

# Bestimmung des optimalen Auftragszeitpunktes von Nachbehandlungsmitteln (NBM)

Wissenschaftlicher Kurzbericht Nr. 2 (2005)

Dipl.-Ing. Jürgen Huber; Dipl.-Ing. Chr. Czerner

Arbeitsgruppe 2: Beton

## 1 Einleitung

Frühzeitiger Wasserverlust führt in oberflächennahen Schichten des Betons zu einer Beeinträchtigung der Hydratation. Diese hat eine höhere Porosität verbunden mit einer geringeren Festigkeit und Dichtigkeit des Betons zur Folge. Beide Faktoren mindern die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit eines Bauteils vor allem in der Randzone. Besonders im Hinblick auf die Texturbeständigkeit (Straßenbau) und der Korrosion (Hochbau) spielt dies eine entscheidende Rolle. Die Hauptaufgabe der Nachbehandlung besteht darin, den jungen Beton vor einem Verlust des Anmachwassers zu schützen. Bei ungeschalteten Flächen erfolgt dies in der Regel durch flüssige filmbildende Nachbehandlungsmittel (NBM) auf Paraffinbasis.

In der aktuellen Prüfvorschrift für Nachbehandlungsmittel, den TL NBM-StB 96 [1], wird der sog. „Sperrkoeffizient“ bestimmt, welcher die Sperrwirkung eines NBM bezüglich des Wasserverlustes beschreibt und der einen bestimmten Wert erreichen muss.

Bisher ungeklärt ist, inwiefern dieser Kennwert ausreicht, um die Qualität der Nachbehandlung hinsichtlich der resultierenden Festbetoneigenschaften zu beschreiben. Zudem zeigte sich während der Versuche ein signifikanter Einfluss des Auftragszeitpunktes eines NBM auf dessen Wirksamkeit. Dieser Aspekt wurde gesondert untersucht und wird im Folgenden hier dargestellt.

## 2 Untersuchung

Für den Beton wurde ein CEM I 32,5 R und eine Sieblinie im Bereich B 16 verwendet. Der Zementgehalt betrug  $350 \text{ kg/m}^3$ , der w/z-Wert 0,45. Die Untersuchungen fanden an Würfeln mit 15 cm Kantenlänge, die nur an der (texturierten) Oberseite austrocknen konnten, statt. Als NBM wurde ein handelsübliches Produkt auf Paraffinbasis verwendet. Die Lagerung erfolgte im Klima  $30^\circ\text{C} / 40\% \text{ r.F.}$ . Der Besenstrich erfolgte ent-

sprechend der Prüfvorschrift eine Stunde nach Herstellung der Probekörper.

Um die Wirkung der Nachbehandlung beurteilen zu können, wurde zur Bestimmung der Porosität des Betons über dessen Durchlässigkeit das Permeabilitätsmessverfahren nach Torrent verwendet. Bei diesem Verfahren wird über die Oberfläche mittels einer Saugglocke ein Unterdruck im Kapillarporenraum erzeugt und über die Dauer eines bestimmten Druckanstieges auf die Permeabilität gegenüber Luft geschlossen, was als Permeabilitätskoeffizient  $k_T$  wiedergegeben wird. Vor der Prüfung wurden die Proben bis zur Messekonstanz getrocknet.

## 3 Problemstellung

Bei der Herstellung und Konditionierung der Proben wurde festgestellt, dass die Wirkung des NBM signifikant vom Auftragszeitpunkt abhängt, s. Abbildung 1.

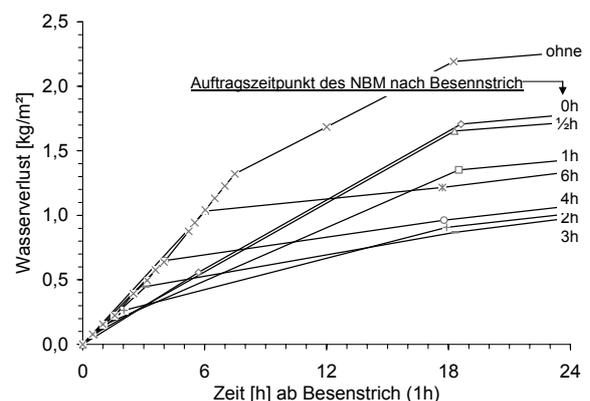


Abbildung 1: Wasserverlust in Abhängigkeit des NBM-Auftragszeitpunktes

Nachbehandlungsmittel sind nach Herstellerangaben jeweils zum Zeitpunkt der Mattfeuchte auf die jeweilige Oberfläche aufzutragen. Da dieser Zeitpunkt nur subjektiv festzustellen ist, muss ein objektives Kriterium für die Wahl des Auftragszeitpunktes geschaffen werden.

## 4 Lösung

Zum Zeitpunkt der Mattfeuchte befindet sich gerade keine Feuchtigkeit mehr auf der Betonoberfläche. Ein aufgetragenes NBM erreicht hier seine höchste Wirksamkeit und wird noch frühzeitig genug aufgetragen, um den hohen Wasserverlust in jungem Alter zu behindern, s. Abbildung 1.

