Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 67 (1999)
Heft: 10

Artikel: Nachbehandlung von Betonen
Autor: Egmond, Bram van / Hermann, Kurt
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153853

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

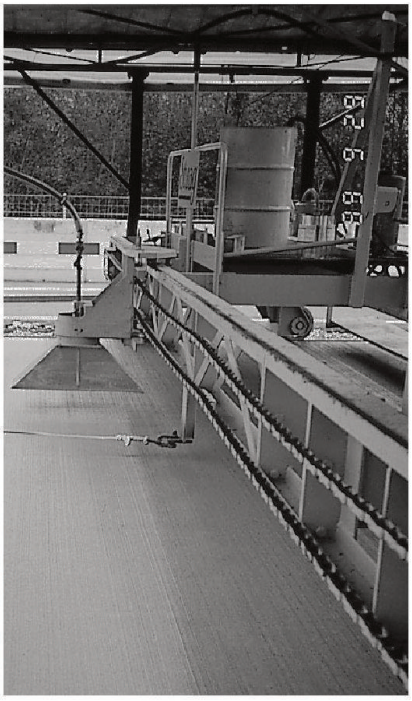
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Nachbehandlung von Betonen

Zur Nachbehandlung eines Betons dienen alle Massnahmen, die diesen in der kritischen Phase schützen, während der seine Festigkeit und weitere wichtige Eigenschaften noch ungenügend entwickelt sind. Der bedeutendste Bestandteil der Nachbehandlung ist das Feuchthalten des Betons.

Beton ist «bis zum Zeitpunkt genügender Festigkeit so rasch als möglich gegen Auswaschen, vorzeitiges Austrocknen durch Sonnenbestrahlung oder Wind, gegen Frost, starke Temperaturwechsel und schädliche Erschütterungen zu schützen. Es sind Massnahmen zu treffen, um den Beginn des Schwindens so lange zu verzögern, bis der Beton eine genügende Zugfestigkeit erreicht hat, z.B. durch

- Schutz gegen zu rasches Austrocknen



Behandlung mit Curing compound direkt im Anschluss an den Betoneinbau mit Fertiger. Foto: TFB-Archiv

- Wärmeisolierung des frisch eingebrachten Betons
- Förderung einer hohen Frühfestigkeit.

Die Eignung besonderer Methoden der Nachbehandlung sowie der Verfahren zur Beschleunigung der Erhärtung ist jeweils vorgängig durch Versuche nachzuweisen».
So lautet der Abschnitt 6 08 der Norm SIA 162 [1], in dem auf die Nachbehandlung von Betonen eingegangen wird. An weiteren Stellen der Norm SIA 162 wird auf die Bedeutung der Nachbehandlung in Zusammenhang mit der Beschränkung von Rissbreiten, der Dichtigkeit sowie der Frost- und Frosttausalzbeständigkeit von Betonen hingewiesen.
Konkretere Angaben zur Nachbehandlung von Betonen fehlen in den Schweizer Normen weitgehend, wenn von der praktisch nicht angewendeten europäischen Betonnorm SIA V 162. 051 [2] abgesehen wird (siehe *Tabelle 1).* Eine weitere Ausnahme findet sich in der Norm SIA 220 [4], in der «das Feuchthalten des Betons während der ersten fünf Tage nach dem Einbringen» zu den Leistungen gezählt wird, die zur fachgerechten Ausführung gehören und «deshalb auch ohne spezielle Beschreibung in den Einheitspreisen inbegriffen sind».

