Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 58-59 (1990-1991)
Heft: 14

Artikel: Nachbehandlung von Beton
Autor: Meyer, Bruno
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153753

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: 15.07.2025

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

CEMENTBULLETIN

FEBRUAR 1991 JAHRGANG 59 NUMMER 14

Nachbehandlung von Beton

Organisatorische Massnahmen auf der Baustelle und in der Planung. Art und Dauer der technischen Massnahmen

Nachbehandlung gehört zur letzten Etappe der Betonverarbeitung. Sie soll die Bedingungen schaffen, damit der junge Beton am Bauwerk auch jene Eigenschaften erreichen wird, die man aufgrund seiner Zusammensetzung erwartet. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit seiner Oberfläche. Wer auf Nachbehandlung verzichtet, wird an Qualität einbüssen. Diese physikalische Tatsache hat **organisatorische Konsequenzen** für die Betonherstellung. Die folgenden Angaben können sinngemäss bei allen Arbeiten mit hydraulischen Bindemitteln verwendet werden, also z.B. auch bei Verputz und Unterlagsböden.

Die Nachbehandlung im Arbeitsablauf auf der Baustelle

Die Herstellung des Baustoffs Beton gliedert sich für den Unternehmer in die Arbeitsgänge Schalen, Bewehren, Verarbeiten und Oberflächenbearbeitung (Abb. 1). Die Verarbeitung lässt sich nun weiter unterteilen in Liefern, Einbringen, Verdichten, ev. Oberflächenbehandlung, Nachbehandeln und Schutz. Sie ist aber immer als Einheit zu betrachten, zumal sich ihre einzelnen Arbeitsgänge zeitlich überlappen und vom Abbinden abhängen.

Nachbehandlung soll verhindern, dass der Beton vorzeitig austrocknet. Andernfalls

- wird die chemische Reaktion von Zement und Wasser unterbunden, weil das nötige Wasser fehlt. Der Beton erreicht jene Eigen-

2

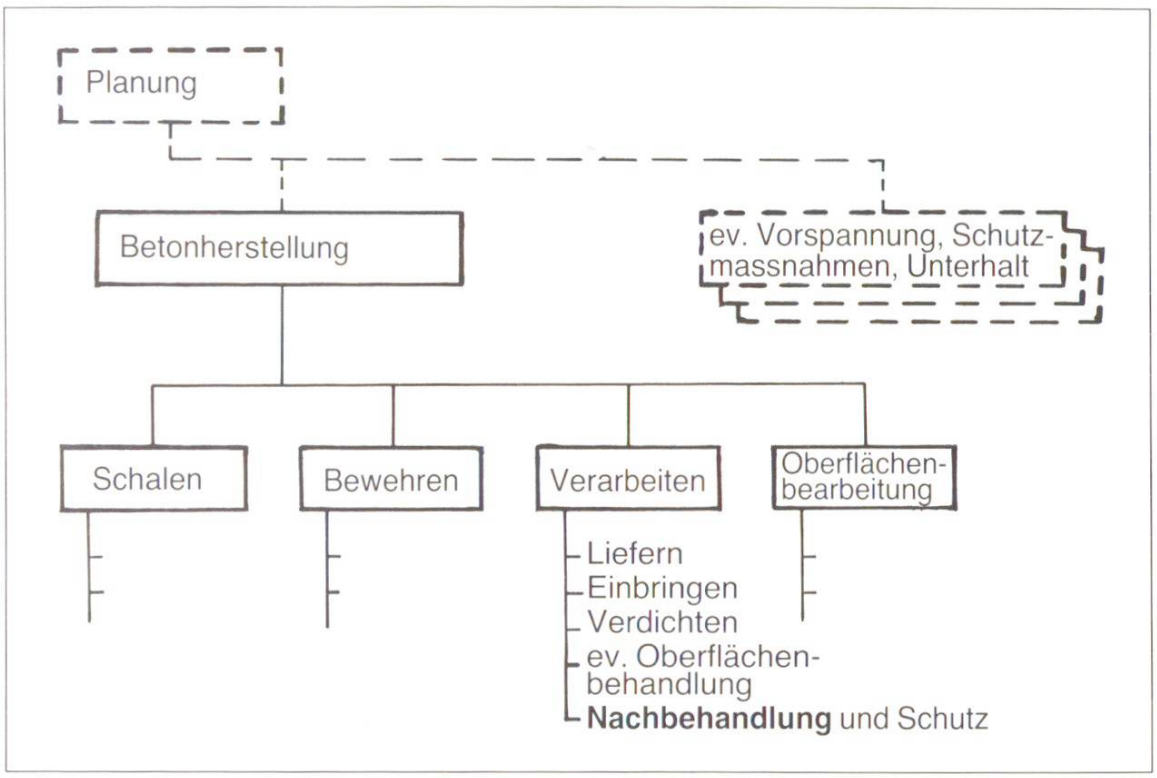


Abb. 1 Die Nachbehandlung im Arbeitsablauf der Betonherstellung. Sie ist ein wesentlicher Bestandteil der Verarbeitung

