

KURZBERICHT

Frost- und Frost-Tausalz-Schäden an Betonteilen

Frost- und Frost-Tausalz-Schäden

Immer wieder sind Abplatzungen an Betonbauteilen, die dem Frost ausgesetzt sind, die Ursache für Beanstandungen. Diese Schäden treten üblicherweise innerhalb bzw. nach den ersten Winterperioden auf und stellen sich zum Teil als flächige (Bild 1), zum Teil aber auch als lokal begrenzte Abwitterungen über einzelnen Gesteinskörnern (Bild 2) dar.

Die nachfolgenden Ausführungen beschäftigen sich zu Beginn kurz mit den Schadensmechanismen derartiger Frostschäden.

Im Anschluss daran werden Beispiele für Frost- bzw. Frost-Tausalz-Schäden aufgeführt, bei denen die Ursache

- in der falschen Auswahl des Betons;
- in zu geringen Mikroluftporengehalten in der Betonoberfläche;
- in Fehlern bei der Einbringung bzw. Nachbehandlung des Betons sowie
- in der Nutzung der Betonfläche zu finden sind. Hierbei wird im Besonderen auch auf Zementsteinabwitterung oberhalb von Gesteinskörnungen eingegangen. Abschließend werden Hinweise zur Bewertung entsprechender Schäden gegeben.

Schadensmechanismus

Frost- oder Frost-Tausalz-Schäden entstehen entweder durch chemische oder durch physikalische Vorgänge, wobei in der Praxis die physikalischen Vorgänge die hauptsächliche Schadensursache darstellen.

Die physikalisch bedingten Schäden sind ursächlich darauf zurückzuführen, dass sich Wasser beim Gefrieren um ca. 9 % ausdehnt und somit einen erheblichen

Verfasseranschrift:
 Dr. Karl-Uwe Voß
 Materialprüfungs- und
 Versuchsanstalt Neuwied GmbH
 Sandkauler Weg 1, 56564 Neuwied
 info@mpva.de

Druck auf die Porenwände des Betons ausübt. Sind die Poren zu Beginn des Frosteintritts vollständig mit Wasser gefüllt, so liegen keine Expansionsräume im Porensystem vor und der Beton platzt ab.

Zur Vermeidung von Frost-Tausalz-Schäden werden in den einschlägigen Technischen Regelwerken

- sowohl Anforderungen an die Begrenzung der Abwitterung der Gesteinskörnung im Frostversuch
- als auch Anforderungen an die Betonzusammensetzung gestellt. So muss zur Herstellung Frost-Tausalz-beständiger Betone (XF4) bei hoher Wassersättigung ein Luftporenbildner eingesetzt werden, der geeignet ist, ein sachgerechtes Mikroluftporensystem auszubilden.

Wird die Frost-Tausalz-Beständigkeit eines Betons über einen Laborversuch nachgewiesen, so erfolgt dies im Regelfall mittels des CDF-Tests nach DIN EN 12 390-9 (Alternativ-Verfahren). Weist der untersuchte Beton im Rahmen dieser Laboruntersuchung eine mittlere Abwitterungsrate unter 1.500 g/m^2 auf, so ist er im Sinne des Prüfverfahrens ausreichend Frost-Tausalz-beständig. Übliche XF4-Betone weisen in der Praxis mittlere Abwitterungsraten deutlich unter 1.000 g/m^2 auf.

Einbau eines ungeeigneten Betons

Erstaunlicherweise zeigt sich bei Untersuchungen entsprechender Schäden immer wieder, dass - trotz klarer Vorgaben in den Technischen Regelwerken - falsche Betonarten bestellt und eingebaut werden.

Dieser Fehler wird im Regelfall teuer bezahlt, da hieraus (wie im Bild 3 am Beispiel des Fahrbahnbelages eines frei bewitterten Parkhauses dargestellt) kostspielige Sanierungen erforderlich werden.

