Gut geplant ist ganz Beton

Die meisten Schäden an Bauwerken sind auf mangelhafte Planung und unzureichende Bauausführung zurückzuführen. Dabei gehen selbst die Ausführenden selbstkritisch davon aus, dass durch sie eine Reihe von Fehlerkosten verursacht werden. Unsere Autorin erklärt, wie sich dies vermeiden lässt.

Dr.-Ing. Monika Helm, ibh – Ingenieurbüro – Das Betonbüro –

›››› Beton ist ein vielfältig eingesetzter Baustoff. Das System „Beton“ wird dabei in seiner Zusammensetzung immer komplexer: So gab es zunächst nur ein „Drei-Stoff-System“, aus dem mittlerweile ein „Sechs-Stoff-System“ geworden ist. Gemeint sind damit Wasser und Zement sowie die Gesteinskörnung, auf deren Basis bereits ein Beton hergestellt werden kann, wobei die Mischung heutzutage meist eine Reihe weiterer Zusatzmittel und -stoffe enthält. Daneben ist eine Vielzahl von Regelwerken für die unterschiedlichen Betonbauwerke zu berücksichtigen. Je nach Zusammensetzung kann Beton mit unterschiedlichen Eigenschaften hergestellt werden. Meist wird er erst vor Ort verarbeitet und in seine endgültige Form gebracht. Schon hier sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen, die bei Nichtbeachtung zu Schäden führen können. Letztendlich zählen die Eigenschaften (= Widerstand) am Bauwerk, und auf diese ist zwingend zu achten.

Kein „Pfusch am Bau“

Schon S. I. Frontinus, ein bekannter Baumeister aus dem 1. Jh. n. Chr. und Direktor der Wasserwerke von Rom, greift das Thema „Pfusch am Bau“ im Bereich des Wasserbaus auf. So erklärt er: „Kein anderer Bau erfordert … größere Sorgfalt in seiner Ausführung als einer, der dem Wasser standhalten soll. Daher ist für einen solchen Bau in allen Einzelheiten Gewissenhaftigkeit vonnöten – ganz im Sinne der Regeln, die zwar jeder kennt, aber nur wenige befolgen.“[1] Letzteres gilt natürlich nicht nur für den Wasserbau, sondern ist auch in allen anderen Bereichen anzutreffen. Die Regeln waren zu

dieser Zeit vielleicht nicht so komplex wie heutzutage, doch es ging ebenfalls darum, schadens- und mangelfreie Bauwerke zu errichten. Im Gegenzug fielen die Strafen wesentlich härter aus. Erinnert sei an dieser Stelle an den Codex Hammurabi, wo in § 228 bis § 230, ausgeführt wird, wie mit einem Baumeister und dessen Familie zu verfahren ist, wenn ein Bauwerk nicht gelungen ist und dadurch Menschen zu Tode kommen.

Sicher kommt dem ein oder anderen diese Aussage von Frontinus sehr bekannt vor. Nach vielen Auswertungen und Erfahrungen lässt sich feststellen, dass die meisten Schäden an Bauwerken auf mangelhafte Planung und unzureichende Bauausführung zurückzuführen sind. Dabei gehen selbst die Ausführenden selbstkritisch davon aus, dass durch sie eine Reihe von Fehlerkosten verursacht werden.

Auch wenn heutzutage zahlreiche Betonregelwerke zu beachten sind, steht immer im Vordergrund, dass das Bauwerk allen Einwirkungen standhält und einen entsprechenden Widerstand aufbringt, sodass über die projektierte Nutzungsdauer eine ausreichende Dauerhaftigkeit gewährleistet ist.

Schauen wir noch einmal kurz zurück, wie unsere alten Baumeister agiert haben. Die Lebensdauer/Nutzungsdauer von Bauwerken wurde durch die Baumeister bzw. Besitzer immer so bemessen, dass das Bauwerk den klimatischen Bedingungen lange standhält und man lange darin leben kann. Es wurde natürlich auch ausgebessert – soweit möglich –, wenn die Nutzung beeinträchtigt worden war. Hieraus ist ein wesentlicher Zusammenhang zwischen Dauerhaftigkeit und Gebrauch ersichtlich. Die Gebrauchstauglichkeit ist also stets an die Dauerhaftigkeit gekoppelt.