schaften nicht, die aufgrund der Komponenten möglich wären und vom Bauherrn auch bezahlt werden.

– kommt es zu Frühschwinden mit Rissbildung. Das verdunstende Wasser entwickelt Kräfte, die im erhärtenden Zementstein Spannungen erzeugen. Sie können grösser werden, als die Zugfestigkeit des erhärtenden Betons.

Ausser vorzeitigem Austrocknen ist der junge Beton noch anderen Gefahren ausgesetzt. Weil sie neuerdings eine grössere Bedeutung erhalten haben, werden sie getrennt aufgeführt, und man fordert deswegen noch ausdrücklich einen Schutz [1]. Mit Vorteil wird dann darauf geachtet, dass die bautechnische Massnahme verschiedene Risiken abdeckt, wie dies beim Verhindern des Austrocknens bereits der Fall ist. Schutz ist aber nicht zu verwechseln mit den Schutzmassnahmen. Diese werden **nach** der Betonherstellung etwa in Form von Beschichtung, Verkleidung, Abdichtung usw. angebracht. Sie haben die Aufgabe, die fertige Konstruktion vor schädlichen Einflüssen zu schützen.

Mangelnde Nachbehandlung wirkt sich hauptsächlich an der Betonoberfläche aus. Betroffen ist die Dauerhaftigkeit und nicht die Tragsicherheit. Trotzdem ist Nachbehandlung besonders für Stahlbetonbauten wichtig. Ihr empfindlicher Teil ist bekanntlich die oberflächennahe Zone. In diesem Bereich liegt die Bewehrung, hier wird allenfalls auch eine kostspielige Betonsanierung stattfinden. Stahlbeton kann nur dauerhaft sein, wenn die Bewehrung genügend überdeckt

3 ist. Zwecks Korrosionsschutz müssen diese obersten Zentimeter aber auch genügend verdichtet und nachbehandelt sein. Ein Bauherr darf voraussetzen, dass eine Nachbehandlung gemacht wird, ob dies im Werkvertrag eigens positioniert ist oder nicht. Sie gehört – obwohl sie «nur» die Dauerhaftigkeit beeinträchtigt – zu den Regeln der Baukunde.

In der Praxis kennt man diese Zusammenhänge, doch die Nachbehandlung gilt oft als unproduktiver Faktor. Sie wirkt jener Rationalisierung entgegen, die nur auf kurzfristige Zeiteinsparung ausgerichtet ist. Zudem gibt es für Art und Dauer der Massnahmen keine Einheitslösung, man muss die Durchführung fallweise festlegen. Die Reaktion von Zement und Wasser (d.h. die Betonerhärtung) ist primär eine Funktion von Zeit und Temperatur. Die Austrocknung ist abhängig von Betontemperatur, Lufttemperatur, relativer Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit. Massnahmen brauchen also eine bestimmte Zeitdauer, die von wechselnden Umgebungsbedingungen abhängt. Als Faustregel gelte: Beton ist während mindestens drei Tagen feucht zu halten [2]. Feuchthalten verlangt Arbeitskraft, Zeit aber heisst Bauprogramm, heisst Vorhalten von Betriebsinventar. Die Vorfabrikation hat hier günstigere Voraussetzungen, insofern sie stationär arbeitet und ihre Bedingungen besser kennt. Auf Baustellen dagegen müssen die Risiken immer neu beurteilt und die Massnahmen der täglichen Witterung sowie dem Baufortschritt angepasst werden. Entscheidend ist, dass die Nachbehandlung unmittelbar nach dem Verdichten einsetzt. Die Verdunstung beginnt nicht erst, wenn der Beton abgebunden hat. Was anfänglich verpasst wird, kann später nie mehr eingeholt werden.