Allgemeines

Auf die Wichtigkeit der Nachbehandlung wurde im «Cementbulletin» immer wieder hingewiesen. In den Artikeln zu den Themen «Betonieren bei tiefen Temperaturen» [5] und «Betonieren bei hohen Temperaturen» [6] wurden zudem spezielle Aspekte des Betonierens unter nicht ganz alltäglichen Bedingungen behandelt. Beim vorliegenden Artikel liegt das Schwergewicht deshalb auf Verfahren, die einen frisch eingebrachten Beton unter «normalen» Bedingungen vor dem Austrocknen schützen. Auf die Problematik der Rissbildung und des Schwindens von Betonen als Folge ungenügender oder falscher Nachbehandlung wird in einem späteren «Cementbulletin» eingegangen werden.
Frischbetone mit üblichen W/Z-Werten enthalten grundsätzlich genügend Wasser, um das für die Bildung der Hydratationsprodukte des Zements notwendige Feuchteangebot zu gewährleisten. Aus den Zementkörnern entstehen feinste Kristalle, die in die ursprünglich mit Wasser gefüllten Räume hineinwachsen. Unter optimierten Nachbehandlungsbedingungen wachsen die Kristalle derart, dass möglichst alle Hohlräume gefüllt werden; das Betongefüge wird dichter. Dieser Vorgang wird durch einen Wasserverlust verzögert oder gar un-

terbrochen. Er lässt sich durch erneute Wasserzufuhr nicht mehr gleich gut reaktivieren.
Ungeschützte Frischbetone und junge Betone verlieren Wasser durch Verdunstung. Die Höhe der Wasserabgabe hängt von vielen Faktoren ab. Wichtig sind unter anderem:

- Temperatur des Frischbetons
- Umgebungsbedingungen, beispielsweise
  - Temperatur
  - relative Feuchtigkeit
  - Luftbewegungen (Windgeschwindigkeit)
  - Sonneneinstrahlung
- Schalungsart
- Bauteilabmessungen (Verhältnis Volumen/Oberfläche)
- Wasserrückhaltevermögen des Frischbetons.

Da die Feuchtigkeitsabgabe naturgemäss in oberflächennahen Bereichen erfolgt, verschlechtern sich hier wichtige Eigenschaften, die die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit eines Betons massgebend bestimmen [7]:

- Die Festigkeit wird niedriger.
- Der Beton neigt zum Absanden, der Verschleisswiderstand ist niedrig.
- Die Gas- und Wasserdurchlässigkeit ist höher.
- Die Witterungsbeständigkeit wird vermindert.
- Es entstehen Frühschwindrisse.
- Die Gefahr, dass später Risse entstehen, wird grösser.

Kurz, der schützende Randbeton ist weniger dicht und weniger fest.
Zur Abschätzung der unter bestimmten Witterungsbedingungen verdunsteten Wassermenge wird oft das in *Abbildung 1* wiedergegebene Diagramm verwendet [8]. Für eine offen liegende, frisch eingebrachte und verdichtete Betonoberfläche ergibt sich daraus eine Verdunstung von rund 0,5 kg Wasser/m^2 · h (0,5 l Wasser/m^2 · h) für die folgenden Randbedingungen:

- Betontemperatur 20 °C
- relative Luftfeuchtigkeit 50 %
- Lufttemperatur von 20 °C
- Windgeschwindigkeit 20 km/h (Blätter eines Baums nur schwach bewegt!).

Windgeschwindigkeiten von 40 km/h erhöhen die verdunstete Wassermenge auf rund 1,0 kg/m^2 · h.
Diese Zahlen allein besagen nicht viel. Aussagekräftiger ist das Resultat der folgenden stark vereinfachenden Überlegungen [9]: Die Feuchtigkeitsverhältnisse in der obersten 1 cm dicken Schicht eines ungeschützten Betonteils lassen sich abschätzen, wenn angenommen wird, dass das verdunstete Wasser nur aus dieser Schicht stammt. Ausgegangen wird von einem Beton, der 300 kg CEM I/m^3 und 150 kg Wasser/m^3 enthält, dessen W/Z-Wert folglich 0,50 beträgt. Durch den Wasserverlust sinkt der W/Z-Wert in der 1 cm dicken Schicht auf

- etwa 0,33 bei einem Wasserverlust von 0,5 kg/m^2 · h (siehe oben)
- etwa 0,17 bei einem Wasserverlust von 1,0 kg/m^2 · h.

