,
- Abkühlen der Unterlage (insbesondere bei

■ Tragschichten mit bituminösen Bindemitteln) durch Anässen.

■ Zusätzlicher Schutz des Betons gegen Austrocknen und direkte Sonneneinstrahlung.

6.3. Schutzmaßnahmen, Nachbehandlung und Sperrfristen

6.3.0. Allgemeines

Der Beton bedarf während und nach der Fertigstellung der Decke eines Schutzes und einer sorgfältigen Nachbehandlung.

6.3.1. Schutzmaßnahmen während der Deckenherstellung

Der Beton ist mindestens bei Decken der Bauklassen I bis III im Schutze eines Zeltes einzubauen. Dieses Zelt muss bei zweilagigem Einbau so lang sein, dass unter ihm der Einbau der oberen Lage, abgesehen von der Verteilung, und die Fertigstellung der Decke unter Schutz vor der Witterung möglich ist. Bei einlagigem Einbau gilt sinngemäß das gleiche, wobei besondere Schutzmaßnahmen für den Einbau der Dübel zu berücksichtigen sind.

6.3.2. Schutz nach Fertigstellung der Decke

Der Beton ist sofort nach Fertigstellung der Decke bei den Bauklassen I bis III durch hellfarbige, niedrige und allseits geschlossene, fahrbare, für kleine Arbeiten tragbare Dächer zu schützen.

6.3.3. Nachbehandlung

Für die Nachbehandlung des Betons können nachstehende Verfahren vorgesehen werden; es ist zweckmäßig, beide Verfahren als Alternativen auszuschreiben.

6.3.3.1. Nassnachbehandlung

Der Beton ist auf die Dauer von mindestens 3 Tagen auf der gesamten Oberfläche ständig nass zu halten.

6.3.3.2. Verwendung von Nachbehandlungsfilmen

Sobald die Oberfläche des Betons leicht abgetrocknet ist und nur noch matt glänzt, ist ein Nachbehandlungsmittel gemäß den „Technischen Lieferbedingungen für flüssige Beton-Nachbehandlungsmittel“ in gleichmäßiger Di-

cke und in der Menge aufzusprühen, dass ein geschlossener Film erzielt wird.

Vor der Anwendung des Nachbehandlungsmittels ist die Übereinstimmung des Lieferscheines bzw. der Aufschrift auf dem Gefäß mit dem Inhalt des Prüfzeugnisses zu überprüfen.

Zu beachten sind:

- Verfalldatum des Prüfzeugnisses
- Verfalldatum des Mittels
- Lagerungstemperaturbereich und sonstige Lagerungsbedingungen des Mittels
- Die allgemeinen Hinweise des Herstellers
- Die Sprühmenge, angegeben vom Hersteller und im Prüfzeugnis.

Eine zu große Menge kann die Abwitterung verzögern und die Griffigkeit herabsetzen.

Die Verwendung hell-pigmentierter Nachbehandlungsmittel ist zweckmäßig.

Mit Nachbehandlungsmittel besprühte Flächen dürfen erst betreten bzw. befahren werden, wenn hierdurch der Film nicht beschädigt wird bzw. die ausreichende Erhärtung des Betons nicht mehr wesentlich beeinflusst wird.

Soweit bei hohen Temperaturen erforderlich, ist die Deckenoberfläche zusätzlich nass zu halten.

6.3.4. Schutz gegen schnelle Abkühlung

Wenn ein durch hohe Tagestemperaturen und Hydrationswärme des Zementes stark aufgeheizter Beton zu Beginn der Erhärtungszeit – insbesondere in der ersten Nacht und am folgenden Morgen – durch Wärmeabstrahlung, kühle Luft und Verdunstungskälte an der Oberfläche stark abgekühlt wird, so können Risse entstehen. Um die Entstehung von Rissen möglichst zu vermeiden, ist die Oberfläche in solchen Fällen durch wärmedämmende Abdeckstoffe (z.B. Strohmatten) gegen rasches Abkühlen des jungen Betons zu schützen. Die wärmedämmende Schicht ist frühzeitig aufzubringen

Fortsetzung auf Seite 4

ZTV Beton 78

Fortsetzung von Seite 3

und muss mindestens bis zum nächsten Mittag bzw. bis zum Schneiden der Kerben belassen werden. Dies gilt sowohl für die Nassnachbehandlung als auch für die Nachbehandlung mit Schutzfilmen.

6.3.5. Imprägnierung

Bei im Herbst hergestellten Decken kann es

zweckmäßig sein, die Betonoberfläche gegen Tausalz Wirkung zu imprägnieren, wenn im darauf folgenden Winter Salz gestreut werden soll. Dabei ist das „Merkblatt für die Unterhaltung und Instandsetzung von Fahrbahndecken aus Beton (MIB) Teil: Imprägnierungen“ zu beachten.

6.3.6. Sperrfrist bis zur Verkehrsübergabe

Die Decke darf erst nach ausreichender Erhärtung für den Verkehr freigegeben werden. Der

Zeitpunkt der Freigabe ist von der erreichten Druckfestigkeit abhängig. Sie muß mindestens 70 % der geforderten Druckfestigkeit (Tabelle 3, Spalte 3) betragen. Liegt die Betondecke unmittelbar auf einer hydraulisch gebundenen Tragschicht nach TVT oder Bodenverfestigung nach TVV oder einer alten Betondecke, genügen 60 % der geforderten Druckfestigkeit.

Vor der Freigabe ist die Decke abzukehren.

ZTV Beton – StB 2006 (Entwurf)

3.3.1.7 Betonieren bei niedrigen Temperaturen
Muss bei Lufttemperaturen unter + 5 °C betoniert werden, sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen (siehe TL Beton-StB).

Schutzmaßnahmen sind stets vorzubereiten, wenn während der Betonierarbeiten niedrige Temperaturen zu erwarten sind. Ziel aller Maßnahmen muss sein, dass die Temperatur des Betons möglichst lange — mindestens in den ersten 3 Tagen seiner Erhärtung — nicht unter + 5 °C absinkt.

Die beim Einbau des Betons zu beachtenden Abhängigkeiten von der Lufttemperatur T_L und der Betontemperatur T_B sind in Tabelle 1 angegeben.

3.3.1.8 Betonieren bei hohen Temperaturen
Gegen hohe Frischbetontemperaturen sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen (siehe TL Beton-StB).

Wird bei Lufttemperaturen über + 25 °C gearbeitet, muss die Temperatur des Frischbetons an der Einbaustelle kontrolliert werden. Sie darf + 30 °C nicht überschreiten.