Bei dem im Bild 3 dargestellten Fall wurde ein Frost-Tausalz-beständiger Beton der Festigkeitsklasse C45/55 mit den Expositionsklassen XC4, XD3 bestellt und geliefert. Eine konkretere Ausschreibung der



Bild 1: Flächige Betonabwitterungen



Bild 2: Lokal begrenzte Betonabwitterungen über Gesteinskörnern



Bild 3: Frei bewitterte Fahrbahn eines Parkhauses



Bild 4: Betonabwitterungen in der Fahrbahn

erforderlichen Expositionsklasse (XF4) erfolgte nicht, weshalb fälschlicherweise ein XF2 zur Anwendung kam. Bereits nach dem ersten Winter zeigten sich deutliche Abwitterungen in der Betonfahrbahn (Bild 4 und 5).

Dies ist nur ein Beispiel für einen Fehler in der Ausschreibung (XF4 nicht konkret ausgeschrieben) und einer gedankenlosen Ausführung der Bestellung (XF2 anstelle von XF4) durch das sog. Fachunternehmen.

Ähnlich verhält es sich bei dem nachfolgenden Beispiel, bei dem Wände als Abgrenzung eines Fahrbahnbelages zur Anwendung kamen (Bild 6). Auch hier war vonseiten der Planung davon auszugehen, dass die Fahrbahn mit Tausalzen beaufschlagt wird.

Bereits nach dem ersten Winter zeigten die Wände im Bereich der Wandkrone das in Bild 6 dargestellte Erscheinungsbild.

Gemäß den übergebenen Unterlagen war ein Beton der Güte C 25/30, XC4 zur Herstellung der Wände ausgeschrieben und ein Beton der Güteklasse C 25/30 mit den Expositionsklassen XC4, XF1, XA1 geliefert worden. Aufgrund der hohen Wassersättigung des Betons in diesem Bereich und der zusätzlichen Tausalzbeanspruchung z. B. durch Spritzwasser von der Fahrbahn hätte stattdessen ein Beton der Expositionsklasse XF4 zur Anwendung kommen müssen.

So waren die Schäden eine logische Folge der fehlerhaften Planung bzw. Betonbestellung und der fehlenden Bedenkenhinweise des Ausführenden.



Bild 5: Detailaufnahme der Betonabwitterungen in der Fahrbahn



Bild 6: Mit Tausalzen beaufschlagte Betonwand



Bild 7: Frostschäden

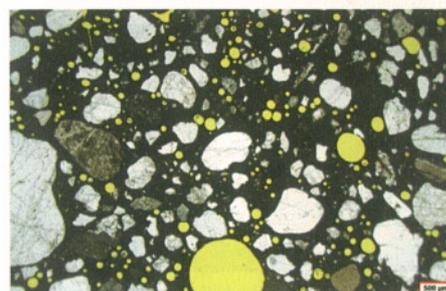


Bild 8: Dünnschliffmikroskopie des Mikroluftporensystems eines LP-Betons

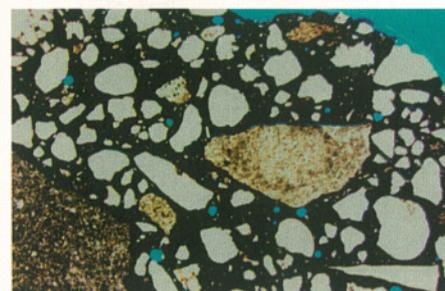


Bild 9: Dünnschliffmikroskopie des Mikroluftporensystems eines Betons ohne ausreichende Mikroluftporen

Zu geringe Mikroluftporengehalte in der Betonoberfläche

Liegt auf Basis des augenscheinlichen Eindrucks – trotz der Bestellung eines LP-Betons – ein Frost-Tausalz-Schaden bei Betonoberflächen vor (siehe z. B. Bild 7), dann ist im Regelfall die Frage zu klären, ob es sich bei dem eingebrachten Beton tatsächlich um einen Beton mit einem ausreichenden Widerstand gegen Frost- bzw. Frost-Taumittel-Angriffe handelt.