Die Schlussfolgerung kann nur sein, dass in der äussersten luftzugewandten Betonschicht ein akuter Wassermangel herrscht. Eine Faustregel besagt zudem, dass ab einer Verdunstung von 1 kg Wasser/m^2 · h eine erhebliche Gefahr für die Bildung von Frühschwindrissen besteht [9].

Nachbehandlungsmethoden

Gebräuchlich sind die folgenden Verfahren:

- längere Verweildauer des Betons in der Schalung
- Abdecken des ausgeschalten Betons mit Folien
- Aufbringen feuchter Abdeckungen
- kontinuierliches Besprühen mit Wasser
- Aufbringen flüssiger Nachbehandlungsmittel (Curing compounds).

Die Verfahren werden teilweise auch kombiniert.

In der Schalung belassen

Es handelt sich hier um eines der wirksamsten Nachbehandlungsver-

fahren. Der Beton wird nicht nur vor dem Austrocknen, sondern auch vor anderen schädlichen Einwirkungen gut geschützt. Saugende Schalungen müssen allerdings feucht gehalten werden, während Stahlschalungen gegebenenfalls abgedeckt werden müssen, da sie sich bei starker Sonneneinstrahlung erwärmen können.

Abdecken mit Folien

Der Beton muss möglichst rasch abgedeckt werden, besonders bei extremen Witterungsverhältnissen. Konkret bedeutet dies, dass die Folien ausgelegt werden, sobald die Betonoberfläche kein freies Wasser mehr aufweist. Bei grossen Flächen kann es ratsam sein, den Beton bereits zwischen dem Einbringen und dem Fertigstellen mit Folien provisorisch abzudecken. Damit die Folien während der gesamten Nachbehandlungsdauer wirksam sind, müssen sie an den Rändern fixiert werden, beispielsweise durch Beschweren mit Sand oder Holzlatten.

Auf den Folien verlegte Thermomatten übernehmen verschiedene Aufgaben: Sie fixieren die Folien, im Sommer verhindern sie das starke Aufwärmen durch Sonneneinstrahlung und im Winter unterbinden sie grössere Wärmeverluste (helle Seite der Matten im Sommer nach aussen, im Winter nach innen).