Eine gute Planung kann Schäden im Beton verhindern und damit hohe Kosten vermeiden.

Um Beton ohne Schäden zum Schweben zu bringen, müssen viele Aspekte beachtet werden.

Planung: Das Fundament guten Betons

Der Grundstein für ein dauerhaftes Bauwerk wird also bereits in der Planung gelegt, denn hier werden die ersten Schritte unternommen und das Bauwerk beschrieben. Bei der Planung und Berechnung des Tragwerks sind eine ausreichende Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit zu beachten.

Die Dauerhaftigkeit wird nach den allgemeinen Regelwerken als Fähigkeit eines Bauwerks beschrieben, die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit während der gesamten Nutzungsdauer sicherzustellen. Dabei wird sie über äußere und innere Einflüsse charakterisiert. Zu den äußeren Einflüssen zählen u.a. Feuchtigkeit, Temperatureinwirkungen, Verunreinigungen durch Wasser, Luft und Boden sowie chemische, mechanische und biologische Angriffe. Die inneren Einflüsse sind durch die Ausgangsstoffe selbst bedingt. Dauerhaftigkeit ist kein Messwert, doch sie kann über eine Vielzahl von Eigenschaften beschrieben werden. Im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit eines Bauwerks muss die Widerstandsfähigkeit u.a. gegen Frost- und Taumittel, gegen Karbonatisierung und das Eindringen von Chloriden, gegen schädigende Reaktionen im Beton, gegen Angriff und Eindringen aggressiver Wasser, gegen biologische Einflüsse, gegen Strukturstörungen infolge Wärmebehandlung oder Feuerwiderstand sowie Risssicherheit gegeben sein. Die Mehrzahl der genannten Widerstände wird über Expositionsklassen definiert. Die Anforderungen werden anhand der Expositionsklassen beschrieben, die durch den Verfasser der Festlegungen zu wählen sind. Diese Expositionsklassen beschreiben die Klassifizierung der chemischen und physikalischen Umgebungsbedingungen, denen der Beton ausgesetzt werden kann und die auf den Beton, die Bewehrung oder metallische Einbauteile einwirken können.

Die Expositionsklassen bilden somit die Grundlage für die

- Festlegung der Grenzwerte der Betonzusammensetzung
- Ableitung der Mindestdruckfestigkeitsklassen
- Festlegung der rechnerischen Rissbreite
- Betondeckung sowie
- Festlegung der Überwachungsklassen des Betons.

Daraus ist ersichtlich, dass die Druckfestigkeit nicht das alleinige Kriterium für die Dauerhaftigkeit eines Bauwerks ist. In Begutachtungen wird vorrangig meist nur die Festigkeit herangezogen. Dies ist vermutlich auf die Betonnormen vor 2001 zurückzuführen, in denen das entscheidende Kriterium für die Widerstandsfähigkeit eines Betons speziell an dessen Druckfestigkeit festgemacht wurde, nicht zuletzt aber auch, weil der Nachweis dieser Eigenschaft besonders einfach zu erbringen ist.

Wichtig:
Auf die Expositionsklassen achten

Die nach den Betonregelwerken für das zu projektierende Bauwerk zutreffenden Expositionsklassen (X0, XC, XD, XS, XF, XM und XA) sind in der entsprechenden Angriffsstärke (Klasse 1 bis 3 bzw. 4) genau festzulegen. Hilfestellung liefert u.a. der Bauteilkatalog[2], wo eine Vielzahl von Bauteilen mit unterschiedlichen Anforderungen aufgeführt ist. Dabei sollte auch stets auf die Machbarkeit der Kombination der jeweiligen Expositionsklassen geachtet werden. So sind Schäden teilweise bereits vorprogrammiert, wenn gleichzeitig Anforderungen an den Verschleiß (XM) und an den Frost-Tausalz-Widerstand (XF) gestellt werden – insbesondere wenn Luftporenbildner zur Erhöhung des Frost-Tausalz-Widerstandes des Betons und eine erforderliche Oberflächenbearbeitung z.B. Flügelglätten zur Erzielung eines Verschleißwiderstand angewendet werden sollen. Durch das Flügelgätten können u.a. die Luftporen zerstört werden, wodurch der Frostwiderstand beeinträchtigt wird und Oberflächenschäden durch Abplatzen des Betons auftreten können.