Betone mit einem ausreichenden Widerstand gegen Frost- bzw. Frost-Taumittel-Angriffe können nach DIN 1045-2 bis zur Expositionsklasse XF3 ohne Einsatz eines Luftporenbildners hergestellt werden. In diesem Falle muss der Beton im Allgemeinen einen w/z-Wert von $< 0,50$ und eine Festigkeitsklasse von $> C35/45$ aufweisen. Bei Betonen der Expositionsklasse XF4

(Beton mit einem hohen Widerstand gegen Frost-Tausalz-Angriffe bei hoher Wassersättigung) muss nach den Normvorgaben zusätzlich ein Luftporenbildner eingesetzt werden. Hierbei sind die Luftporengehalte im Frischbeton nach DIN EN 12 350-7 nachzuweisen.

Da beim Pumpen des Betons die Gefahr der Reduzierung der für die Frost-Taumittelbeständigkeit relevanten Mikroluftporen besteht, muss die Prüfung des Luftgehaltes i. d. R. nach dem Pumpen erfolgen. Sind keine Ergebnisse entsprechender Prüfungen am Frischbeton verfügbar oder bestehen Zweifel daran, dass ein geeignetes Mikroluftporensystem ausgebildet worden ist, so kann eine nachträgliche Beurteilung des Frost-Tausalz-Widerstandes des Be-

tons nur anhand von Proben erfolgen, die aus dem Bauteil entnommen und mikroskopisch untersucht werden.

Üblicherweise werden hier gemäß dem FGSV-Merkblatt „für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton“ die sog. Luftporenkennwerte (Gesamtluftgehalt, Anteil an Mikroluftporen mit einem Durchmesser $< 300 \mu\text{m}$ und Abstandfaktor zwischen den Luftporen) ermittelt. Die Luftporenkennwerte ermöglichen eine Aussage dazu, ob das Betonwerk einen sog. LP-Beton (siehe Porenverteilung in Bild 8) oder einen Beton ohne ausreichende Gehalte an Mikroluftporen (siehe Porenverteilung in Bild 9) geliefert hat. Mittels dieser Untersuchung kann die Frage beantwortet werden, ob seitens des

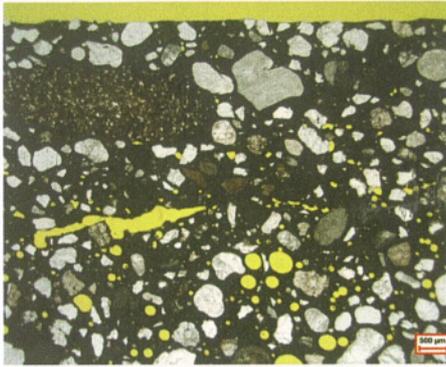


Bild 10: Dünnschliffmikroskopie des Luftporensystems eines an Mikroluftporen abgereicherten LP-Betons in der Betonrandzone



Bild 11: Frost-Tausalz-Schaden in der Betonoberfläche



Bild 12: Kragarmfundament mit Luftporenabreicherungen in der Betonrandzone



Bild 13: Kragarmfundament mit Luftporenabreicherungen in der Betonrandzone



Bild 14: Erhöhte Saugfähigkeit der Betonoberfläche

Bild 15: Saugfähigkeit der Betonrandzone (pink) im Vergleich zum Kernbeton (blau) desselben Bohrerns

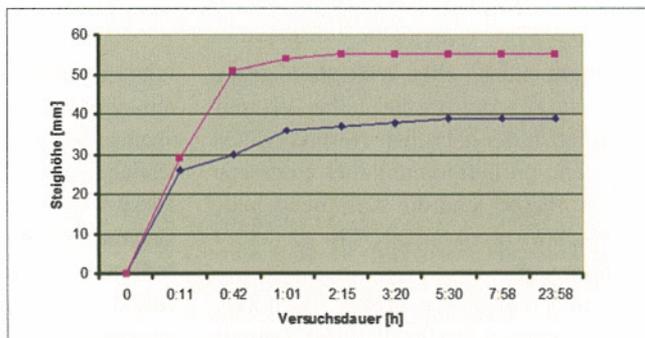
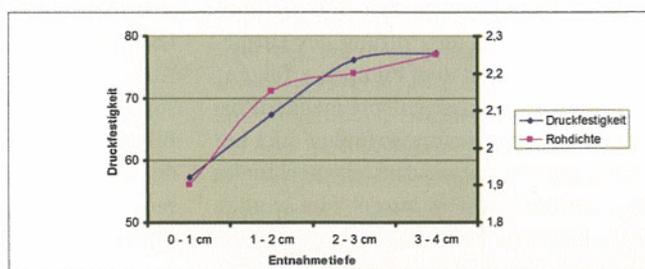