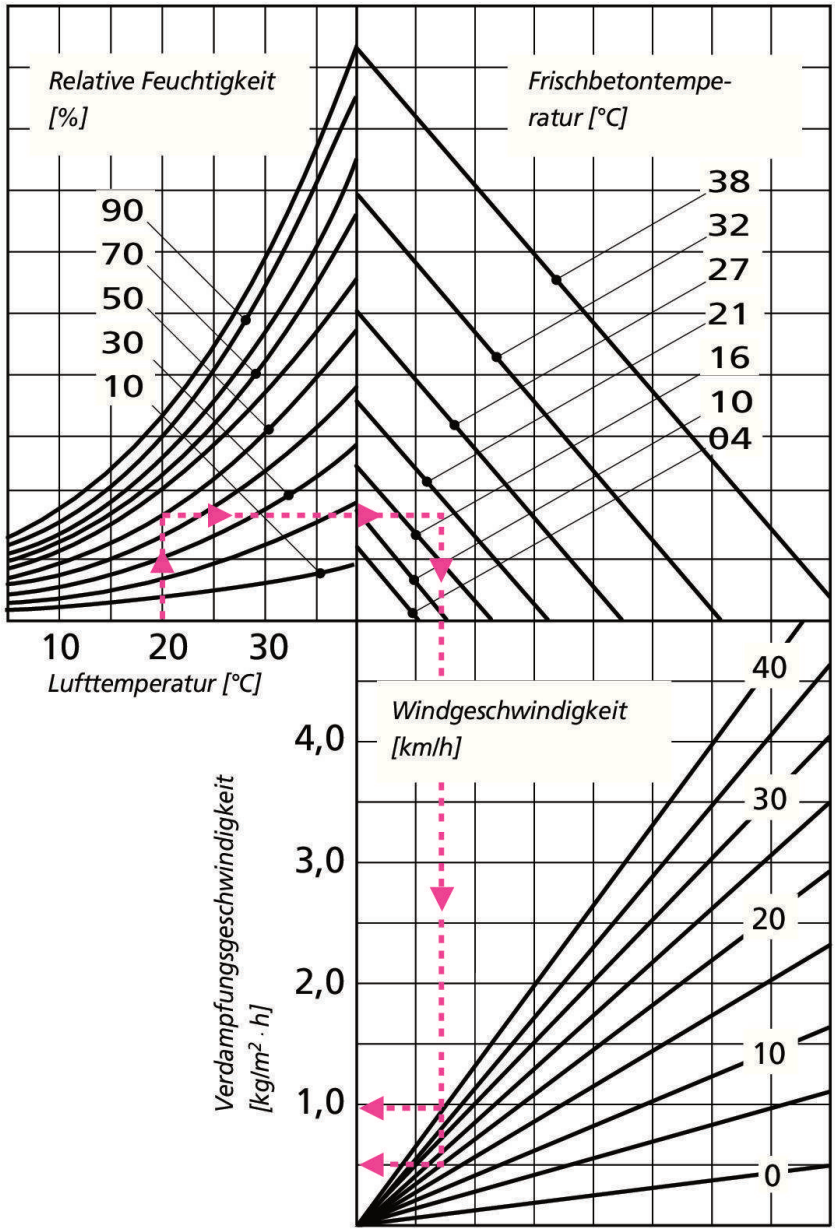


Abb. 1 Abschätzung der Einflüsse der Frischbeton- und Lufttemperatur, der relativen Feuchtigkeit sowie der Windgeschwindigkeit auf den Feuchtigkeitsverlust an der ungeschützten Betonoberfläche. Im angegebenen Beispiel (20 °C warmer Beton, relative Feuchtigkeit 50 %, 20 °C Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit 20 km/h) beträgt der stündliche Wasserverlust 0,5 kg/m². Quelle: [2], modifiziert.

Grafik: TFB

Wenn die Folien nicht abgedeckt werden, müssen sie bei warmer Witterung feucht gehalten werden.

Bei senkrechten Flächen ist darauf zu achten, dass die Folien die freie Betonfläche derart umschliessen, dass keine Feuchtigkeit an die Umgebung abgegeben wird. Das Abdecken mit Folien eignet sich nicht für Sichtbetonoberflächen, an die hohe ästhetische Anforderungen gestellt werden. Besonders bei stark wechselnden Witterungsverhältnissen kann es nämlich zu Kondenswasserbildung auf der inneren Folienseite kommen. Der ungleichmässige Kontakt der Folie mit dem Beton sowie die Wanderung wasser-

Abdecken eines frisch eingebauten Betonbelags mit Thermomatten. Foto: TFB-Archiv

löslicher Substanzen sind für gesprenkelte Oberflächen verantwortlich.

Wasserhaltende Abdeckungen
Jute-, Baumwoll- und andere Wasser absorbierende Gewebe eignen sich für die feuchte Nachbehandlung horizontaler und vertikaler Oberflächen. Jutetücher sollten vor dem Gebrauch ausgiebig mit Wasser gespült werden; dies entfernt wasserlösliche Substanzen und erhöht die Saugfähigkeit.
Die Abdeckungen müssen ständig feucht gehalten werden, andernfalls können sie dem Beton Wasser entziehen. Durch das zusätzliche Abdecken der Gewebe mit Folien lassen sich das Verdunsten von Wasser und die damit verbundene Abkühlung der Betonoberfläche verhindern. Die Kombination von wasserhaltenden Abdeckungen mit Folien entspricht nach [10] in der Wirksamkeit ungefähr der Wasserlagerung. Allerdings kann sie zu Ausblühungen führen.

