

Die Kalksanierung

Verfahren zur Sanierung chlorwasserstoffgasbeaufschlagter Stahlbeton-Elemente

Dr. Lowicki, Dr. Schuh, C. Reiter und F. Spalke

1. Sachverhalt

Bei den meisten Brandschäden, vorwiegend im industriellen Bereich, kommt es infolge der thermischen Zerstörung von chlorierten Kohlenwasserstoffen, zumeist in Form von PVC-Kunststoffmaterialien, zu einer Freisetzung von Chlorwasserstoffgas (HCl) [1] u. [2].

Führt dieses Zersetzungsprodukt zu einer Beaufschlagung auf Stahlbeton-Elementen, so müssen diese einer Sanierung unterzogen werden.

Zur wirksamen Reduzierung der Chloridanteile auf betroffenen Stahlbeton-Flächen standen je nach Beaufschlagungsgrad verschiedene Methoden bislang zur Diskussion:

- 1.1. Trockenreinigung
- 1.2. Reinigung im Naßverfahren
- 1.3. Sanierung durch mechanischen Abtrag des verseuchten Betons.

Bei der Anwendung der verschiedenen Sanierungsmöglichkeiten wurden folgende Erfahrungen gesammelt ([1] S. 18):

Zu 1.1. Die Reinigung von brandverschmutzten Gebäudeoberflächen im Trockenverfahren, z. B. durch Absaugen und Abbürsten, ist in der Regel

nur möglich, wenn eine locker aufsitzende, leicht zu entfernende Verrußung vorliegt. Ferner ist Voraussetzung für diese Reinigungsmethode, daß nur eine Oberflächenbeaufschlagung vorliegt, also keine merkliche Einwanderung der Chloride in den Stahlbeton abgelaufen ist.

Unter dieses Reinigungsverfahren einzuordnen ist auch die Methode des Sandstrahlens.

Es zeigt sich in der Praxis, daß das Sandstrahlen lediglich bei einer Oberflächenbeaufschlagung ohne nennenswerte Chlorideinwanderung in den Beton anzuwenden ist. Schon bei einer Eindringtiefe um etwa 2 mm ist die Methode des Sandstrahlens zumeist nicht mehr ausreichend, da der Aufwand sehr erheblich ist.

Trockenreinigung und Sandstrahlen setzen dazu noch voraus, daß alle beaufschlagten Flächen zugänglich sind; d. h. sie müssen weitgehend und in größerem Umgriff erreichbar sein.

Die Konsistenz der mechanisch abgetragenen Substanz — im Regelfall feinste Ruß- bzw. Staubpartikel mit hohem Chloridgehalt — erfordert weiterhin einen gediegenen Schutz der umgebenden Bauteile — z. B. Glasflächen, Fußböden, Wand- und Deckenbeläge — und der an Ort und Stelle verbleibenden Betriebseinrichtungen. Beide Schutzmaßnahmen rufen hohe zusätzliche Aufwendungen hervor.

Zu 1.2. Die Naßreinigung im Heißwasserhochdruck-Reinigungsverfahren (Dampfstrahlverfahren) hat sich in vielen Fällen als Sanierungsmöglichkeit

gut bewährt. Sie ist mit gutem Erfolg anzuwenden bei dichtem Beton, also Beton mit einer geringen Porosität, der eine nicht zu hohe Oberflächenbeaufschlagung und keine erhöhte Eindringtiefe aufweist.

Die kritische Grenze der Oberflächenbeaufschlagung ist abhängig von der jeweiligen Porosität des betroffenen Betons. Als kritische Grenze für die Chlorideindringtiefe ist ein Bereich um etwa 3–5 mm anzusehen.

Sind diese Gegebenheiten erfüllt, geringe Beton-Porosität mit nicht allzu gravierender Oberflächenbeaufschlagung, verbunden mit einer nicht überhöhten Eindringtiefe, dann ist die mit Sorgfalt durchgeführte Heißwasserhochdruck-Reinigung in den meisten Fällen zu empfehlen.

Sind die genannten Bedingungen nicht gegeben,

liegt also ein Baustoff mit einer erhöhten Porosität, verbunden mit einer erhöhten Oberflächenbeaufschlagung oder aber bereits eine nennenswerte Eindringtiefe bis über den Bereich von 5 mm vor,

so reicht erfahrungsgemäß das Dampfstrahlen bzw. die Heißwasserhochdruck-Reinigung nicht mehr aus. Wie eine Reihe von Probe-Dampfstrahlungen an beaufschlagten Betonflächen ergeben hat, kommt es hierbei nur zu einer Reduzierung des Chloridanteiles in der Oberflächenschicht bis in eine Tiefe von ca. 2–3 mm.