Die beim Einbau des Betons zu beachtenden Abhängigkeiten von der Lufttemperatur T_L und der Betontemperatur T_B sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 Grenzbereiche der Temperaturen für den Betoneinbau:

Betoneinbau	Luft- oder Betontemperatur
zulässig	$T_L \geq 5 \text{ °C}$ und $\leq 25 \text{ °C}$ $T_B \geq 5 \text{ °C}$ und $\leq 30 \text{ °C}$
nur mit besonderen Maßnahmen	$T_L < 5 \text{ °C}$ $T_L > 25 \text{ °C}$
unzulässig	Dauerfrost $T_L \leq -3 \text{ °C}$ $T_B < 5 \text{ °C}$ $T_B > 30 \text{ °C}$

3.3.3 Schutzmaßnahmen und Nachbehandlung
Der Beton darf während und nach der Herstellung der Decke eines besonderen Schutzes und einer sorgfältigen Nachbehandlung.

Schutzmaßnahmen nach der Herstellung der Decke können auch gleichzeitige Maßnahmen zur Nachbehandlung sein.

3.3.3.1 Schutzmaßnahmen

Der Beton ist beim Einbau und in den ersten 2

Stunden nach Fertigstellung der Decke vor Niederschlägen zu schützen. Dies kann auch durch Zelte oder andere geeignete Maßnahmen geschehen. Kommen derartige Maßnahmen nicht zum Einsatz, ist der Betoneinbau bei Niederschlag einzustellen.

Bei Lufttemperaturen über 25 °C ist die Decke unmittelbar nach dem Schneiden der Kerben/Fugen mindestens dreimal im Abstand von 2 bis 3 Stunden flächendeckend anzunässen. Die Decke darf in dieser Zeit nicht abtrocknen.

Risse können entstehen, wenn ein durch hohe Tagestemperaturen und Hydratationswärme des Zementes stark aufgeheizter Beton während der Erhärtung — insbesondere in der ersten Nacht und am folgenden Morgen — durch Wärmeabstrahlung, kühle Luft und Verdunstungskälte an der Oberfläche stark abgekühlt wird.

Die Gefahr des Aufheizens des Betons kann durch Anwendung eines Nachbehandlungsmittels mit erhöhtem Hellbezugswert (Weißwert) gemindert werden.

Ist ein sehr rasches Abkühlen des eingebauten Frischbetons zu erwarten, muss der Beton bis zum Schneiden der Kerben durch eine Wärme dämmende Abdeckung geschützt werden.

3.3.3.2 Nachbehandlung

Der Beton muss nachbehandelt werden.

Die Regelungen der DIN 1045-3 sind zu beachten.

Die Art der Nachbehandlung des Betons und ggf. die Art des Nachbehandlungsmittels sind in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

3.3.3.2.1 Nassnachbehandlung

Die Decke ist auf die Dauer von mindestens 3 Tagen auf der gesamten Oberfläche einschließlich der Seitenflächen ständig feucht zu halten. Der Beton ist flächendeckend zu besprühen; Dabei ist ein sehr rasches Abkühlen der Betonoberfläche zu vermeiden.

3.3.3.2.2 Aufbringen von Nachbehandlungsmitteln

Nach Erreichen des mattfeuchten Zustandes der fertiggestellten Oberfläche ist ein Nachbehandlungsmittel nach den TL NBM-StB gleichmäßig aufzubringen. Die aufzubringende Menge ist in Abhängigkeit vom verwendeten Nachbehandlungsmittel und der Oberflächentextur so festzulegen, dass beim Aufbringen ein geschlossener Film mit einem Sperrkoeffizienten S von mindestens 75 % erzielt wird.

Eine zu große Menge kann die Abwicklung des

Nachbehandlungsfilms verzögern und die Anfahrgriffigkeit der Betondecke herabsetzen.

In der Regel ist für einen Nachbehandlungsfilm mit ausreichendem Sperrkoeffizienten die an einer nach TL NBM-StB standardisierten Oberfläche ermittelte notwendige Auftragsmenge vorzusehen. Bei der Texturierung mit Stahlbesen oder Kunstrasen ist mindestens das 1,5-fache dieser Auftragsmenge vorzusehen.

Die Verwendung von Nachbehandlungsmitteln mit erhöhtem Hellbezugswert (Weißwert) VH-W oder VM-W bei starker Sonneneinstrahlung ist zweckmäßig.

Mit Nachbehandlungsmittel behandelte Flächen dürfen erst befahren werden, wenn eine dadurch mögliche Beschädigung des Nachbehandlungsfilms mit vorzeitigem Austrocknen des Betons nicht mehr zu befürchten ist.

Bei Lufttemperaturen über 30 °C, starker Sonneneinstrahlung, starker Windeinwirkung oder einer relativen Luftfeuchte unter 50 % muss die Decke stets nach Abtrocknung des Nachbehandlungsmittels zusätzlich nass nachbehandelt werden.

Wird als abschließende Texturierungsmaßnahme der Oberflächenmörtel einschließlich des geschlossenen Films aus Erstarrungsverzögerer und gegebenenfalls Nachbehandlungsmittel entfernt, ist unmittelbar wieder ein Nachbehandlungsmittel vom Typ VM in einfacher Auftragsmenge aufzubringen.

3.3.3.2.3 Abdecken mit Folien

Das Aufbringen von Folien ist nur in der kalten Jahreszeit zweckmäßig, da bei warmer Witterung ungünstige Temperaturgradienten entstehen können.

Die Oberflächenstruktur darf durch das Aufbringen der Folien nicht zerstört werden. Folien sind gegen das Verschieben und Abheben durch Windeinwirkung zu sichern.

Wird als abschließende Texturierungsmaßnahme der Oberflächenmörtel entfernt, kann als Alternative zu Abschnitt 3.3.3.2.2 ein Erstarrungsverzögerer und bis zum Zeitpunkt des Ausbüstens eine Folie zur Nachbehandlung aufgebracht werden.

3.3.3.2.4 Aufbringen Wasser haltender Abdeckungen

Nach dem Fertigstellen der endgültigen Oberfläche ist die Decke mit Wasser haltenden Abdeckungen, wie z.B. einem Jutetuch oder einem Vliesstoff, abzudecken. Die Abdeckungen sind mindestens 3 Tage lang feucht zu halten.

Einfluss der Nachbehandlung auf die Eigenschaften von Straßenbeton

Dipl.-Ing. Jürgen Huber
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Peter Schießl

1 Einleitung

Oberflächen von Betonfahrbahndecken werden durch Verkehr und Umwelt außerordentlich stark beansprucht. Um einen qualitativ hochwertigen Beton zu erhalten, müssen ausgewählte Rohstoffe in geeigneter Zusammensetzung sorgfältig verarbeitet werden.

Die Erzielung der gewünschten Eigenschaften des Betons im Randbereich ist nur durch eine ausreichende Nachbehandlung möglich. Besonders im Betonstraßenbau ist durch die im Vergleich zum Hochbau fehlende Schalungslagerung ein Schutz des frischen und jungen Betons vor einer Wasserverdunstung besonders wichtig. Durch das Austrocknen wird die Hydratation des Betons im Randbereich gestört bzw. verhindert und damit die Güte des Festbetons reduziert.