Besprühen mit Wasser
Das Verfahren eignet sich für horizontale und vertikale Oberflächen. Da die Temperatur von frisch ausgeschalten Betonen teilweise beträchtlich oberhalb der Wassertemperatur liegen kann, sind vereinzelt Abschreckungseffekte möglich, die zu Schalenrissen in Oberflächennähe führen können. Zu beachten sind weiter [9]:

- kontinuierlich und flächendeckend sprühen
- mit feinem Strahl sprühen (vermeidet Auswaschungen)
- überwachen, wohin das Wasser fliesst (Schäden an Sichtbetonwänden durch abfliessendes Wasser!).

Nachbehandlungsmittel (Curing compounds)
Curing compounds enthalten Wachse, synthetische oder natürliche Harze sowie Lösungsmittel, die bei üblichen Aussentemperaturen schnell verdampfen. Ihr Vorteil gegenüber anderen Nachbehandlungsverfahren besteht darin, dass sie aufgespritzt werden können, sobald die Betonoberfläche matt wird; Anforderungen an die Festigkeit des Frischbetons bestehen keine.

LITERATUR

[1] Norm SIA 162: «Betonbauten» (Ausgabe 1993).
[2] Norm SIA V 162.051: «Beton: Eigenschaften, Verarbeitung und Gütenachweis» (Ausgabe 1994).
[3] ENV 206: «Beton – Eigenschaften, Herstellung, Verarbeitung und Gütenachweis» (Ausgabe 1990).
[4] Norm SIA 220: «Betonbauten – Leistungen und Ausmass» (Ausgabe 1992).
[5] **Hermann, K.**, «Betonieren bei tiefen Temperaturen», Cementbulletin **66** [1], 3–7 (1998).
[6] **Hermann, K.**, «Betonieren bei hohen Temperaturen», Cementbulletin **67** [4], 3–7 (1999).
[7] **Franke, H.-J.**, «Nachbehandlung im Strassenbau», Beton **45** [9], 636–639 (1995).
[8] ACI-Committee 308: «Standard Praxis for curing concrete», ACI Materials Journal **88** [4], 419–436 (1991).
[9] «Nachbehandlung», schriftliche Unterlagen zum TFB-Seminar «Betonverarbeitung, Nachbehandlung, Schalung und Betonoberflächen» vom 17.2.1999 in Wildegg.
[10] **Weigler, H.**, und **Karl, S.**, «Beton: Arten – Herstellung – Eigenschaften», Verlag Ernst und Sohn, Berlin (1989), Seiten 175–187.
[11] «DBV-Arbeitstagungen – Praxisorientierte Forschung», Beton **47** [3], 148–152 (1997).
[12] **Dhir, R.K., Hewlett, P.C.**, and **Dyer, T.D.**, «Mechanism of water retention in cement pastes containing a self-curing agent», Magazine of Concrete Research **50** [18], 85–90 (1998).
[13] prENV 13 670-1: «Execution of concrete structures – Part 1: Common rules» (Final draft, July 1999).

Umgebungsbedingungen während Nachbehandlung	Betontemperaturen während Nachbehandlung [°C]	Festigkeitsentwicklung des Betons		
		schnell	mittel	langsam
		z.B. CEM I 52,5 oder CEM I 42,5 R W/Z < 0,50	z.B. CEM I 42,5 R W/Z 0,50–0,60	z.B. CEM I 32,5 oder CEM II/A-L 32,5 W/Z 0,50–0,60
Günstig				
Keine direkte Sonneneinstrahlung	5	2	3	3
und Wind, relative Feuchte der	10	2	3	3
Umgebungsluft nicht unter 80 %	15	1	2	2
Normal				
Mittlere Sonneneinstrahlung oder mitt-	5	4	6	8
lere Windgeschwindigkeit oder relative	10	3	4	5
Feuchte der Umgebungsluft nicht unter 50 %	15	2	3	4
Ungünstig				
Starke Sonneneinstrahlung oder hohe	5	4	8	10
Windgeschwindigkeit oder relative	10	3	6	8
Feuchte der Umgebungsluft unter 50 %	15	2	5	5

Tab. 1 Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen nach [2].