Bild 16: Druckfestigkeit und Rohdichte in Abhängigkeit vom Abstand zur Betonoberfläche



Betonwerkes ein Beton geliefert worden ist, der die Anforderungen an Betone der Expositionsklasse XF4 erfüllt. Hieraus wird zum Teil aber auch fälschlicherweise abgeleitet, dass das Bauteil in der Betonoberfläche einen ausreichend hohen Widerstand gegenüber Frost-Tausalz-Angriffen aufweist und dass es sich bei dem vorliegenden Schaden somit auch nicht um einen Frost-Tausalz-Schaden handelt.

Bei genauer Betrachtung des Prüfverfahrens zeigt sich jedoch, dass die Prüfung erst ab einem Abstand von 6 mm von der Oberfläche aus und dann in regelmäßigen Abständen von 6 mm ausgeführt wird. Demnach kann mit diesem Verfahren nur festgestellt werden, dass das Betonwerk normen- bzw. bestellungskonform einen LP-Beton geliefert hat und dass das Mikroluftporensystem in oberflächenferneren Bereichen den Anforderungen des Technischen Regelwerkes entspricht.

Gerade in der jüngeren Vergangenheit zeigte es sich jedoch häufiger, dass Bauwerksproben von Luftporenbetonen eine deutliche Abreicherung an Mikroluftporen in der Betonrandzone (Bereich oberhalb der roten Linie im Bild 10) aufwiesen, während diese im tiefer liegenden Beton ausreichend hohe Mikroluftporengehalte enthielten (Bereich unterhalb der roten Linie im Bild 10).

In der Folge kam es bei diesem Bauteil zu Frost-Tausalz-Schäden in der Betonoberfläche, obwohl zweifelsfrei ein LP-Beton zur Anwendung gekommen ist (Bild 11).

Die möglichen Ursachen solcher Luftporenabreicherungen sind noch nicht vollumfänglich erforscht, doch liegen Hinweise dafür vor, dass die Oberflächenbearbeitung des Betons (z. B. durch Glätten) hierbei eine wesentliche Rolle spielt.

Allerdings wurden entsprechende Luftporenabreicherungen zum Teil auch an Flächen vorgefunden, die zweifelsfrei nicht geglättet wurden. Die Bilder 12 und 13 eines Kragarmfundamentes eines Verkehrsschildes zeigen einen solchen Fall.

Derzeit ist unklar, wie es in diesem Fall zur Abreicherung der Mikroluftporen kam.

Einfluss von Einbaufehlern auf die Frost-Tausalz-Beständigkeit von Betonbauteilen

Neben den oben erläuterten möglichen Ursachen für Frost-Tausalz-Schäden zeigt eine Vielzahl von Schäden, dass auch Einbaufehler häufig zu einer deutlichen

Intensivierung der Frost-Tausalz-Schäden führen. Hier sind u. a. zu nennen:

- 1) Nachbehandlungsfehler;
- 2) Erhöhte w/z-Werte in der Betonoberfläche.

Zu 1)

Nachbehandlungsfehler wirken sich auch und gerade bei der Frost-Tausalz-Beständigkeit von Betonen sehr negativ aus. Durch eine nicht sachgerechte Nachbehandlung des Betons wird der Hydratationsgrad des Betons in der Betonrandzone massiv reduziert. Dies hat zur Folge, dass die Hydratation des Bindemittels, die mit einer Volumenerhöhung verbunden ist, nicht in ausreichendem Maße stattfindet und deshalb eine erhöhte Kapillarporosität in der Betonrandzone verbleibt. Es resultiert eine erhöhte Saugfähigkeit des Betons (Bild 14).