Die richtige Auswahl der Expositionsklassen umfasst auch die Auswahl der Klasse „Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäurereaktion“. Dabei handelt es sich um die Feuchtigkeitsklassen WO, WF und WA. Diese Regelungen sind ebenfalls bei der Auswahl zu berücksichtigen, werden aber häufig in Planungsunterlagen gar nicht aufgeführt.

Zu den Festlegungen des Planers gehört des Weiteren auch die Auswahl der Druckfestigkeit, die sich aus der Mindestdruckfestigkeitsklasse der einzelnen Expositionsklassen und aus der Statik ergibt. Aus beiden ist stets der höchste Wert zu wählen. Eine Unterschreitung der Mindestdruckfestigkeitsklasse ist nicht gestattet. Zu beachten ist, dass eine hohe Druckfestigkeit stets die Gefahr von Rissen bedeutet, wenn erforderliche Maßnahmen (Bewehrung, Nachbehandlung) nicht entsprechend eingehalten und durchgeführt werden.

Es kommt also auf die richtige Auswahl der Expositionsklassen und nicht nur der Druckfestigkeitsklasse an. Festlegungen hinsichtlich Betonzusammensetzung und Baustoffauswahl sind in den meisten Fällen bei der Planung nicht erforderlich, denn diese ergeben sich aus den Expositionsklassen und zusätzlichen Informationen zu den Eigenschaften sowie aus den Regelwerken.

Eine ausreichende Dauerhaftigkeit und vor allem auch eine Vermeidung von Schäden wird u.a. erreicht durch:

- Entwurf des Bauwerks unter Beachtung aller Belastungen und angreifenden Stoffe (Verantwortlich: Planer)
- Richtige Auswahl der Betonausgangsstoffe und richtige Betonzusammensetzung (Verantwortlich: Betonhersteller)
- Sach- und fachgerechter Betoneinbau sowie ausreichende Nachbehandlung (Verantwortlich: Bauunternehmer).

Aus dieser Aufzählung ist ersichtlich, dass in den einzelnen Phasen auch unterschiedliche Verantwortlichkeiten auftreten und damit auch mehrere Schnittstellen entstehen, zum einen zwischen Planung (Entwurf des Bauwerks) und Bauausführung, zum anderen zwischen Betonhersteller und Bauausführung. In den wenigsten Fällen hat der Betonhersteller Kontakt zum Planenden, währen der Bauausführende Kontakt zu beiden hat.

Oft arbeiten die einzelnen Gruppen nicht miteinander, was gerade bei komplexeren Aufgaben von Vorteil wäre. Nur gemeinsam können gute Lösung gefunden werden, und es sollte nicht erst nach dem Ausschalen agiert werden, wenn die Fehler zum Teil sichtbar werden. Die gegenwärtig in Arbeit befindlichen Betonregelwerke greifen dieses Thema auf, definieren über die Betonbauqualitäten (BBQ) die Verantwortlichkeiten und machen die Schnittstellen wesentlich transparenter, sodass miteinander gesprochen werden muss.

> Jeder hat eine Hinweispflicht, wenn in den Ausschreibungsunterlagen Fehler auffallen, und dies sollte doch öfter in Erwägung gezogen werden. Ein Gespräch mit den Beteiligten hilft da häufig.

