Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 52-53 (1984-1985)
Heft: 13

Artikel: Chemische Angriffe auf Beton
Autor: Trüb, U.A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153680

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: 23.12.2025

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

CEMENTBULLETIN

JANUAR 1985 JAHRGANG 53 NUMMER 13

Chemische Angriffe auf Beton

Kurzdefinitionen von drei Arten chemischer Einwirkungen auf den Zementstein bzw. auf armierte Betonteile. Notwendigkeit der genauen Differenzierung. Übersicht über die Gegenmassnahmen.

Bei Diskussionen über das Verhalten von Betonteilen an der Witterung und unter zunehmenden chemischen Belastungen fallen die Stichworte «Karbonatisierung», «saurer Regen» und «Tausalz». Alle drei betreffen gänzlich verschiedene Sachverhalte und sollten keinesfalls durcheinander gebracht werden, besonders wenn es gilt, die Einwirkungen zu bestimmen und Gegenmassnahmen anzuordnen. Sanierung und Schutz können jeweils nur Erfolg haben, wenn genau bekannt ist, welchen Angriffen man damit begegnen will.
Im folgenden sollen die drei heute besonders aktuellen chemischen Einwirkungen auf Beton kurz beschrieben und voneinander unterschieden werden.

1. Die Karbonatisierung

Die atmosphärische Luft enthält 0,05% Kohlendioxid, CO_2, ein Gas, das volkstümlich auch einfach Kohlensäure genannt wird. Kohlendioxid hat ein sehr starkes Bestreben, sich mit Calciumhydroxid, $Ca(OH)_2$, zu verbinden, von welchem Zementstein ca. 30% enthält. Die entsprechende Reaktion heisst Karbonatisierung und wird durch folgende Formel beschrieben:

$Ca(OH)_2$	+	CO_2	=	$CaCO_3$	+	H_2O
Calciumhydroxid	+	Kohlendioxid	=	Calciumkarbonat	+	Wasser
«Kalkhydrat»		«Kohlensäure»		«Kalkstein»		

Für diesen Vorgang muss die Luft durch das Kapillarporensystem des Zementsteins, durch Öffnungen kleiner als 0,001 mm, eindringen. Dies setzt voraus, dass diese Poren nicht mit Wasser gefüllt sind. Andererseits führt Porenwasser Calciumhydroxid zur Reaktionsstelle, indem dieses beschränkt wasserlöslich ist (1,3 g/l). Die Grenzfläche zwischen dem vorwiegend trockenen, CO_2-haltigen und dem vorwiegend nassen, $Ca(OH)_2$-haltigen Porensystem bildet die «Karbonatisierungsfront» gemäss Schema Abb. 1. Wenn der molekulare Zustrom von beiden Seiten gleich ist, so verharrt die Karbonatisierungsfront in ihrer Lage und die «Karbonatisierungstiefe» hat einen Endwert erreicht. Das sich ausscheidende Calciumkarbonat ist 100mal weniger wasserlöslich als das Hydroxid. Es schliesst die Gänge ab und behindert den Zustrom von Kohlendioxid.
Bei qualitativ hochstehendem Beton liegt die Karbonatisierungsfront in der Regel auch nach Jahrzehnten nur wenige mm unterhalb der Oberfläche. Bei porösem Zementstein oder bei sonstwie undichtem Beton kann die Karbonatisierungsfront in den Bereich der Bewehrung vordringen. In diesem Falle beginnt das Eisen zu rosten. Es entsteht dabei eine Sprengwirkung, und es kommt zu progressiv sich ausbreitenden Rostschäden.
Die Erfahrung zeigt, dass ein solcher chronischer Schaden nicht eintritt, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: Beton mit 300 oder mehr kg Portlandzement pro m^3, vollständige Verdichtung und normengemässe Überdeckung der Stahlbewehrung. Die Lage der Karbonatisierungsfront lässt sich durch einen einfachen Versuch mit dem Indikator «Phenolphthalein» feststellen.