Wegen der einfachen Einbindung in den Herstellungsprozess werden in der Praxis für eine Nachbehandlung in der Regel flüssige filmbildende Nachbehandlungsmittel (NBM) auf Paraffinbasis nach TL NBM-StB 96 [1] verwendet, die kurz nach Deckenschluss auf den mattfeuchten Beton aufgebracht werden und den Wasserverlust größtenteils verhindern.

2 Problemstellung

In der aktuellen Prüfvorschrift TL NBM-StB 96 wird ein Sperrkoeffizient der verwendeten Nachbehandlungsmittel von 75 % gefor-

dert. Dieser Wert gibt unter gegebenen Randbedingungen an, um wie viel die Wasserverdunstung aus dem Beton durch den Einsatz eines Nachbehandlungsmittels reduziert wird.

Bezüglich der Nachbehandlung ergeben sich folgende grundsätzliche Fragestellungen:

- ▶ Welche Auswirkungen besitzt ein anfänglicher Wasserverlust auf die primären und sekundären Eigenschaften von Straßenbeton?
- ▶ Wie kann dieser Wasserverlust durch Nachbehandlungsmittel bzw. -verfahren beeinflusst und optimiert werden?
- ▶ Ist der geforderte Sperrkoeffizient von 75 % ausreichend bzw. als Kenngröße sinnvoll?
- ▶ Welche Verfahren sind geeignet, um die Wirkung der Nachbehandlung nachzuweisen?

3 Vorgehensweise

In einem vom BMVBW geförderten Forschungsvorhaben [2] und einer Diplomarbeit am Centrum Baustoffe und Materialprüfung (cbm) [3] wurden Untersuchungen zu den gegebenen Fragestellungen durchgeführt.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Nachweisverfahren zur Beurteilung der Wirksamkeit von Nachbehandlungsmitteln untersucht. Um eine Bewertung der Verfahren durchführen zu können,

wurden grundlegende Untersuchungen zur Wasserverdunstung und zum Auftragszeitpunkt von NBM einbezogen.

Um die Effekte der Nachbehandlung zu untersuchen, wurden im Wesentlichen die Festigkeit und die Gaspermeabilität des oberflächennahen Betons sowie der Wasserverlust des Betons geprüft. Zusätzlich wurde die Auswirkung auf die Griffbarkeit als sekundäre Eigenschaft des Betons bzw. der Textur betrachtet. Verwendet wurden soweit möglich Probekörper mit den Abmessungen $15 \cdot 15 \cdot 15 \text{ cm}^3$, die Betonrezeptur (350 kg/m^3 CEM I 32,5 R, $w/z = 0,45$) war stets dieselbe.

4 Grundlagen

4.1 Materialien

Flüssige filmbildende Nachbehandlungsmittel bestehen in der Regel aus Wasser, Paraffin und einem Emulgator. Der Anteil des für die Sprühfähigkeit benötigten Wassers beträgt etwa 80-90 M.-%. Oft sind diese Mittel weiß pigmentiert, um eine Kontrolle des Auftrags zu erleichtern und den Einfluss der Sonneneinstrahlung und einer damit verbundenen Erwärmung des Betons zu minimieren. Nach dem Verdunsten des Wassers verbleiben die Paraffinpartikel idealerweise als geschlossener Film auf der Betonoberfläche. Die übliche Auftragsmenge von NBM beträgt etwa 150 g pro m^2 . Der Auftragszeitpunkt wird nach Herstellerangaben mit dem Abtrocknen der Betonoberfläche, der so genannten Mattfeuchte, erreicht.

4.2 Technische Vorschriften

In dem bestehenden Prüfverfahren nach TL NBM 96 wird die Sperrwirkung eines Nachbehandlungsmittels festgestellt. Hierfür werden nach bestimmten Vorgaben bezüglich Zement, Gesteinskörnung, etc. je 3 unbehandelte und nachbehandelte Probekörper aus Beton hergestellt und im Klima 30 °C und 40 % r.F. gelagert. Nach dem ersten Mattfeuchtwerden der Oberflächen (nach etwa einer Stunde) wird eine Längstextur mittels eines Besens eingebracht. Bei erneutem Mattfeuchtwerden der Oberfläche wird das Nachbehandlungsmittel in vorgeschriebener Dosierung appliziert. Danach wird eine dauerelastische Randversiegelung zwischen Beton und Schalungsrand aufgebracht. Anschließend erfolgt die erste Gewichtsbestimmung (Nullmessung). Nach 1, 3 und 7 Tagen wird der Masseverlust der nachbehandelten und nicht-nachbehandelten Probekörper bestimmt, gemittelt und ins Verhältnis gesetzt. Dies ergibt die Sperrkoeffizienten S_n , siehe (1).

(1)

$$S_n = \frac{W_{un} - W_{bn}}{W_{un}} \cdot 100$$

(mit $n = 1, 3, 7$)

S_n Sperrkoeffizient zum Zeitpunkt n Tage (in %)

W_{un} mittlerer Wasserverlust der unbehandelten Proben

W_{bn} mittlerer Wasserverlust der nachbehandelten Proben

Der Sperrkoeffizient S wird durch Bildung des arithmetischen Mittels der Sperrkoeffizienten S_n ermittelt, siehe (2).

(2)

$$S = \frac{S_1 + S_3 + S_7}{3}$$

Der Wasserverlust des Nachbehandlungsmittels und der Randversiegelung wird gesondert ermittelt und stets bei der Berechnung berücksichtigt.

5 Wasserverdunstung aus Beton

5.1 Ohne Nachbehandlung

Betrachtet man die Verdunstung des Anmachwassers, hier in Abbildung 1, über die freie unbehandelte Oberseite eines eingeschalteten Würfels ($a = 15$ cm), lässt sich feststellen, dass der Wasserverlust maßgeblich in sehr jungem Alter stattfindet.

Ab einem Betonalter von etwa 24 bis 36 Stunden nach Wasserzugabe reduziert sich die Verdunstung auf ein sehr niedriges Niveau. Als Grund für diesen Verlauf kann der Übergang von einer Suspension (Frischbeton) zu einem porösen Feststoff mit Kapillarleitung (Festbeton) angesehen werden. Anfangs kann an der Oberfläche verdunstetes Wasser sofort nachgeliefert werden, später gelingt der Nachtransport nur durch das Kapillarporensystem aus tiefer liegenden Bereichen des Betons, die Verdunstungsgeschwindigkeit reduziert sich kontinuierlich. Nach 24 Stunden ist bereits etwa 80 % des Gesamtwasserverlustes nach 7 Tagen erreicht.

Abbildung 1: relative Luftfeuchte über der freien Oberfläche und relativer Masseverlust (M.-% / h) eines Probekörpers (Würfel, $a = 15$ cm) aus Beton ($w/z = 0,45$) ab Herstellung bei Lagerung im Klima 20 °C und 65 % r. F.