Brand&People / Unsplash (Seite 96-97), Elvgr K / Unsplash (links)

Bild 2a Fassadenelement nach Anlieferung

Bild 1 Sichtbetonwand nach dem Ausschalen

Nehmen wir das DBV-Merkblatt „Sichtbeton“, 2015[3] als ein gutes Beispiel. Hier wird darauf hingewiesen, dass ab der Sichtbetonklasse SB3 ein Sichtbetonteam zu bilden ist und wer die Beteiligten in diesem Team sein sollten. Das ist nichts Neues, denn es stand bereits in älteren Ausgaben diese Merkblatts. Dies ist aus Sicht der Verfasserin sehr wichtig, denn häufig spielen die unterschiedlichen Sichtweisen zum Thema „Sichtbeton“ eine entscheidende Rolle und müssen auf einen Nenner gebracht werden, bevor es in einem Konflikt endet. Bild 1 zeigt eine gelungene Sichtbetonwand kurz nach dem Ausschalen.

Die Bilder 2a und 2b zeigen Fassadenelemente der Sichtbetonklasse SB4 nach dem DBV-Merkblatt. Diese sind zum einen durch den Transport (Bild 2a) und zum anderen durch die Montage (Bild 2b) beschädigt worden. Die Beschädigungen hätten durchaus verhindert werden können, wenn mehr Sorgfalt aufgewendet und die richtige Technologie zum Einsatz gekommen wäre. Leider fand hier nur eine einseitige Kommunikation seitens der Auftraggeber statt und Hinweise wurden nicht berücksichtigt. Die Fassadenelemente mussten anschließend aufwendig saniert und betonkosmetisch bearbeitet werden.

Bild 2b Montierte Fassadenelemente

Besonders gefährdet: Wasserundurchlässige Bauwerke

Häufige Fehler und Schäden sind auch bei wasserundurchlässigen Bauwerken (= WU-Bauwerke) zu finden. Hierzu gibt es zahlreiche Veröffentlichungen und eine Vielzahl von Seminaren, die das Thema „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ auf der Tagesordnung haben. Dennoch werden immer wieder viele Fragen aufgeworfen, Mängel aufgezeigt und Gutachten erstellt. Häufig wird die Frage gestellt, warum das eigentlich so ist, wenn doch alles „geregelt“ sei? Oftmals beginnt der Mangel am Bauwerk schon mit der Feststellung: „Ich brauche einen WU-Beton!“. Im Sprachgebrauch wird häufig von WU-Beton gesprochen, wobei jedoch die Konstruktion gemeint ist und nur die Eigenschaften des Betons genannt werden. Eine WU-Konstruktion wird mit WU-Beton gleichgesetzt, was aber nicht der Fall ist, oder aber der Begriff „Weiße Wanne“ wird nur als „WU-Beton“ gesehen.

Die DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“, 2017 (2003)[1] definiert: „Wasserundurchlässige Betonkonstruktionen übernehmen ... sowohl die lastabtragende und in Kombination mit einer Fugen- und Rissabdichtung auch allein die abdichtende Funktion auch ohne zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen. Die Richtlinie enthält Regelungen und Anforderungen zur Begrenzung des Feuchtetransportes über die Bauteildicken (durch den Beton, durch Fugen, Einbauteile und Risse) bei ständig oder zeitweise drückendem Wasser oder bei Bodenfeuchtigkeit und an der Wand außen ablaufendem Wasser.“ Ein Beton mit hohem Wassereindringwiderstand, der im Sprachgebrauch als „WU-Beton“ bezeichnet wird, wird in der DIN EN 206-1/DIN 1045-2 (2008) definiert. Ein solcher Beton muss stets bei WU-Bauwerken verwendet werden.

Bei WU-Betonbauwerken nach DAfStb-Richtlinie („WU-Richtlinie“) müssen wesentlich mehr Anforderungen erfüllt werden, der Beton allein ist nicht das Maß aller Dinge. Um ein dichtes Bauwerk zu erhalten, kommt es auf die fachgerechte Konstruktion und Ausführung an. Wesentliche Anforderungen werden bereits in vielen Details in der Planung geschaffen und müssen dann entsprechend ausgeführt und qualitätsgerecht umgesetzt werden. Schon hier ist erkennbar, dass es sich dabei um eine Teamarbeit mit allen Beteiligten handelt.