Zu 2)

Ein auf die Betonrandzone beschränkter erhöhter w/z-Wert ist häufig auf ein zu starkes Bluten des Betons oder auf die Betoneinbringung bei Regen zurückzuführen. Darüber hinaus sind auch Fälle bekannt, in denen der Beton vor Aufbringung des Besenstrichs mit zu viel Wasser behandelt worden ist.

Aus diesem Grunde wird die maximal zulässige Menge an Blutwasser im DBV-Merkblatt „Brückenkappen aus Beton“ auch begrenzt. Allerdings sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass sich „gewisse Blutwassermengen“ auch günstig auf die Nachbehandlung des Betons auswirken. Sondern der Beton keinerlei Blutwasser ab, so besteht ein deutlich erhöhtes Risiko, dass der Beton in der Betonrandzone verdurstet.

Liegt aber deutlich zu viel Wasser in der Betonrandzone vor, so weist der Beton hier einen sehr hohen w/z-Wert auf, was mit einer erhöhten Porosität und damit einer Qualitätsreduzierung in der Betonrandzone einhergeht.

Aufgrund der hohen Porosität der Betonrandzone saugt die Betonoberfläche dann deutlich mehr Wasser auf (Bild 14), was die Gefahr der Frost- und Frost-Tausalz-Schäden massiv erhöht.

Das Bild 15 zeigt die Ergebnisse der Bestimmung der kapillaren Saugfähigkeit eines Betons in der Betonrandzone (pink) im Vergleich zum Kernbeton desselben Betons (blau).

Die Ursache für diese deutlich erhöhte Saugfähigkeit der Betonrandzone lag in diesem Fall in einer schlechten Nachbehandlung des Betons, woraufhin dieser in der Betonrandzone „verdurstete“ (erhöhte Restklinkergehalte und starke Fröhschwindrissbildung).

Diese Qualitätsreduzierung lässt sich auch anhand
 – der reduzierten Rohdichte (pinkfarbene Linie in Bild 16) und
 – der reduzierten Druckfestigkeit (blaue Linie in Bild 16)
 des Betons in der Betonrandzone belegen.

Weitergehende Hinweise auf eine nicht sachgerechte Nachbehandlung lassen sich mikroskopisch oder mittels einer Röntgenbeugungsanalyse über die Restklinkergehalte und ggf. das Auftreten von Fröhschwindrissen sammeln.

Aufgrund der oben formulierten Zusammenhänge stellt sich die Frage, ob die Ausführung eines Besenstrichs bei Betonoberflächen überhaupt sachgerecht ist. So ist festzustellen, dass die Aufbringung eines Besenstrichs dazu führt, dass im günstigsten Falle Zementleim an die Oberfläche des Betons gebracht wird. Im ungünstigeren Fall wird bei Einbindung von zusätzlichem Wasser auch noch der w/z-Wert in der Randzone erhöht. Die Frost-Tausalz-Beständigkeit der Randzone wird dadurch massiv reduziert.

Aus diesem Grunde sollten sich Planer fragen, ob es nicht sinn-



MCA – Kontrollsystem für Walzen:

- » Flexibles System zur optimalen Führung der Verdichtungsüberfahrten
- » GNSS-Positionierung
- » Anwendung sowohl im Asphalt- als auch Erdbau
- » Verringert den Verbrauch von Kraftstoff
- » Reduziert den Verschleiß der Maschine
- » Datenspeicherung von Baustelle, Maschinentyp, Fahrer und Projektdaten
- » Qualitätsnachweis durch Aufzeichnung aller Daten
- » Kabelloser Datentransfer von der Walze ins Büro

MOBA[®]
 MOBILE AUTOMATION

it's MOBA
www.moba.de

MOBA Mobile Automation AG • Deutschland
 65555 Limburg • Tel.: +49 6431 9577-0
www.mobacommunity.com

Bild 17: Mikroskopischer Nachweis erhöhter Restklinkergehalte in der Betonrandzone