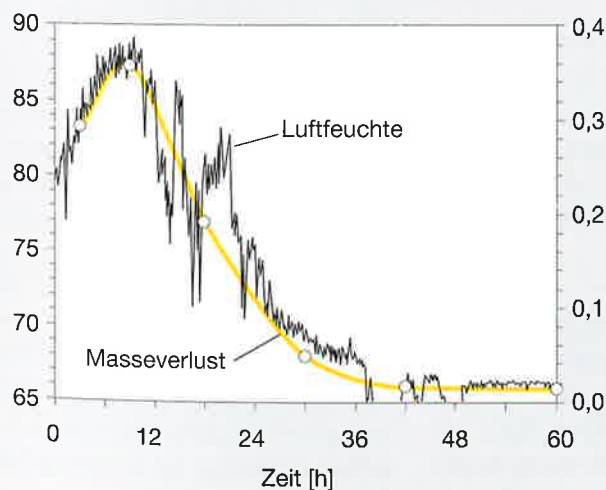
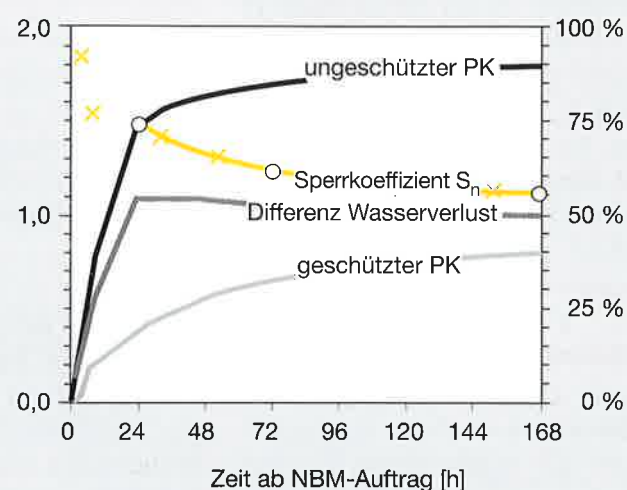


Abbildung 2: absoluter und relativer Masseverlust von behandelten (geschützten) und unbehandelten (ungeschützten) Proben, Einzelwerte des Sperrkoeffizienten nach TL NBM



5.2 Mit Nachbehandlungsmittel

5.2.1 Allgemein

Im Vergleich zu nicht nachbehandelten Oberflächen verliert Beton mit nachbehandelten Oberflächen (NBM) relativ gesehen ab dem Zeitpunkt 24h sogar mehr Wasser, s. Abbildung 2. Dies ist auch der Hauptgrund, weshalb der Sperrkoeffizient bzw. dessen Einzelwerte kontinuierlich abnehmen.

In den ersten Stunden nach dem NBM-Auftrag wird das im NBM enthaltene Wasser vom Beton teilweise adsorbiert. Aus diesem Grund sind hier Sperrkoeffizienten $> 100\%$ möglich.

Bei der abschließenden Analyse der Untersuchungsergebnisse stellte sich heraus, dass der absolute Wasserverlust nach 24 Stunden sehr gut zur Bewertung der Nachbehandlung im Hinblick auf die Festbetoneigenschaften geeignet ist.

5.2.2 Zeitpunkt des NBM-Auftrags

Ein paraffinhaltiges Nachbehandlungsmittel soll auf die Betonoberfläche aufgebracht werden, sobald diese „mattfeucht“ erscheint. Abbildung 3 zeigt den Wasserverlust aus Betonproben, die nicht bzw. zu unterschiedlichen Zeitpunkten (1 h, 2h, etc. nach Besenstrich) mit demselben NBM nachbehandelt wurden.

Bei einer frühen Applikation (vor der Mattfeuchte) befindet sich noch Feuchtigkeit auf der Oberfläche und die Wachsschicht kann sich nicht optimal ausbilden. Das NBM wirkt hier schlecht, aber bereits ab einem frühen Zeitpunkt. Bei einem späten Auftrag wirkt das Nachbehandlungsmittel sehr gut, es ist aber bereits viel Wasser aus dem Beton verdunstet. Die TL NBM berücksichtigt diese Tatsache nicht. Hier wird die Wasserverdunstung frühestens ab NBM-Auftrag bestimmt. Aus den dargestellten Ergebnissen lässt sich ersehen, dass der optimale Zeitpunkt für den Auftrag – bestimmt aus dem minimalen absoluten Wasserverlust nach 24 h – zwischen zwei und vier Stunden nach der Texturierung, welche eine Stunde nach Herstellung erfolgte, liegt.

Problematisch erweist sich die Angabe der „Mattfeuchte“ als optimaler Auftragszeitpunkt eines NBM, da dieser Zeitpunkt nur subjektiv feststellbar ist.

5.2.3 Lackmuspapiertest

Eine Möglichkeit, diesen Zeitpunkt der Mattfeuchte objektiv festzustellen, ist die Verwendung eines Lackmuspapiers. Hierbei wird die saugende Wirkung des Papiers und der Farbumschlag bei hohen pH-Werten genutzt. Man stellt hierzu

in gewissen Zeitabständen für eine bestimmte Dauer einen Streifen eines Lackmuspapiers auf die Betonoberfläche und bestimmt durch die Reaktion des Papiers mit dem alkalischen Wasser auf dem Beton, ob sich noch Feuchtigkeit darauf befindet, s. Abbildung 4. Die Untersuchungen zeigten eine deutliche Abhängigkeit der Festbetoneigenschaften vom Auftragszeitpunkt des NBM. In Abbildung 4 ist die Gaspermeabilität und die Fläche der benetzten Lackmuspapierfläche in Abhängigkeit des NBM-Auftrags dargestellt.

Es zeigte sich, dass mit der Bestimmung des optimalen Auftragszeitpunktes durch den Lackmuspapier-test die Festbetoneigenschaften verbessert werden konnten.

5.3 weitere Nachbehandlungsmaßnahmen

Um die Wirkung von Nachbehandlungsmitteln bezüglich anderer Verfahren beurteilen zu können, wurde eine Probekörperserie hergestellt, deren Oberfläche jeweils unterschiedlich lange mittels einer Folie dampfdicht abgeklebt war, s. Abbildung 5. Durch die Konservierung des Anmachwassers stellt dieses Verfahren eine quasi-ideale Nachbehandlung dar.

Wie erwartet zeigte sich, dass sich mit zunehmender Dauer der Folienlagerung der Wasserverlust verringerte. Zudem zeigte sich auch hier ein Zusammenhang zwischen Wasserverlust nach 24 h und den Festbetoneigenschaften, s. Kapitel 7.