Die Mehrzahl der heute auftretenden Mängel bei WU-Konstruktionen sind auf mangelhafte Planung durch z.T. Unterschätzung von Randbedingungen am Bauwerk und nicht immer qualitätsgerechte Ausführung der dichten Bauwerke zurückzuführen.

Teamwork ist eine wesentliche Voraussetzung, um Schäden minimieren zu können und wird heute bereits in zahlreichen Regelwerken angesprochen!

Dr. Monika Helm (3)

So werden Risse vermieden

Bei den zu wählenden Entwurfskonzepten nach der neuen WU-Richtlinie stehen im Mittelpunkt die Annahmen zu Trennrissbreiten. Dies wird maßgeblich in den statischen Berechnungen berücksichtigt. Dabei wird bei den Ansätzen neben Statik und Bewehrungsdichte vorausgesetzt, dass konstruktive, betontechnologische und ausführungstechnische Maßnahmen zu realisieren sind, sodass die Entwurfskonzepte umgesetzt werden können.

Es gibt jedoch Bemessungsansätze, die durch den Beton bzw. über dessen Zusammensetzung nicht realisiert werden können. Bei den zu erwartenden Rissen wird der maßgebende Zwang aus dem Abfließen der Hydrationswärme ohne besonderen Nachweis zum Ansatz gebracht und nach 28 Tagen eine Zugfestigkeit des Betons von 50 Prozent angenommen. Dies ist überholt, da solche Betone nicht zu allen Jahreszeiten herstellbar sind. Gefordert werden zum Teil Betone mir sehr langsamer Festigkeitsentwicklung. Die Festigkeitsentwicklung stellt einen Schätzwert bei 20 °C dar, der aus dem Verhältnis der 2-Tage-Druckfestigkeit zur 28-Tage-Druckfestigkeit (oder bei einem höherem Prüfalter zu diesem Zeitpunkt) ermittelt wird. Eine sehr langsame Festigkeitsentwicklung bedeutet, dass 15 Prozent der Druckfestigkeit nach 28 Tagen nicht zu überschreiten sind.

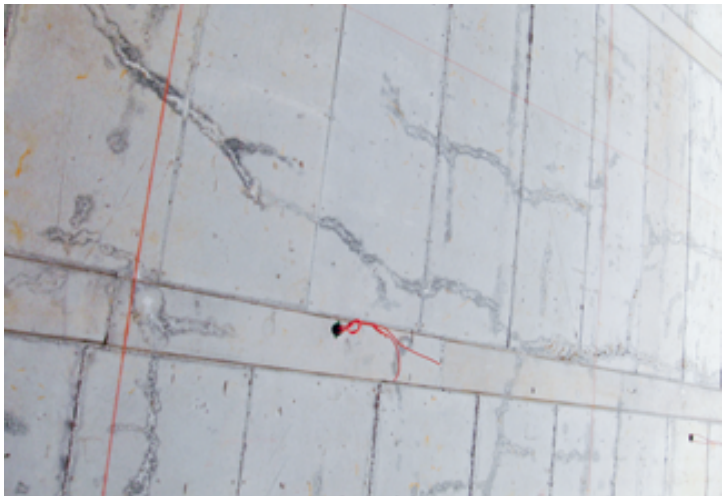
Da die Betone dieses Verhältnis meist erheblich überschreiten, sind Risse vorprogrammiert. Bild 3 zeigt ein WU-Dach mit einer Vielzahl von Rissen an der Deckenunterseite. Die Abdichtung des Daches war noch nicht erfolgt und deshalb waren diese Risse alle sichtbar.

Bild 4 Einbauvariante des Fugenblechs

Zu WU-Konstruktionen gehört stets auch die fachgerechte Fugenplanung und deren qualitative Ausführung. Nach der WU-Richtlinie wird angegeben, dass die Fugenplanung durch den Tragwerksplaner zu erfolgen hat. Die Bauausführenden sollten mit einbezogen werden, insbesondere bei der Planung der Betonierabschnitte, also der Arbeitsfugen. Die Fugenplanung ist nicht Aufgabe des ausführenden Unternehmens.