Die zweckmässige Massnahme zu treffen, ist eine kombinatorische Leistung und Aufgabe der Bauführung [SIA 162, Art. 7 51 1]. Doch während man bemüht ist, alle andern Arbeiten möglichst gut zu machen (Schalung rasch gestellt, Armierung picobello verlegt und fixiert, ausgeklügelte Betonmischung termingerecht eingebracht), glaubt man, die Reaktion von Zement und Wasser sich selbst überlassen zu können. Die Früchte der Betonierarbeiten sollten aber gepflegt werden, damit sie auch ausreifen können (nicht zufällig heisst Nachbehandlung auf englisch «curing» = Pflege und auf italienisch «maturazione» = Reifung). Nachbehandlung gehört von Anfang an zur Arbeitsvorbereitung, denn man muss dazu die personellen und materiellen Mittel rechtzeitig bereitstellen. Matten, Gerüstungen usw. müssen herbeigeschafft werden, bevor der Polier mit dem Betonieren beginnt. Andernfalls erhöht sich die Unfallgefahr [3]. Oft wird diese Situation mit Termindruck entschuldigt. Nachbehandlung ist tatsächlich in einen grösseren Zusammenhang gebunden und betrifft deshalb auch den Planer.

4 Die Nachbehandlung in der Planung

Der planende Ingenieur steht in der Regel auf der Seite des Bauherrn. Als Projektverfasser ist er zuständig für das Betonkonzept. In der Ausschreibung und in den Plänen sollte deshalb bei den Betonkonzepten auch die Nachbehandlung enthalten sein. Insbesondere wird man einen Beton mit besonderen Eigenschaften nur mit speziellem Augenmerk auf die Nachbehandlung erreichen können. Es hat z.B. keinen Sinn, wasserdichten Beton auszuschreiben und sich auf das Rezept des Betonwerks zu verlassen, ohne die Konsequenzen für die Baustelle einzuplanen. Für die Ausschreibung benützt man standardisierte Leistungsverzeichnisse, kann aber die Positionen nicht blindlings übernehmen. Im Normpositionenkatalog für den Hochbau sind die Begriffe Nachbehandlung und Oberflächenbehandlung noch auseinandergehalten. Der NPK-Tiefbau hingegen benützt die Ausdrücke Nachbehandlung, Nacharbeiten und Bearbeiten von Betonoberflächen sehr unterschiedlich. Dort braucht die Devisierung etwas Mehraufwand, wenn man vertragliche Missverständnisse vermeiden will. Man darf aber ohne weiteres vom NPK abweichen und die Positionen präzisieren, denn verbindlich sind Absicht und Vertragstext des konkreten Einzelfalls. Bei grösseren Projekten empfiehlt sich ausserdem, die Nachbehandlung von horizontalen und vertikalen Flächen zu unterscheiden und im Ausmass auch auszusetzen. Auf Grossbaustellen fällt die Nachbehandlung so sehr ins Gewicht, dass sie bereits bei der Vergabe zum Gegenstand von Vertragsverhandlungen werden kann.

In der Europäischen Vornorm für Beton [1] wird, wie erwähnt, neu auseinandergehalten:

1. Nachbehandlung: verhindert vorzeitiges Austrocknen, vor allem infolge Sonneneinstrahlung und Wind.
2. Schutz: verhindert
   - Auswaschen infolge Regen und fliessendem Wasser
   - rasches Abkühlen in den ersten Tagen nach dem Betonieren
   - hohes inneres Temperaturgefälle
   - niedrige Temperaturen oder Frosteinwirkungen
   - Erschütterungen oder Stösse, die zur Rissbildung des Betons führen und die Verbundwirkung zwischen Bewehrung und Beton beeinträchtigen können.

Unter Nachbehandlung versteht man also deutlich nur jene Massnahmen, die zur erfolgreichen Hydratisierung des Zements führen sollen und dadurch gleichzeitig noch die Frühschwindrisse vermeiden. Unter Schutz wird auf die bekannten Witterungseinflüsse hingewiesen und neu noch auf Erschütterungen. Man denke hier an das Beispiel der Sanierung von Brückenbrüstungen, wenn sie unter Verkehr durchgeführt werden muss.