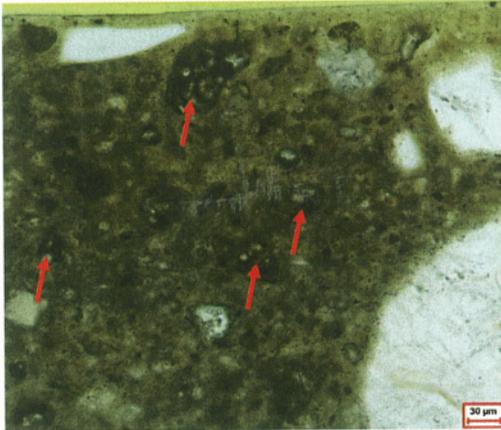


Bild 19: Lokal begrenzte Zementsteinabwitterungen über einem verwitterten Gesteinskorn

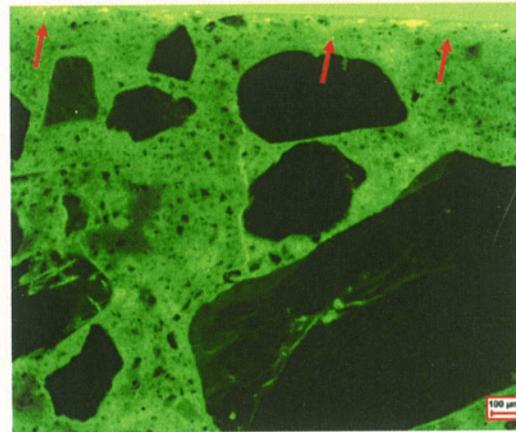


Bild 18: Mikroskopischer Nachweis einer deutlich erhöhten Porosität in der Betonrandzone



Bild 20: Lokal begrenzte Zementsteinabwitterungen über einem dichten Gesteinskorn

voller ist, die Betonoberflächen (sofern aus Gründen der Rutschsicherheit kein erhöhter Verdrängungsraum gefordert wird) stattdessen zu schleifen, da hierbei die minderwertige Betonrandzone entfernt wird.

Abwitterungen oberhalb der Gesteinskörnung

Neben den flächigen und teilflächigen Abwitterungen finden sich häufig auch lokal begrenzt auftretende Abwitterungen. Diese zeigen sich im Regelfall oberhalb der im Beton befindlichen Gesteinskörnung. Häufig wird die Schuld für diese Frostschäden ohne weitere Untersuchungen der Gesteinskörnung zugeordnet, da sich der Schaden nur im Bereich der Gesteinskörner zeigt. Dies ist aber nur zum Teil richtig. So finden sich zwar in einigen Fällen zersetzte Gesteinskörner im Zentrum dieser Abwitterungen, die ihre Ursache tatsächlich im Vorhandensein verwitterungsunbeständiger Gesteinskörner haben (Bild 17), noch häufiger finden sich im Zentrum der Abwitterungen aber völlig intakte Gesteinskörner mit dichtem Gefüge (Bild 18).

Während die nicht ausreichende Verwitterungsbeständigkeit des Gesteinskorns im Bild 19 tatsächlich ursächlich für die Ab-

witterung des Zementsteins ist, weist das im Bild 20 dargestellte Gesteinskorn eine sehr hohe Verwitterungsbeständigkeit auf. Eine reduzierte Verwitterungsbeständigkeit des Gesteinskorns ist hier auf gar keinen Fall verantwortlich für die Frostschäden.

In diesem Fall ist die Entstehung der Abwitterung auf das Zusammenspiel der nachfolgend genannten Effekte zurückzuführen:

- In der Kontaktzone vom Zementstein zur dichten Gesteinskörnung bildet sich aufgrund der sehr geringen Saugfähigkeit des Gesteinskorns eine dünne Zementsteinschicht mit leicht erhöhter Porosität.
- Die Porosität der Gesteinskörnung ist deutlich geringer als die des Zementsteins, sodass dem gefrierenden Wasser in der Kontaktfläche zum Gesteinskorn nur ein sehr geringer freier Expansionsraum beim Gefrieren zur Verfügung steht.