Auf die fachgerechte Ausführung kommt es an. Die Bilder 4 und 5 zeigen, wie das Fugenblech im Übergang zwischen Sohle und Wand eingebaut wurde. In Bild 4 ist sehr gut erkennbar, dass das Fugenblech direkt an der Bewehrung liegt und damit kaum gewährleistet ist, dass des vollständig in den Beton eingebunden und die Dichtigkeit des Bauwerkes hergestellt werden kann. In Bild 5 ist dagegen zu erkennen, dass das Fugenmaterial gewechselt wurde, weil das ausgeschriebene Fugensystem wahrscheinlich nicht mehr auf der

Bild 3 Risse mit Aussinterungen an der Decke



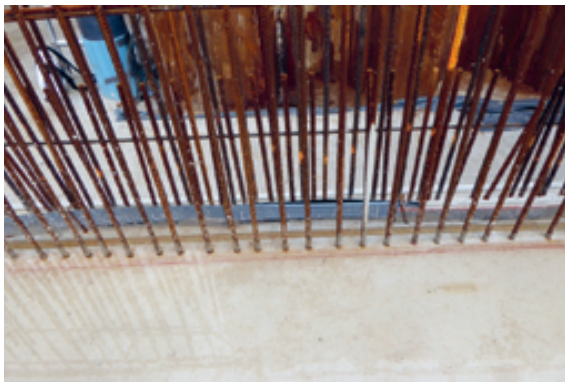


Bild 5 Wechsel des Fugenblechs

Baustelle vorrätig war. Beide gezeigten Zustände hätten vermieden werden können, wenn der Einbau der Fugenbleche mit Sorgfalt erfolgt wäre.

Eine mögliche Folge der Ursachen in Bild 4 und 5 ist in Bild 6 sichtbar: An der Betonoberfläche zeigen sich Fehlstellen, die durch unzureichende Verdichtung verursacht wurden. Das Fugenblech liegt frei, weil es nicht in den Beton eingebettet wurde.

> Eine gute Vorbereitung der Betonierarbeiten und fachgerechte Ausführung tragen zur Minimierung von Betonschäden bei.

Wie bereits erwähnt, ist ein Großteil der auftretenden Schäden im Bereich der Bauausführung zu finden. Teilweise werden diese auch durch hohen Termin- und Kostendruck verursacht, welche im Weiteren aber nicht betrachtet werden.

Gebaut wird zu jeder Jahreszeit, also auch bei Temperaturen im Minusbereich oder deutlich über 30 °C, wie in den heißen Sommern der vergangenen Jahre. Die Frischbetontemperatur sollte zwischen 5 °C und 30 °C liegen. Vorgesehen ist, dass die Frischbetontemperatur 30 °C nicht überschreitet, sofern auf der Baustelle nicht geeignete Maßnahmen eingeleitet werden. Dies bedeutet, dass der Beton noch intensiver als bei Temperaturen unterhalb von 30 °C gegen das Austrocknen der Betonoberfläche geschützt werden muss. Der Betonhersteller hat die Möglichkeit, die Frischbetontemperatur unterhalb diese 30 °C zu senken, was jedoch bedeutet, dass der Verwender erhöhte Kosten zum Betonkühlen tragen muss. Auch hier laufen gegenwärtig Untersuchungen, welche Maßnahmen lohnenswert sind.

Gefriert frischer Beton vor dem Einsetzen der Erhärtung, so kann dies unter Umständen zu Schäden führen. Um dies zu verhindern, muss der Beton also geschützt werden. Dies geschieht durch die Nachbehandlung (siehe Infokasten).

Wissenswertes zum Thema „Nachbehandlung“ von Beton

Der Begriff „Nachbehandlung“ enthält bereits den Hinweis, wann diese zu erfolgen hat, nämlich **nach** und ohne Zeitverzug unmittelbar im Anschluss an den Betoneinbau.

Die Nachbehandlung soll:

- das Frühschwinden gering halten
- eine ausreichende Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Betonrandzone sicherstellen
- das Gefrieren verhindern
- vor schädlichen Erschütterungen schützen
- Stoß oder Beschädigung vermeiden.