Abb. 2 Pfeiler und Widerlager einer Strassenüberführung. Der Beton ist mit Plastik eingepackt. Zweck: Nachbehandlung des Betons und Schutz der Sichtfläche vor Rostfahnen der Anschlussbewehrung oder vor Kalkschnäuzen infolge Regenwassers (Kanton Aargau: Brücke K 364, Juli 1988)

Abb. 3 Nahaufnahme: Die austretende Feuchtigkeit kann nicht entweichen, sie kondensiert am Plastik. Dadurch bleibt die Oberfläche in einem günstigen Klima

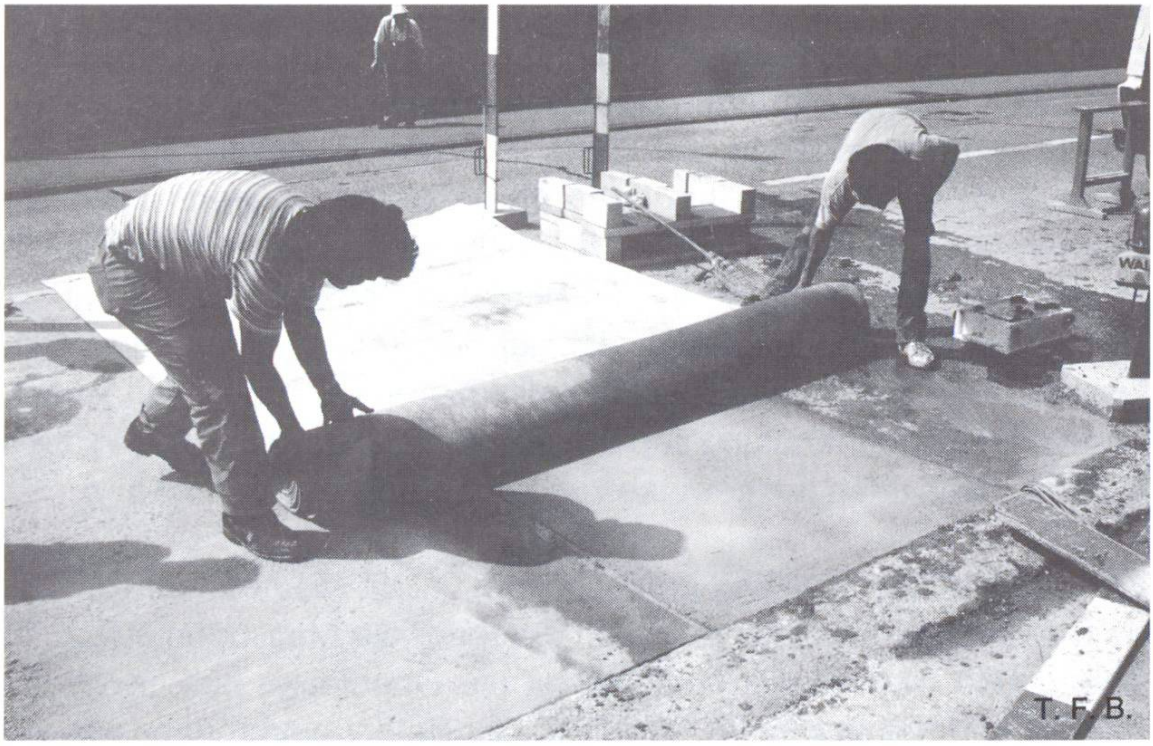
Abb. 4 Betonbelag für Bushaltestelle. Curing compound als Nachbehandlung und Isolationsmatten als Schutz gegen Witterung und innere Temperaturdifferenzen (Haltestelle «Strassenverkehrsamt» an der Uetlibergstrasse in Zürich)

Als Bauleiter ist der Planer dem Bauherrn gegenüber verantwortlich für die Bauaufsicht. Dazu gehört die Überprüfung des Bauprogramms sowie der Massnahmen für die Nachbehandlung [SIA 162, Art. 74]. Je nach Baustelle wird die Nachbehandlung den Baufortschritt auf dem kritischen Weg beeinflussen. Insbesondere wird dort ein Kompromiss zu finden sein, wo man einerseits den Beton möglichst lange feucht halten will und andererseits auf baldige Bauaustrocknung drängt. In anderen Fällen gelingen Arbeitsetappen, ohne dass die Dauer der Nachbehandlung für den Baufortschritt massgebend wird. Bei gut geführten Baustellen werden die betontechnologischen Zusammenhänge auf Stufe Planung berücksichtigt [4, 5]. Diese Aufgabe ist vor allem dann etwas einfacher, wenn auch der Bauherr über ein Fachorgan verfügt. Schwieriger hat es jener Bauleiter, der die Verantwortung für die Betontechnologie alleine trägt. Er steht zwischen den Bauherrn, der auf den Termin drückt, und dem Unternehmer, der seinen Aufwand minimieren will. Es ist von Vorteil, wenn die Nachbehandlung separat positioniert ist, weil sie dann auch in den Kosten offen ausgewiesen und abgerechnet werden kann.