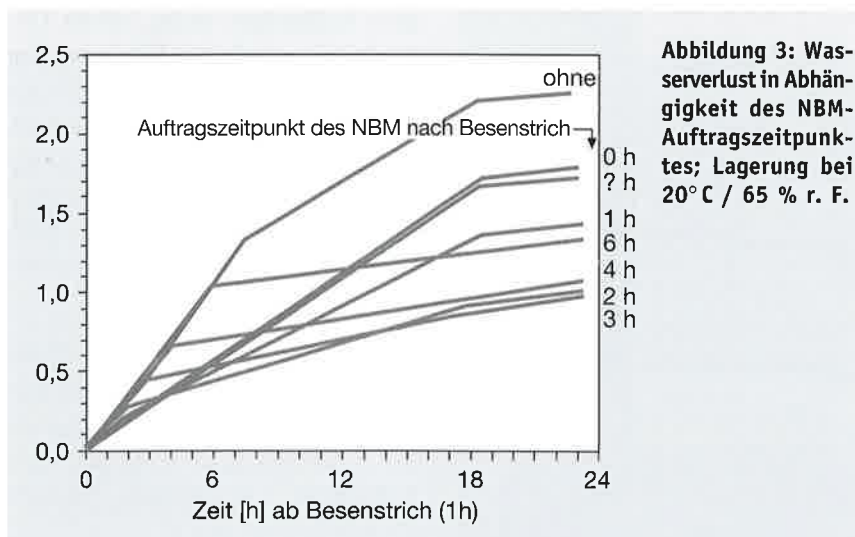


Abbildung 3: Wasserverlust in Abhängigkeit des NBM-Auftragszeitpunktes; Lagerung bei 20°C / 65% r. F.

6 Nachweisverfahren

6.1 Allgemeines

Um die Wirkung der Nachbehandlung auf den Straßenbeton beurteilen zu können, wurden unter anderem folgende Verfahren untersucht:

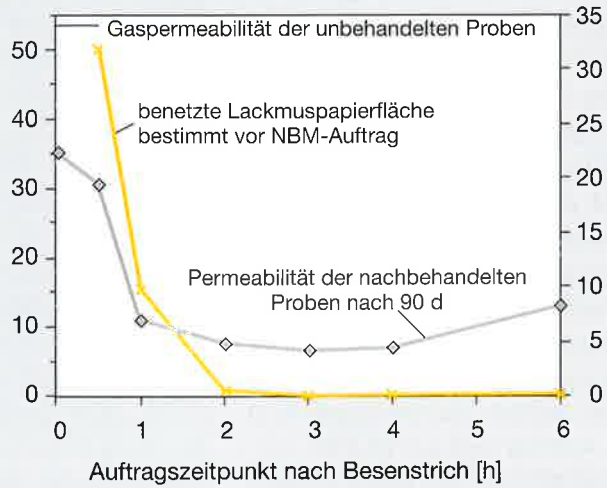
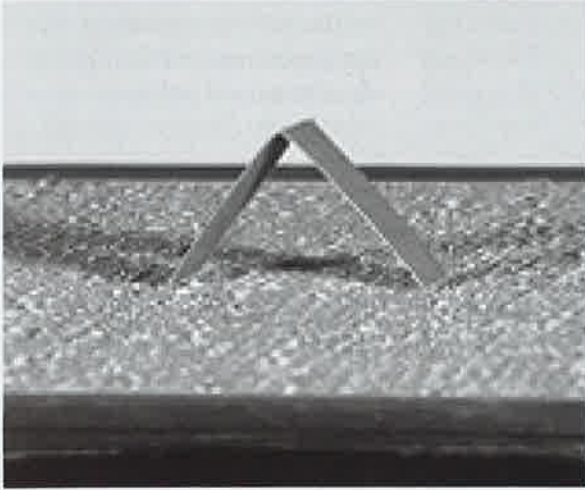


Abbildung 4: Lackmuspapierertest; Papierstreifen (li.) und Zusammenhang Gaspermeabilität des Betons – benetzte Papierfläche (re.)

- Gaspermeabilitätsmessung nach Torrent
- Kapillares Saugen nach Karstens
- Biegezugfestigkeitsbestimmung „topside down“
- Druckfestigkeitsbestimmung an Würfeln
- Elast. Materialerhalten mittels Rückprallhammer nach Schmidt
- Leitfähigkeitsmessung mittels Multi-Ring-Elektroden
- Griffigkeit mittels SRT-Pendel

Im Verlauf der Untersuchungen stellte sich heraus, dass zur Bestimmung des Kapillarporenraumes das kapillare Saugen nach Karstens ebenso geeignet ist wie die Permeabilitätsmessung nach Torrent, jedoch durch die Veränderung der Probekörperfeuchte und die lange Versuchsdauer das Gaspermeabilitätsverfahren praktikabler ist.

6.2 Biegezugfestigkeit

Für die Bestimmung der Biegezugfestigkeit wurden Balken mit den

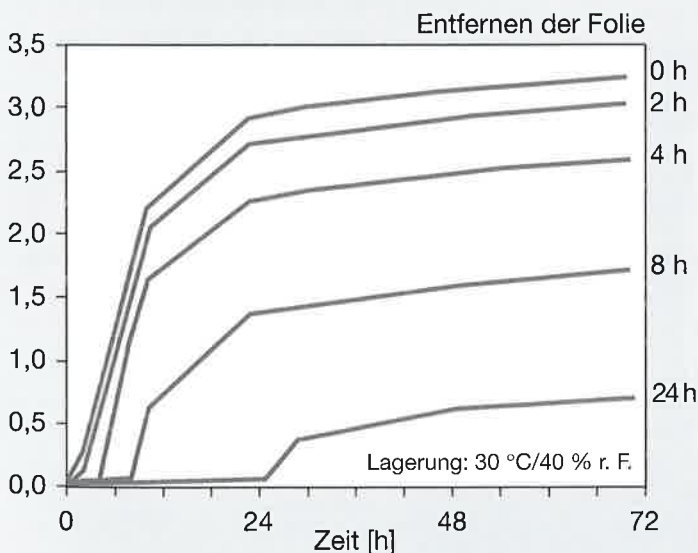
Abmessungen $15 \cdot 15 \cdot 70 \text{ cm}^3$ verwendet, die während der Lagerung im Konstantklima (20/65) nur auf der Oberseite austrocknen konnten. Für die Prüfung wurden diese nach 28 Tagen ausgeschalt und mit der austrocknenden Seite nach unten (Zugseite) in die Prüfmaschine eingebracht.

6.3 Gaspermeabilität

Bei der Bestimmung der Gaspermeabilität mit dem Verfahren nach Torrent wird eine Vakuumblocke bestehend aus einer inneren und einer äußeren Kammer auf die Betonoberfläche aufgebracht. Die äußere Kammer dient zur Sicherung von stationären Verhältnissen der inneren Kammer, in der die eigentliche Messung stattfindet. Nach dem Aufbringen eines hohen Unterdrucks wird der Druckanstieg durch Nachströmen von Luft aus dem Beton innerhalb einer bestimmten Zeit gemessen. Als Ergebnis erhält man den Permeabilitätskoeffizienten $kT [10^{-16} \text{m}^2]$, der als Maß für die Porosität des Betons herangezogen werden kann.