Dazu sind u. a. folgende Nachbehandlungsmethoden möglich:

- Belassen in der Schalung
- Abdecken der Betonoberfläche mit Folien
- Auflegen von wasserspeichernden Abdeckungen
- Anwendung flüssiger Nachbehandlungsmittel
- Kontinuierliches Besprühen mit Wasser
- Unterwasserlagerung

Die verschiedenen Nachbehandlungsmethoden können auch kombiniert werden.

Bild 6 Sichtbare Fehlstellen bei einer WU-Konstruktion

Dr. Monika Helm (4)

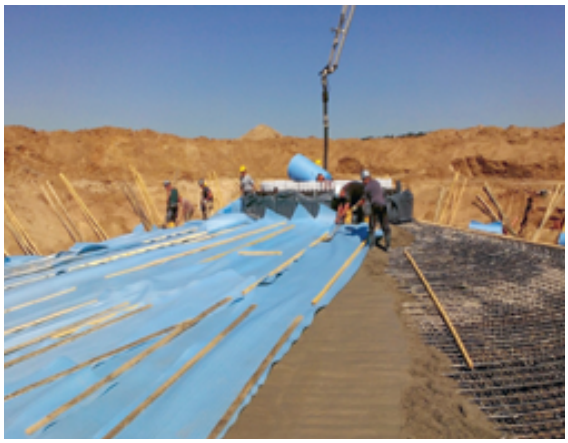


Bild 7 Nachbehandlung mit Matten

Bild 8 Nachbehandlung mit Folien

Bild 9 Riss an der Betonoberfläche durch unzureichende Nachbehandlung

Bild 7 zeigt eine praktische Nachbehandlung durch das Abdecken mit wärmedämmender Folie. In einem anderen Fall (Bild 8) hat die Sicherung der Folie nicht ausgereicht, um den Beton u.a. vor Wind und Sonneneinstrahlung zu schützen.

Mangelnde Nachbehandlung hat zur Folge, dass u. a. die Dauerhaftigkeit des Betons beeinträchtigt wird. Häufig anzutreffen sind Risse infolge des Schwindens. In Bild 9 ist zu sehen, wo die Folie zum Schutz des Betons nicht mehr gewirkt hat.

> Die Nachbehandlung des Betons ist sehr wichtig, um eine Dauerhaftigkeit der Betonbauteile zu erzielen.

Die vorangegangenen Ausführungen haben gezeigt, dass die Dauerhaftigkeit eines Betonbauwerks von vielen Dingen abhängig ist. Beispielhaft wurden einzelne Aspekte aufgezeigt, wie Betonschäden vermieden werden können und wo Fehlerpotenzial liegt. Diese Darstellungen ließen sich anhand weiterer Beispiele vertiefen.

Betonbauwerke können dauerhaft ausgeführt werden, wenn alle Schnittstellen funktionieren und alle gemeinsam nach Lösungen suchen. Jeder Einzelne, von der Planung über die Betonherstellung bis zur Bauausführung, ist in seinem jeweiligen Bereich für die Qualität verantwortlich, aber nur gemeinsam können dauerhafte Betonbauwerke für eine prognostizierte Nutzungsdauer errichtet und Schäden vermieden werden. ‹‹‹‹‹

Verwendete Literatur

1 Lamprecht, H.-O.; Opus Caementitium. Beton-Verlag, Düsseldorf, 1996
2 Bauteilkatalog Planungshilfe für dauerhafte Betonbauteile, Verlag Bau + Technik GmbH, Erkrath, 2016
3 DBV-Merkblatt „Sichtbeton“, Berlin: Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V., 2015
4 DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauten aus Beton (WU-Richtlinie)“, Berlin: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V. (DAfStb), Ausgabe 2017

Dr. Monika Helm (links, 3); © Adobe Stock – Anna Kosolapova (rechts)

Wer immer nur tut, was er schon kann, bleibt immer nur das, was er schon ist.

Henry Ford