Um diesen Zeitpunkt objektiv zu bestimmen, wurde der Lackmuspapier-Test entwickelt. Rotes Lackmuspapier verfärbt sich bei hohen pH-Werten blau und kann somit ein Aufsaugen des alkalischen Wassers aus dem Beton deutlich anzeigen. Wird jeweils ein Streifen Lackmuspapier in zeitlichen Abständen auf die Betonoberfläche gesetzt (s. Abbildung 2), kann der Zeitpunkt des Abtrocknens einfach bestimmt werden.

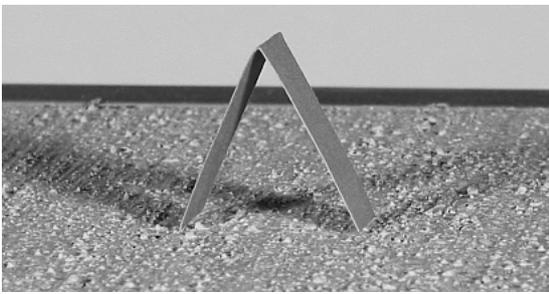


Abbildung 2: Lackmuspapier-Test

In Abbildung 3 ist der Zusammenhang zwischen der verfärbten Lackmuspapierfläche und der Gaspermeabilität als Maß für die wirksame Porosität des Betons dargestellt.

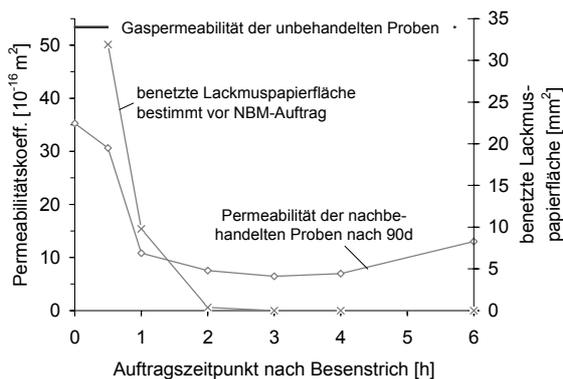


Abbildung 3: Benetzte Lackmuspapierfläche zum Zeitpunkt des NBM-Auftrags und Permeabilitätskoeffizient der getrockneten Proben nach 90d

Es zeigte sich ein direkter Zusammenhang zwischen der Oberflächenfeuchte (Lackmuspapier-test), dem Wasserverlust nach 24 h (s. Abbildung 1) und der Porosität des oberflächennahen Betons nach 90d. Als optimaler Auftragszeitpunkt kann hier somit der Zeitraum zwischen zwei und

vier Stunden nach Besenstrich, welcher nach einer Stunde erfolgte, angesehen werden. Vor diesem Zeitraum ist die Wirkung des NBM auf dem Wasserfilm gering, später ist bereits vor dem NBM-Auftrag viel Wasser verdunstet. Beides wirkt sich negativ auf die Dichtigkeit des Betons aus.

Die Berechnung des Sperrkoeffizienten in Anlehnung an [1] zeigt tendenziell das selbe Ergebnis. Dies gilt allerdings nur, wenn abweichend von der Prüfvorschrift, die den Wasserverlust zwischen Besenstrich und NBM-Auftrag (Zeitraum zwischen zwei „Mattfeuchten“) vernachlässigt, als Bezugspunkt für die Berechnung der Zeitpunkt des Besenstrichs gewählt wird, wodurch auch geringere Sperrkoeffizienten erhalten werden, s. Abbildung 4.

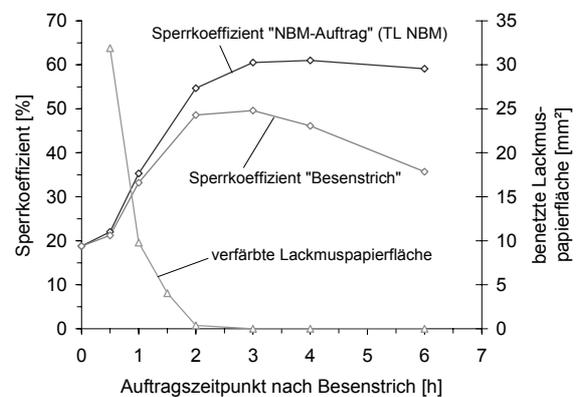


Abbildung 4: Lackmuspapierfläche und Sperrkoeffizient

## 5 Zusammenfassung

Mit dem Lackmuspapier-test wurde ein einfaches und objektives Verfahren zur Ermittlung des optimalen Auftragszeitpunktes von flüssigen Beton-Nachbehandlungsmitteln auf frische Betonoberflächen entwickelt. Die Wirkung der optimierten Nachbehandlung wurde über die Permeabilität des Festbetons mit Hilfe des Permeabilitätsmessverfahrens nach Torrent nachgewiesen. Zudem wurde festgestellt, dass der absolute Wasserverlust nach 24 h ein geeigneter Kennwert zur Bestimmung der Güte der Nachbehandlung ist. Die Berechnung des Sperrkoeffizienten nach TL NBM StB liefert bei korrigiertem Bezugszeitpunkt (Besenstrich) entsprechende Ergebnisse.

## 6 Literatur

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