Ob eine Nachbehandlung gemacht wird, ist im Moment der Ausführung einfach zu kontrollieren. Man überprüft die Massnahme (z. B. in Abb. 2 und 4) oder die Wirkung. Ist die Oberfläche hell, so ist sie trocken und hat eine hohe Porosität. Der Beton «verbrennt», wie der

Abb. 5 Reparatur eines Betonbelags. Aufbringen von Curing Compound als Nachbehandlung. Beginn etwa 5–15 Minuten nach der Oberflächenbehandlung (d. h. sobald die Oberfläche matt ist). Anschliessend Abb. 6

Abb. 6 Abdecken mit Isolationsmatten als Schutz. Im Sommer: helle Seite nach oben kehren



Handwerker sagt, und wird absanden. Bei dunkler Oberfläche ist genügend Feuchtigkeit vorhanden. Man braucht also kein Labor, die visuelle Kontrolle genügt, um mit Ja oder Nein zu antworten. Schwieriger ist der Nachweis am Festbeton. Sofern keine Risse entstehen, werden sich keine Mängel zeigen. Erst viel später kommt es zu Schäden, und zwar in einer Form, die nicht offenkundig auf fehlende Nachbehandlung schliessen lässt. Hier werden Laboruntersuchungen an Bohrkernen notwendig. Das Labor kann die Druckfestigkeit, den Hydratationsgrad, die Kapillarität (vgl. CB 17/89), ihre Unterschiede zwischen Kern und Oberfläche sowie eventuelle Frühschwindrisse feststellen. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf die Nachbehandlung ziehen. Wie die Schadenfälle zeigen, muss die Nachbehandlung immer wieder in Erinnerung gerufen werden.

Art und Dauer der technischen Massnahmen

Beton kann man feucht halten, indem man ihn unter Wasser lagert oder ihn dampfdicht einpackt. Internationale Normvorschläge bevorzugen die Massnahmen mit Wasserzufuhr, weil sie eine dichtere Porenstruktur ergeben. Dieser Grundsatz kann aber in den meisten Fällen nicht durchgehalten werden. Bei üblichen Baustellenbedingungen werden deshalb empfohlen:

- Schalung stehen lassen oder durch leichtere Verschalung ersetzen (Schalungsersatz, vgl. [6]). Bei Wänden ist diese Methode teuer. Bei Decken ist nur die untere Seite eingeschalt.
- Abdecken mit Isolationsmatten. Sehr wirksame Methode, sofern zwischen Beton und Matten kein Luftzug besteht. Bietet gleichzeitig auch Schutz. Es gibt Matten, die unterschiedlich beschichtet sind und je nach Sonneneinstrahlung nach oben gekehrt werden.
- Abdecken mit Folien aus Bauplastik (Abb. 2, 3). Billigste Methode, sofern die Temperatureinflüsse untergeordnet sind.
- Aufbringen von wasserhaltenden Schichten (Jute- oder Vliesmatten, Sand). Traditionelle Methode. Diese Schichten müssen dauernd feucht gehalten werden.
- Aufsprühen eines Films auf Wachsbasis (Curing Compound, Abb. 5). Nur wirksam, wenn vollflächig aufgesprüht wird. Ist unabhängig von der erforderlichen Nachbehandlungsdauer. Achtung bei nachträglichen Beschichtungen, kann dort als unerwünschte Trennschicht wirken. Kommt hauptsächlich bei Fahrbahnbelägen zur Anwendung, aber auch bei Deckenuntersichten. Evtl. auch Aufsprühen einer Sprühfolie, die man wieder abziehen kann, Hinweise vgl. [7].