2. Der Saure Regen

In den Abgasen der Verbrennungsreaktionen befinden sich Oxide des Schwefels und des Stickstoffes, besonders SO_2 und NO_2. Ihre mengenmässigen Anteile richten sich nach dem Schwefelgehalt der Brennstoffe bzw. nach den Bedingungen für den Verbrennungsvorgang im Explosionsmotor. Die Oxide bilden zusammen mit Wasser Säuren, vornehmlich Schwefel- und Salpetersäure. Dadurch entsteht der saure Regen.
Säuren vermögen Teile des Zementsteins und des Betonzuschlages aufzulösen. Es kommt an beregneten Betonoberflächen zu einem Materialabbau, anfänglich in der Grössenordnung von 0,1 mm pro Jahr. Auch dieser Vorgang verlangsamt sich mit der Zeit, indem sich an der Oberfläche immer mehr säurefeste Rückstände anreichern und eine Schutzschicht bilden. Eine in die Tiefe reichende Schwächung des Zementsteines oder gar eine Schädigung der Armierungseisen wird durch den sauren Regen nicht verursacht. Die Betonoberfläche

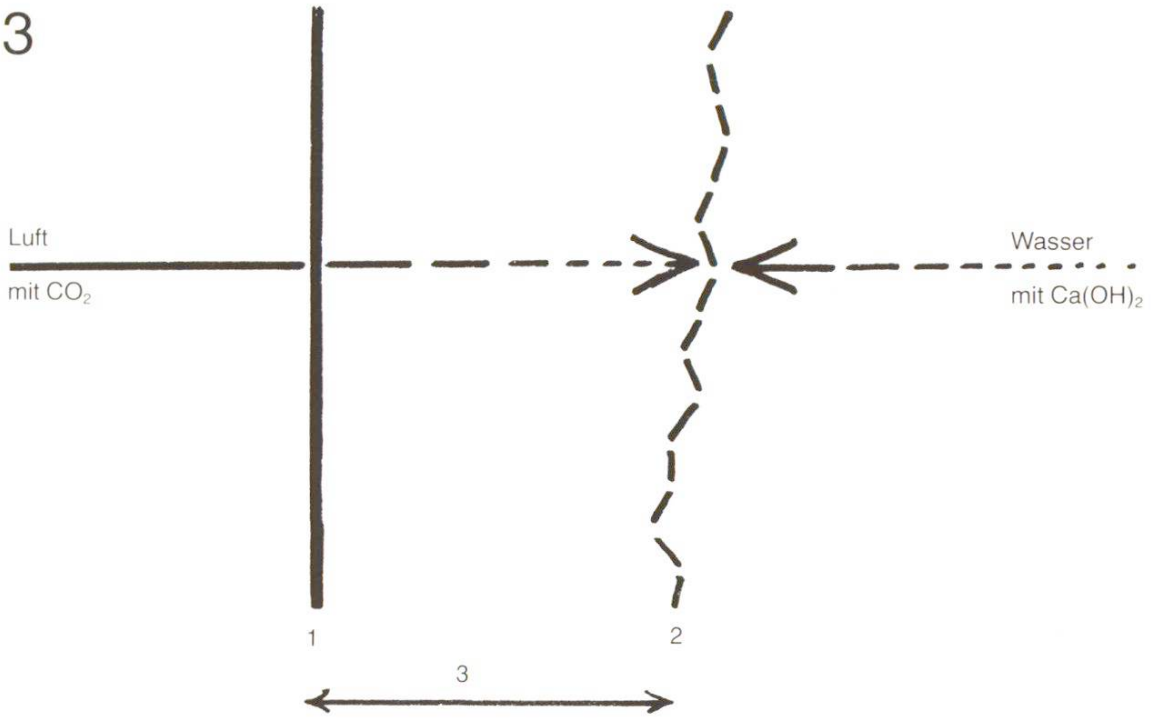

Abb. 1

Schema der Karbonatisierung im Zementstein

1 = Betonoberfläche zum Luftraum
2 = Karbonatisierungsfront = Grenzfläche zwischen dem neutralen, karbonatisierten und dem alkalischen Bereich
3 = Karbonatisierungstiefe

Die Lage der Karbonatisierungsfront bzw. die Karbonatisierungstiefe ist abhängig von der Zufuhr von CO_2 von aussen und von $Ca(OH)_2$ von innen.

nimmt mit den Jahren eine glaspapierähnliche Struktur an, und ihre Farbe wird gleichmässiger und in der Regel etwas dunkler.
Gezielte Massnahmen gegen die Wirkung des sauren Regens sind im Normalfall nicht erforderlich. Es ist selbstverständlich, dass auch in diesem Fall der bessere Beton auch besseren Widerstand bietet.