Das Aufbringen gleichmässiger Filme ist nicht einfach. Zudem ist ihre Wirksamkeit meist auf wenige Tage beschränkt. Dies erfordert oft zusätzliche Massnahmen, beispielsweise das Abdecken mit Folien oder Thermomatten.
Curing compounds können die Haftfestigkeit von später aufgebrachten Beschichtungen, Verkleidungen, Farben … beeinträchtigen, denn sie verwittern oft nur langsam. Gegebenenfalls müssen deshalb Nachbehandlungsmittel eingesetzt werden, die sich vollständig entfernen lassen [8] oder als Grundierung zur nachfolgenden Anwendung dienen [10].

Neuere Verfahren

Betone, bei denen bei der Herstellung einige Prozent der Zuschläge durch in Wasser gelagerte Leichtzuschläge ersetzt werden, sind nachbehandlungsunempfindlicher: Die Leichtzuschläge «liefern» bei Bedarf Wasser für die Hydratation [11].
So genannte «Self curing agents» werden bereits bei der Betonherstellung zugegeben. Diese wasserlöslichen Polymere verhindern mindestens teilweise, dass Porenwasser verdampft. Zudem verändern sie die Mikrostruktur der Hydratationsprodukte derart, dass die Permeabilität des Betons abnimmt [12].

Nachbehandlungsdauer

Jede Nachbehandlung, die vorzeitig abgebrochen wird, beeinträchtigt die Betonqualität. Abgesehen von der bereits erwähnten 5-Tage-Frist in Norm SIA 220 sind aus Schweizer Quellen wenig zuverlässige Angaben über die Nachbehandlungsdauer zu finden. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Umgebungsbedingungen eine entscheidende Rolle spielen. Bei Innenbauteilen reicht beispielsweise in der Regel 1 Tag aus; bei Betontemperaturen unter + 10 °C sind 2 Tage notwendig [9]. In der prENV 13670-1 [13] (gegenwärtig in Vernehmlassung) steht andererseits, die natürliche Nachbehandlung reiche aus, wenn die Verdampfungsgeschwindigkeit während der gesamten Nachbehandlungsdauer niedrig ist, d.h. bei feuchtem, regnerischem oder nebligem Wetter.
Eine nützliche Hilfe können die Angaben in *Tabelle 1* sein, die aus Norm SIA 162.051 [2] (Norm EN 206 [3]) stammen. Die Nachbehandlungsdauer wird hier aufgrund verschiedener Einflussgrössen (Sonneneinstrahlung, Windgeschwindigkeit, Feuchte der Umgebungsluft, Temperatur des Betons während der Nachbehandlung sowie Festigkeitsentwicklung des Betons) angegeben. Im ungünstigsten behandelten Fall erreicht sie zehn Tage! Die Nachbehandlungsdauer von Betonen, die einem starken Verschleiss oder stark angreifenden Umweltbedingungen unterliegen werden, muss «erheblich verlängert werden» [3].
Betone, die puzzolanische oder latent hydraulische Zusatzstoffe (Silicastäube, Flugaschen, Hüttensande …) enthalten, weisen eine langsame Festigkeitsentwicklung auf und müssen entsprechend lange nachbehandelt werden. Wie bei Betonen mit tiefen W/Z-Werten ist auch bei ihnen das Feuchthalten sehr wichtig.

Bram van Egmond
und *Kurt Hermann, TFB*