Tab. 1 Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen (zu 24 Stunden) für Bauten in feuchter Umgebung, mit oder ohne Frost, aber ohne Einwirkung von Taumitteln, und in nur schwach aggressiver Atmosphäre (Umweltklassen 2 und 5a), gemäss [1]

Festigkeitsentwicklung des Betons →		schnell	mittel	langsam
Bedingungen während der Nachbehandlung				
Witterung	min. Betontemperatur			
I keine direkte Sonneneinstrahlung; kein Wind; rel. Luftfeuchtigkeit > 80%	5 °C	2	3	3
	10 °C	2	3	3
	> 15 °C	1	2	2
II mittlere Sonneneinstrahlung oder mittlere Windgeschwindigkeit oder rel. Luftfeuchtigkeit 50%–80%	5 °C	4	6	8
	10 °C	3	4	5
	> 15 °C	2	3	4
III starke Sonneneinstrahlung oder hohe Windgeschwindigkeit oder rel. Luftfeuchtigkeit < 50%	5 °C	4	8	10
	10 °C	3	6	8
	> 15 °C	2	5	5

Beispiel: Beton mit PC und mit einem W/Z-Wert von 0,5–0,6 hat eine mittlere Festigkeitsentwicklung. In feuchter Umgebung (r.F. > 50%) und bei Betontemperaturen von mindestens 10 °C während der ganzen Dauer braucht es eine Nachbehandlung von mindestens 4 Tagen.
Für Beton, der einem **starken Abrieb** oder einer **aggressiven Umwelt** ausgesetzt ist, muss obige Mindestdauer erheblich verlängert werden.

- Besprühen mit Wasser. Wichtig ist gleichmässige Dosierung mit Sprenger. Der Beginn ist von Temperatur und Witterung abhängig. Er muss auf der Baustelle festgelegt werden. Wirkt kontraproduktiv, wenn nur zeitweise und lokal gespritzt wird. Eine sorgfältige Ausführung ist nicht besonders billig, besonders wenn man Schäden durch abfliessendes Wasser riskiert.

Die Massnahmen können einzeln oder kombiniert angewendet werden (vgl. CB 23/89, Abb. 13, 14).

Die erforderliche Dauer der Massnahmen ist abhängig von

- den Umweltbedingungen, denen das Bauwerk später ausgesetzt sein wird (Umweltklassen)
- der Festigkeitsentwicklung des Betons (d.h. von Zementsorte und W/Z-Wert)
- den Umgebungsbedingungen während der Nachbehandlung
- der minimalen Betontemperatur während des Nachbehandelns.

Tab. 1 enthält Zahlenwerte für gebräuchliche Fälle. Diese Werte sind angemessen zu verlängern bei:

- Temperaturen der Betonoberflächen unter 0 °C um mindestens die Frostdauer
- verzögertem Beton um die Verzögerungszeit
- anderen Zementsorten oder bei Zementersatz nach Angabe des Herstellers.

Besondere Verfahren der Nachbehandlung oder zur Beschleunigung der Erhärtung sind durch Versuche nachzuweisen [SIA 162, Art. 6 08 3].

In vielen Fällen genügt eine einfache Massnahme wie beispielsweise das Abdecken mit Bauplastik. Mit wenig Kosten erzielt man eine deutliche Verbesserung der Qualität. Wichtig ist, dass man die Nachbehandlung der Betonverarbeitung zurechnet, sie also vor dem Betonieren wie alle anderen Massnahmen auch vorbereitet. Das beginnt allenfalls schon bei Gesprächen mit dem Bauherrn, spätestens aber **am Tag bevor** betoniert wird.

Bruno Meyer

Literatur

[1] ENV 206 (1990): Beton – Eigenschaften, Herstellung, Verarbeitung und Gütenachweis. Brüssel: CEN

[2] *Clauzon, J.* (1981): «Fissuration dans les ouvrages de bâtiment». Annales de l'institut technique du bâtiment et des travaux publics no 398, p. 55–63

[3] Bei Betonierarbeiten ereignen sich Unfälle mit Leitern – wie die SUVA 1989 festgestellt hat – während des Schalens und bei der Nachbehandlung

[4] Deutscher Beton-Verein (1988): Jahresbericht, S. 15–27. Wiesbaden

[5] *Spadini, S.* (1988): «Bauen mit Beton heute». Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 22, S. 673–678

[6] *Müller, H.-R., Stierli, H.-R.* (1984): «Die Station Stettbach». Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 48, S. 970–972

[7] *Sommer, H.* (1986): «Neue Mittel zur Nachbehandlung des Betons». Zement und Beton, Heft 1, S. 12–14

Photos: TFB und Betonstrassen AG, Wildegg.

TFB

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE
DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE
Postfach Telefon 064 53 17 71
Lindenstrasse 10 5103 Wildegg Telefax 064 53 16 27