3. Das Tausalz

Mit dem Ausstreuen von Salz, meistens Kochsalz, NaCl, wird Eis zum Schmelzen gebracht. Die Wirkung beruht auf der Herabsetzung der Schmelz- oder Gefriertemperatur in einem Wasser-Eis-Salz-Gemisch. Das Schmelzen bedarf relativ grosser Energiemengen und deshalb kühlt sich bei diesem Vorgang die Unterlage, z. B. eine Betonplatte, stark ab. Wird zuviel Salz auf einmal ausgestreut, so kann die Abkühlung schockartig erfolgen und damit Spannungsrisse in der Belagsoberfläche erzeugen. Es entstehen dadurch mechanische Schäden, von denen hier aber nicht die Rede sein soll.
Die chemische Schädigung durch Tausalz beruht darauf, dass das Niederschlagswasser durch das gelöste Salz elektrisch leitfähig wird, wodurch alle möglichen Metallkorrosionen stark beschleunigt werden. Wenn Salzwasser in Risse und andere undichte stellen des Betons

eindringt und bis zu den Stahlbewehrungen vorstossen kann, so wird die Rostanfälligkeit verstärkt. Die Schädigung beschleunigt sich, indem Rost treibt und damit zusätzliche Undichtigkeiten erzeugt. Ferner wird der Vorgang durch die Pumpwirkung der Risse bei Wechselbelastungen von Bauwerken verstärkt. Es ist zu beachten, dass Tausalze selber den Zementstein und den Betonzuschlägen chemisch keine Schäden zufügen.
Zur Abhilfe muss man dafür sorgen, dass Salzwasser niemals mit Armierungseisen in Berührung kommen kann. Bei Bauwerken mit Tausalzeinwirkung und Wechselbelastung sind Risse im Beton durch konstruktive Massnahmen möglichst zu vermeiden, und alle armierten Betonteile wären gegen zudringendes Wasser dauernd zu schützen.

Ergänzungen und Zusammenfassung

Der armierte Beton mit Portlandzement als Bindemittel ist seit langem der erfolgreichste Baustoff. In Deutschland und in den Vereinigten Staaten z.B. bestehen schon seit 80 Jahren Betonvereine, welche die Qualität und die Bewährung des Betons im Auge behalten. Ähnliche Institutionen wirken heute fast in jedem Land.
Die Probleme der Karbonatisierung sind diesen Stellen längst bekannt. Sie sind aber erst in den letzten Jahren aktuell geworden, indem nun doch schon viele Betonbauten ein hohes Alter erreicht haben, aber auch weil man da und dort entgegen den Ratschlägen beispielsweise die «Eisenüberdeckung» zu klein wählte oder mit zuviel Wasser und zuwenig Zement arbeitete. Die langjährige Erfahrung zeigt, dass man zur Abwehr der Karbonatisierungsschäden einfach die Vorkehren für guten Beton anwenden muss mit bester Beachtung des Wasserzementwertes und der Verarbeitung. Auch die vernünftige «währschafte» Dimensionierung der Bauteile gehört dazu.
Die sichtbare Wirkung des sauren Regens ist ebenfalls nicht neu. Gleiche Bilder entstehen durch die auflösende Kraft von weichem Regenwasser, nur eben viel langsamer. Auch reines Wasser kann wie eine Säure wirken. Der Reaktionsumsatz hängt von der Konzentration der «Säureteilchen» im Wasser ab, d.h. vom pH-Wert.
Wichtig ist vor allem die Beobachtung, dass sich die Wirkung auf die Oberfläche des Betons beschränkt und dass sich dort auch säurefeste Rückstände als Schutzschicht aufbauen.
Die Tausalzschäden bilden ein neuartiges Problem. Man weiss, dass die oberflächlichen Absprengungen den unvermittelt auftretenden Spannungen infolge übermässiger Salzbestreuung zuzuschreiben sind und dass eine chemische Schädigung des Zementsteines und des Betonzuschlages durch Tausalze nicht erfolgt. Hingegen besteht

die erhöhte Gefahr für Metallkorrosionen, wie man sie im Zusammenhang mit Meerwasser kennt, und auch an unseren Autos mit Verdruss feststellt.

Zur Abwehr der korrosiven Tausalzschäden gibt es Massnahmen in drei Richtungen:

- Schutz der Metalle vor zudringendem Salzwasser durch konstruktive und stoffliche Vorkehren
- Elektro-Korrosionsschutz
- Verzicht auf Tausalz bei empfindlichen Bauwerken und Anwendung anderer Enteisungsmittel

Dr. U. A. Trüb, TFB

Cementbulletins mit ähnlicher Thematik:
17/1979, Korrosionsgefahr der Armierung im Beton
7/1980, Vorgänge an der Betonoberfläche
9/1982, Langjährige Bewährung von Beton

TFB

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