Bewertung von Frost-Schäden aufgrund nicht ausreichend verwitterungsbeständiger Gesteinskörner (Popouts)

Wesentlich für die Bewertung von einzelnen (durch die Gesteinskörnung verursachten) Popouts in einer Betonoberfläche

ist die Frage, in welcher Menge diese Abwitterungen auftreten.

Aus normativer Sicht ist festzustellen, dass auch normenkonforme Gesteinskörnungen gewisse Mengen an verwitterungsunbeständigen Anteilen enthalten können und dürfen. So dürfen Gesteinskörnungen nach DIN EN 12 620 in Verbindung mit DIN 1045-2 im Rahmen des Frostversuches der Gesteinskörnung bis zu 1 M.-% Abwitterungen (Deklaration F1) aufweisen. An dieser Stelle sei darüber hinaus darauf hingewiesen, dass es technisch auch kaum möglich ist, zielsicher Material zu liefern, welches keinerlei verwitterungsunbeständige Bestandteile enthält. Am ehesten ist dies noch bei gebrochenem Material möglich.

Allgemeines zur Bewertung von Frost- bzw. Frost-Tausalz-Schäden an Betonoberflächen

Bei Nutzern besteht häufig der Glaube, dass Betonoberflächen keinerlei Abwitterungen aufgrund einer Frost- bzw. Frost-Tausalz-Einwirkung zeigen dürfen. Eine vollständige Frost- und Frost-Tausalz-Beständigkeit lässt sich aus technischer Sicht – wie oben bereits erläutert – jedoch im Regelfall nicht sicherstellen. Dies wurde auch bei der Festlegung von

Anforderungswerten zur Bewertung der Frost-Tausalz-Beständigkeit von Betonen berücksichtigt. So dürfen Betone im Rahmen von Laboruntersuchungen z. B. auch nach ZTV-ING im Rahmen der Frost-Tausalz-Prüfung eine Abwitterungsrate von $< 1.500 \text{ g/m}^2$ aufweisen, was bezogen auf die Prüffläche einer mittleren Abwitterungstiefe von ca. 0,65 mm entspricht.

Die Schwierigkeit des Sachverständigen bei der Bewertung des Frost-Tausalz-Widerstandes von Bauwerksbetonen besteht nun darin, dass zwar normativ im Rahmen von Laboruntersuchungen eine mittlere Abwitterungsrate von ca. 0,65 mm zulässig ist, diese mittlere Abwitterungsrate aber sicher nicht zur Beurteilung der Mangelhaftigkeit z. B. einer Brückenkappe geeignet ist. Hierbei ist vielmehr zu berücksichtigen, welche Abwitterungsrate ein Bauherr erwarten kann, wenn er eine Brückenkappe üblicher Güte bestellt.

Bei dieser Bewertung muss der Sachverständige ferner berücksichtigen, wie stark der Beton z. B. durch mechanische Beanspruchungen im Rahmen der Nutzung geschädigt worden ist und wie vielen Frost-Tau-Wechseln der Beton bereits ausgesetzt war.

Neben diesen grundsätzlichen Fragen muss sich der Sachverständige auch Gedanken darüber machen, ob der Beton ggf. zu früh mit Tausalzen beaufschlagt worden ist (der Beton sollte zum Zeitpunkt der ersten Frost-Tausalz-Einwirkung ausreichend ausgehärtet sein), oder ob der Beton bereits im jungen Alter ungeplant einer Frost-Einwirkung ausgesetzt war (siehe Abschnitt zur Gefrierbeständigkeit).

Abschließend sollte er (soweit möglich) vor Ort überprüfen, welche Tausalze zur Anwendung gekommen sind.

So zeigte eine Untersuchung der TU Mün-

chen, dass die Verwendung von Calciumchlorid anstelle von Natriumchlorid (im Rahmen von Laboruntersuchungen üblicherweise verwendetes Taumittel) als Tausalz den Frost-Tausalz-Angriff auf den Beton um ca. 70 % erhöht. Hieraus wird deutlich, dass allein die Verwendung von Calciumchlorid als Taumittel ggf. ursächlich für ungewöhnlich hohe Abwitterungsraten an Betonoberflächen sein kann.