Vor der Prüfung wurden sämtliche Probekörper bis zur Massekonstanz in einem Vakuumofen getrocknet, um einen Einfluss des in den Kapillaren vorhandenen Wassers zu eliminieren.

Abbildung 5: Einfluss von unterschiedlich langer konservierender Lagerung auf den Wasserverlust; Lagerung bei 30°C und $40\% \text{ r. F.}$; zeitlicher Verlauf



6.4 Griffigkeit

Die Griffigkeit des Betons wurde im Ausgangszustand nach 28 Tagen und anschließender Beanspruchung der Oberfläche durch ein Laborprüfverfahren mittels des SRT-Pendels getestet. Die Beanspruchung der Oberfläche besteht aus lösenden, mechanischen und physikalischen Einwirkungen, die die Praxisbedingungen, denen eine Betonfahrbahndecke unterliegt, zeitraffend simulieren, s. Abbildung 6.

7 Festbetoneigenschaften

7.1 Allgemeines

Als Kennwert für die Effektivität der Nachbehandlung wird der absolute Wasserverlust nach 24 Stunden verwendet. Als Gradmesser für die Güte der Nachbehandlung wird der Permeabilitätskoeffizient k_T herangezogen, der die „Dichtigkeit“ des Betons und damit die Güte der Hydratation widerspiegelt. Zusätzlich wird die Wirkung der Nachbehandlung auf den praxisrelevanten Kennwert der Biegezugfestigkeit bezogen.

7.2 Auftragszeitpunkt NBM

In Abbildung 7 ist die Abhängigkeit des Wasserverlustes nach 24 Stunden und der Gaspermeabilität vom Zeitpunkt des Auftrags eines NBM dargestellt.

Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Wasserverlust nach 24 Stunden und der Güte des Festbetons, hier der Gaspermeabilität. Wird ein NBM demnach – wie in der Praxis üblich – zu früh appliziert (0 h, $\frac{1}{2}$ h nach Besenstrich) wird nicht einmal 50 % der Wirkung verglichen mit einem optimalen Auftragszeitpunkt erzielt. Im Vergleich hierzu empfiehlt sich sogar ein sehr später NBM-Auftrag.

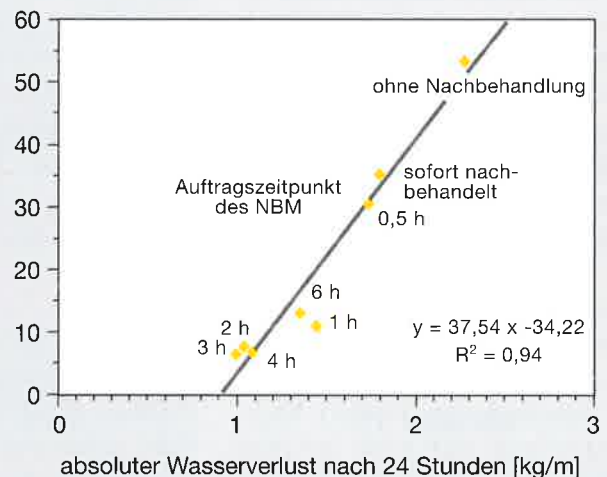
7.3 Art des NBM

Im Rahmen der Untersuchungen wurden unterschiedliche NBM auf

ten Nachbehandlungsmittel in Bezug auf fehlende Nachbehandlung (Pessimum) bzw. Unterwasserlagerung (Optimum).

Auch hier zeigte sich ein direkter Zusammenhang zwischen dem Wasserverlust nach 24 Stunden und der Gaspermeabilität. Einen größeren Einfluss als die Wirksamkeit der Mittel untereinander (20 °C NBM bzw. 30 °C NBM) zeigten die Umgebungsbedingungen. Nachbehandelte Oberflächen lagen in ihrer Dichtigkeit in etwa zwischen nicht-behandelten Oberflächen und ide-

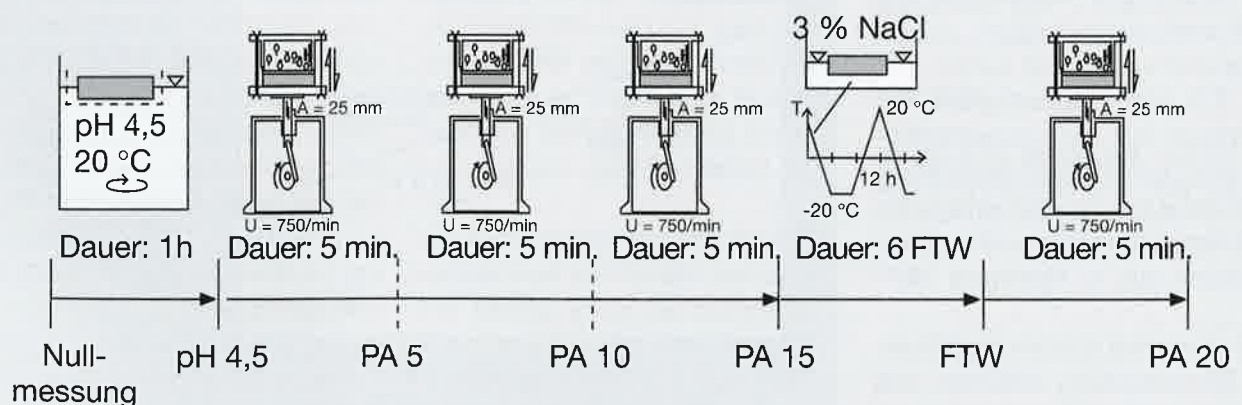
Abbildung 7: Gaspermeabilität und Wasserverlust nach 24 h in Abhängigkeit des Auftragszeitpunktes eines NBM



Paraffinbasis und eine Kunstharzlösung eingesetzt. Die Lagerung erfolgte bei 20 °C / 65 % r. F. und bei 30 °C / 40 % r. F.. Abbildung 8 zeigt die Wirkung der eingesetz-

al (hier: Wasserlagerung) nachbehandelten Betonen. Die im Klima 30/40 gelagerten Proben erreichten die Betongüte von nicht-nachbehandelten Betonen im Klima 20/65.

Abbildung 6: Beanspruchung der Betonoberfläche [4]



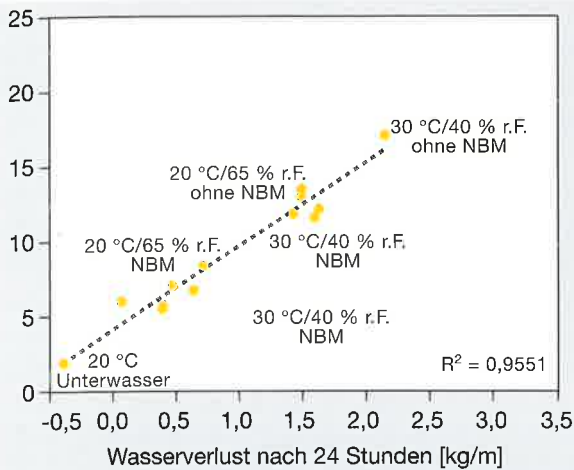


Abbildung 8: Gaspermeabilität und Wasserverlust nach 24 h in Abhängigkeit der Nachbehandlung und Lagerung

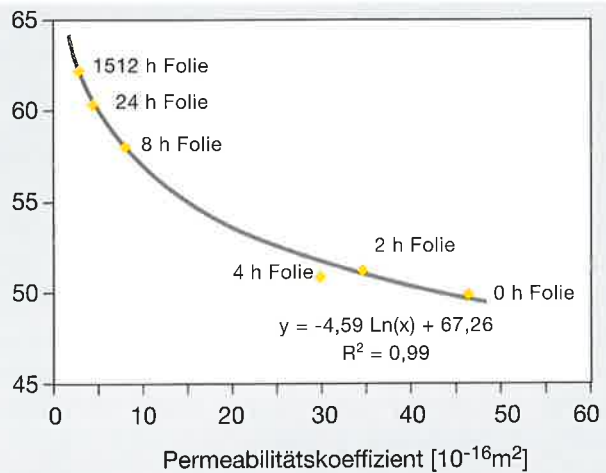


Abbildung 9: Zusammenhang Würfeldruckfestigkeit ($a = 15 \text{ cm}$) und Permeabilitätskoeffizient in Abhängigkeit der idealen Nachbehandlung einer Oberfläche

7.4 weitere Nachbehandlungsmaßnahmen

In Abbildung 9 ist die Wirkung einer konservierenden Lagerung dargestellt. Zusätzlich zum Permeabilitätskoeffizienten wurde hier die Druckfestigkeit der Probewürfel bestimmt.

Neben dem Zusammenhang zwischen Festigkeit und Permeabilität lässt sich erkennen, dass sich mit zunehmender (idealer) Nachbehandlung nur noch geringe Steigerungen der Betonqualität erreichen lassen. Es erscheint ausreichend, für max. 24 Stunden eine Nachbehandlungsmaßnahme durchzuführen – vorausgesetzt, diese ist für das Bauteil geeignet und wirksam. Verglichen mit den Gaspermeabilitätskoeffizienten erreichte die Güte der mit Nachbehandlungsmitteln erreichten Wassersperrung in etwa einer vier- bis achtstündigen Folienlagerung (hier nicht dargestellt).

7.5 Biegezugfestigkeit

Gleichsam mit der Gaspermeabilität wirkt sich die Nachbehandlung auch auf die – im Straßenbau sehr wichtige Kenngröße – Biegezugfestigkeit aus, s. Abbildung 10.

Auch hier zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Wasserverlust nach 24 h und der

ermittelten Festigkeit. Die im Klima 30/40 gelagerten nachbehandelten Proben erreichten dieselben Eigenschaften wie die nicht-nachbehandelten Proben im Klima 20/65. Die ermittelten Festigkeiten lagen zwischen $6,4 \text{ N/mm}^2$ (20 °C, Wasserlagerung) bis $3,3 \text{ N/mm}^2$ (30 °C ohne NB).

7.6 sekundäre Eigenschaften

Bezüglich der Textur besitzen NBM Einfluss durch den Auftragsvorgang selbst und die Wirkung hinsichtlich der Qualität des oberflächennahen Betons.

Wird ein NBM sehr früh auf die noch frische Betonoberfläche aufgebracht, kann es durch den Flüssigkeitsauftrag zu einer Verwaschung der Ausgangstextur kommen. Als Einflussparameter kom-

men der Sprühdruk und die Auftragsmenge sowie die Konsistenz des Frischbetons auf der Oberfläche in Frage. Dieser Fragestellung wurde bei den hier vorgestellten Untersuchungen nicht nachgegangen. Es ist jedoch bei einem frühzeitigen Auftrag davon auszugehen, dass die üblicherweise mittels Jutetuch eingebrachte Textur verändert und nicht mehr dieselben Eigenschaften aufweist wie die unveränderte Textur.

Hinsichtlich der Griffigkeit der Textur des Betons im erhärteten Zustand konnte weder vor noch nach der Laborbeanspruchung ein Zusammenhang zum jeweilig verwendeten NBM bestimmt werden. Neben der Griffigkeit wurden in den durchgeführten Untersuchungen auch die mittlere Rautiefe und der

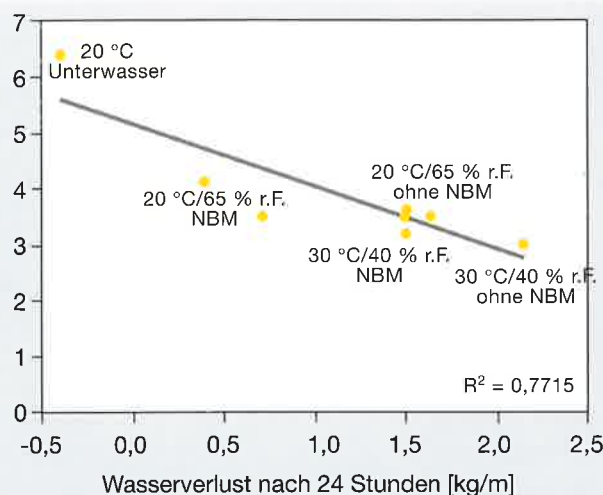


Abbildung 10: Zusammenhang Biegezugfestigkeit (Balken $15 \cdot 15 \cdot 70 \text{ cm}^3$) und Wasserverlust nach 24 h in Abhängigkeit der Lagerung und verwendeten NBM

Masseverlust nach den einzelnen Beanspruchungen betrachtet.

8 Ausblick

Der Lackmuspapiertest wurde inzwischen weiter optimiert. Es werden nun die Papierstreifen für je zwei Minuten ringförmig auf die (texturierte) Betonoberfläche gelegt und mit einem Gewicht beschwert um einen festen und gleichmäßigen Kontrakt herzustellen, s. Abbildung 11.

Dieses Verfahren ist also geeignet, den optimalen Auftragszeitpunkt eines Nachbehandlungsmittels auf eine Betonoberfläche zu bestimmen.

9 Zusammenfassung

Um den Einfluss der Nachbehandlung auf die Eigenschaften von Straßenbeton zu bewerten, wurden grundlegende Untersuchungen zur Verdunstung von Wasser aus Beton durchgeführt.