Abschließend ist somit festzustellen, dass bei der Bewertung der Ursache gerade von Frost-Tausalz-Schäden eine Vielzahl von Einflussgrößen zu beachten ist, welche die Aufteilung der Schadenskosten signifikant beeinflussen können. In jedem Fall ist zu beachten, dass die Beurteilung derartiger Schäden allein auf Basis der Untersuchung der Frost-Tausalz-Beständigkeit des Bauwerksbetons (z. B. mittels des CDF-Test's) als ausgesprochen kritisch zu bewerten ist, da der Bauwerksbeton im Rahmen seiner Nutzung bereits einer Vielzahl von Beanspruchungen ausgesetzt gewesen sein könnte, die dann einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis der Laboruntersuchungen haben können.

Betonabplatzungen wegen nicht ausreichender Gefrierbeständigkeit des Betons

Neben den oben erwähnten Schäden aufgrund eines nicht ausreichenden Widerstandes gegen Frost- bzw. Frost-Taumittel treten während der Bauphase in der kalten Jahreszeit häufig Betonabplatzungen auf, welche auf eine einmalige Einwirkung von Frost auf den noch nicht ausreichend erhärteten Beton zurückzuführen sind.

Diese Schäden werden vielfach ebenfalls

als Frostschäden bezeichnet, wobei dieser Schaden aufgrund der andersartigen Schadensentstehung vielmehr als Gefrierschaden bezeichnet werden sollte. Diese Schäden können auch bei Betonen mit erhöhtem Widerstand gegen Frost-Taumittel-Angriffe auftreten.

Gefrierschäden sind ursächlich darauf zurückzuführen, dass der Beton zum Zeitpunkt der ersten Frostbeanspruchung noch keine ausreichende Druckfestigkeit ($< 5 \text{ N/mm}^2$) besitzt. Ein Gefrierschaden äußert sich im Bauwerk durch eine geringe Druckfestigkeit der Betonrandzone und durch starke Gefügestörungen im oberflächennahen Beton.

Zum Teil sind unter dem Mikroskop sogar Eisnadelabdrücke im Betongefüge erkennbar.

Derartige Gefrierschäden können dadurch vermieden werden, dass Bauteile, die kurz vor einem Frosteinbruch betoniert werden, vor dem oberflächlichen Gefrieren geschützt werden (Winterbaumaßnahmen). Alternativ können, nach Rücksprache mit dem Planer, höherwertige bzw. schneller abbindende Betone eingesetzt werden, wobei die dann vermehrt entstehende Hydratationswärme und deren Einfluss auf die Rissbildung des Betons zu beachten ist.

In den tiefer liegenden Bereichen der Bauteile weist der Beton nach einem Gefrierschaden normalerweise keine signifikanten Qualitätsbeeinträchtigungen auf, so dass die betroffenen Bauteile (im Regelfall handelt es sich um horizontale Flächen) im Normalfall nicht vollständig rückgebaut werden müssen. Vielmehr sind meist nur die geschädigten Betonrandzonen zu entfernen und im Rahmen einer sachgerechten Sanierung mit geeigneten Ersatzsystemen wieder neu aufzubauen.

Das Handbuch Straßenwinterdienst behandelt aus Sicht der Wissenschaft und der Praxis die Organisation und Durchführung des Winterdienstes auf Verkehrsflächen außerorts wie innerorts. Das in 15 Kapitel gegliederte Werk, inklusive Rechtsgrundlagen, ist mit vielen farbigen Abbildungen ausgestattet.

Handbuch Straßenwinterdienst
 Prof. Dr.-Ing. Walter Durth
 Dr.-Ing. Horst Hanke
 Hardcover, 380 Seiten
 mit vielen Fotos und Grafiken
 Format 17 x 24 cm, 64,- Euro
 ISBN 978-3-7812-1616-7