Es zeigte sich, dass bei der verwendeten Betonzusammensetzung (Standard-Straßenbeton) der absolute Wasserverlust nach 24 Stunden ausreichend und besser geeignet ist als der in der TL NBM angegebene Sperrkoeffizient, um die Wirkung von Nachbehandlungsverfahren zu quantifizieren.

Der optimale Auftragszeitpunkt von Nachbehandlungsmitteln ist für deren Wirkung von entscheidender Bedeutung. Um diesen objektiv bestimmen zu können, wurde ein neues einfaches Prüfverfahren, der Lackmuspapiertest, vorgestellt. Mit Hilfe dieses Tests kann z.B. der Abstand zwischen Fertiger und Nachlaufbühne (Nachbehandlung) bestimmt werden. In der Praxis ist dieser meist zu gering gewählt, um die optimale Wirkung des verwendeten NBM zu erhalten.

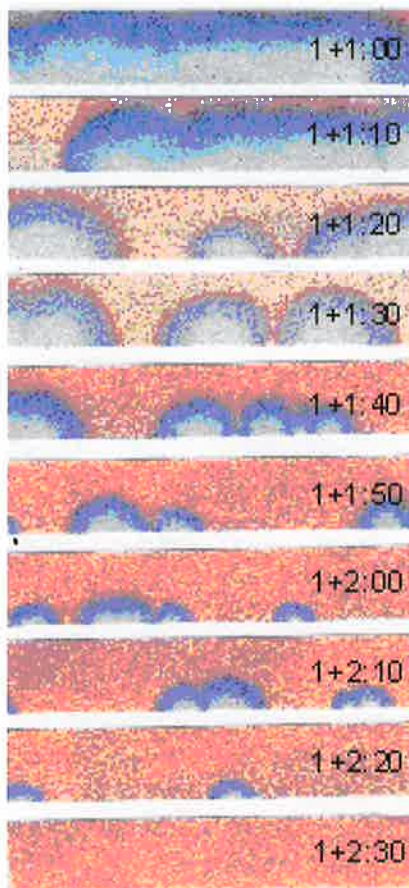


Abbildung 11: Verbesserter Lackmuspapiertest und Streifen zur Ermittlung des optimalen Auftragszeitpunktes (Besenstrich 1h + Testzeitpunkt)

Der Nachweis der Güte der Nachbehandlung erfolgt mittels der Gaspermeabilitätsmessung nach Torrent. Hierfür muss der Beton aber zwingend in trockenem Zustand vorliegen um den Einfluss des Kapillarwassers auszuschließen.

Die Wirkung der verwendeten NBM unterschied sich in den Versuchen nur gering, einen deutlichen Einfluss besaßen die Umgebungsbedingungen.

In vergleichenden Versuchen mit einer konservierenden Lagerung zeigte sich, dass NBM eine ähnliche Betongüte bewirken, wie eine ideale Nachbehandlung für vier bis acht Stunden. Eine ideale Nachbehandlung über 24 Stunden hinaus bewirkt keine nennenswerten Vorteile.

In den Untersuchungen konnte ein deutlicher Einfluss der Nachbehandlung auf die Festbetoneigenschaften wie zum Beispiel die Biegezugfestigkeit nachgewiesen werden, bezüglich der Griffbarkeit ergab sich kein direkter Zusammenhang.

10 Förderhinweis

Diesem Bericht liegen Teile der im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen, unter FE-Nr. 08.166 durchgeführten Forschungsarbeit zugrunde.

11 Literatur

[1] TL NBM-StB 96: Technische Lieferbedingungen für flüssige Beton-Nachbehandlungsmittel, Ausgabe 1996; FGSV-Verlag GmbH, Köln, Dezember 1996

[2] Schießl, P., Huber, J.: FE 08.166/2001/LGB: Nachweisverfahren zur Beurteilung der Wirksamkeit von Nachbehandlungsmitteln (NBM); Forschungsbericht, TU München, Centrum Baustoffe und Materialprüfung, 2004

[3] Czerner, Chr.: Beurteilung der Wirksamkeit von NBM – Untersuchung der Nachweisverfahren; Diplomarbeit; TU München, Centrum Baustoffe und Materialprüfung; 2005

[4] Wenzl, P., Beckhaus K., Schießl, P.: Oberflächendauerhaftigkeit: Heft 902 der Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, BMVBW, Oktober 2004

Autobahnzubringer S1 Leipzig-Nord unter Verkehr

Seit Dezember 2005 liegt der neue Autobahnzubringer S1 zur Auffahrt auf die BAB A14 Leipzig-Nord unter Verkehr. Unmittelbar anschließend an die BAB A14 wurde die Straße auf 2,4 km Länge und einer Breite von 7,50 m in jeder Fahrtrichtung erneuert.

Zur Ausführung kam die Betonbauweise für die Bauklasse SV. Auf Schottertragschicht wurde eine



30 cm dicke Betondecke angeordnet. Die Oberfläche erhielt eine Längstexturierung mit einem Jute Tuch. Die Quertugen wur-

den mit einem elastischen Fugenband und die Längsfugen mit einer bituminösen Fugenmasse abgedichtet.

Nach einer Bauzeit von April bis November 2005 wurde damit die direkte Zufahrt zum Zentrum von Leipzig merklich verbessert.

Internationales Betonstraßen - Symposium 2006

Der Belgische Zementverband FEBELCEM, die Europäische Zementvereinigung CEMBUREAU und der Weltstraßenverband AIPCR/PIARC laden zum 10. Internationalen Betonstraßen-Symposium vom 18. bis 22. September 2006 nach Brüssel ein. Das Symposium steht ganz im Zeichen des Austausches von Kenntnissen

und Erfahrungen. Hauptthemen der Plenarsitzungen sind: Betonstraßen und nachhaltige Entwicklung, kommunale Verkehrsflächen und ländliche Straßen sowie spezielle Anwendungen wie Flugbetriebsflächen, intelligente Verkehrswege und innovative Bauverfahren. Dazu wurden mehr als 120 Beiträge aus 30

Ländern angenommen. Ein wesentlicher Kern des Symposiums sind Fachbesichtigungen. Dafür sind an zwei der vier Symposiumstage jeweils sieben technische Touren in ganz Belgien vorgesehen. Sie zeigen Straßenbaustellen und die breite Anwendung der Betonbauweise. Das Sekretariat für das Symposium ist bei

FEBELCEM, Voltastraat 8, 1050 Brussel, Belgien, E-mail: l.rens@febelcem.be und s.bruyninckx@febelcem.be. Die letzte Einladung liegt gedruckt in Englisch vor. Fassungen in anderen Sprachen, auch in Deutsch, können im Internet unter www.concreteroads2006.org eingesehen werden.

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: 0211/436926-0
Fax: 0211/436926-750
e-mail: eifert@bdzement.de
klaus.boehme@f-kirchhoff.de

Herstellung
Werbedruck GmbH
Horst Schreckhase
Dörnbach 22
34286 Spangenberg