Die darauffolgenden Schichttiefen werden in der Regel nicht erfaßt, so daß hier keine Chloridreduzierung mehr

Dr. rer. nat. Christoph Lowicki, Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Rudolf Schuh, Chem. Labor, München, Ltd. Baudirektor i. R. Dipl.-Ing. Caspar Reiter, München und Baudirektor Dipl.-Ing. Fritz Spalke, Bayerische Versicherungskammer, München.

erfolgt. Ferner konnte in vielen Fällen infolge des Wasserangebotes eine kapillare Einwanderung in den Baustoff festgestellt werden, verbunden mit einer merklichen Verschleppung der Chloride in tiefere Bereiche. Daher werden häufig nach einer solchen Naßreinigung Chloridanteile in einer Schichttiefe angetroffen, die vor der Reinigung chloridfrei war. Ferner hat sich bei Baustoffen mit einer hohen Saugfähigkeit infolge ihrer Porosität, also vor allem Bims- und Gasbeton, die Methode der Naßreinigung nicht bewährt. Hier konnte in der Regel eine deutliche Einwanderung der Chloride in die Bausubstanz infolge des erhöhten Feuchtigkeitsangebotes beobachtet werden. Da im Falle des Gas- und Bimsbetons die Bewehrungsstähe von Natur aus keine korrosionshemmende, alkalische Umgebung aufweisen, sind Bauteile aus diesen Baustoffen durch eingewanderte Chloridanteile um so mehr gefährdet.

Zusätzlich ist bei der Methode des Dampfstrahlens das Problem der Beseitigung des anfallenden Reinigungswassers zu beachten. Infolge des überhöhten Feuchtigkeitsangebotes verbietet sich daher diese Methode in der Regel z. B. bei Industrie-Holzböden oder aber bei Magnesit- und Anhydritestrichen.

Für empfindliche Ausbauteile oder Betriebseinrichtungen, die durch Feuchtigkeit gefährdet sind, werden häufig umfangreiche Schutzmaßnahmen erforderlich, die bis zur vollständigen Demontage reichen können.

Zu 1.3. In den Fällen, bei denen die vorgenannten Reinigungs- und Sanie-

rungsmethoden nicht mehr ausreichten, wurde bislang die geschädigte Betonschicht abgestemmt [3].

Die abgetragene Betonsubstanz wurde durch Spritzbeton wieder ersetzt [4]. Diese Methode stellt eine sichere Möglichkeit zur Reduzierung der Chloridanteile im Stahlbeton dar. Jedoch ist sie mit einem sehr hohen wirtschaftlichen Aufwand verbunden und macht umfangreiche Vorbereitungsmaßnahmen (Rüst- und Schalungsarbeiten, Absichern der näheren Umgebung gegen Verschmutzung durch chloridhaltigen Staub usw.) notwendig. Dadurch wird dieses Verfahren zu dem bei weitem teuersten innerhalb der Palette der genannten Sanierungsmethoden. Hinzu kommt als weiterer wirtschaftlich belastender Kostenfaktor, daß in der Regel bei Abspitz- (Stemm-) und Spritzbetonarbeiten eine länger dauernde Betriebsunterbrechung zwangsläufig in Kauf genommen werden muß.

Zur Sanierung von gravierenden Begasungsschäden an Stahlbetonbauteilen, bei denen die genannten Verfahren versagen, das Abspitz- und Aufbringen von Spritzbeton jedoch mit zu hohem Aufwand, ferner evtl. mit einer verlängerten Betriebsunterbrechung verbunden wäre, wurde daher nach einer weiteren Methode gesucht.

Es bot sich hierbei die bereits in einem früheren Schadenfall ([1] S. 12 u. [5] S. 45) angewandte Methode einer Kalkbreibeschichtung des beaufschlagten Stahlbetons an. Diese Methode wurde seit dem Jahr 1970 vorwiegend in Süddeutschland im Bereich der

Bayerischen Versicherungskammer systematisch untersucht und vervollkommen, so daß mittlerweile gesicherte Resultate feststehen.

2. Beschreibung der Methode der „Kalksanierung“

Anhand der Resultate zahlreicher Anwendungsbeispiele kristallisierte sich die im folgenden kurz beschriebene Anwendungsmethode als erfolgversprechendste und wirtschaftlichste Lösung heraus:

Es ist zunächst ein Weißkalkhydratbrei mit möglichst wenig Wasser anzusetzen. Dieser ist zur Erhöhung der spezifischen Oberfläche mindestens 8 Stunden lang „einzusumpfen“. Anschließend ist dieser Brei maschinell mit handelsüblichen Innenputzmaschinen auf die brandverschmutzte Oberfläche ohne Vorbehandlung aufzubringen. Nur in Sonderfällen, z. B. bei einem locker aufsitzenden und sehr stark chloridhaltigen Ruß, ist dieser vorher durch Absaugen zu entfernen.

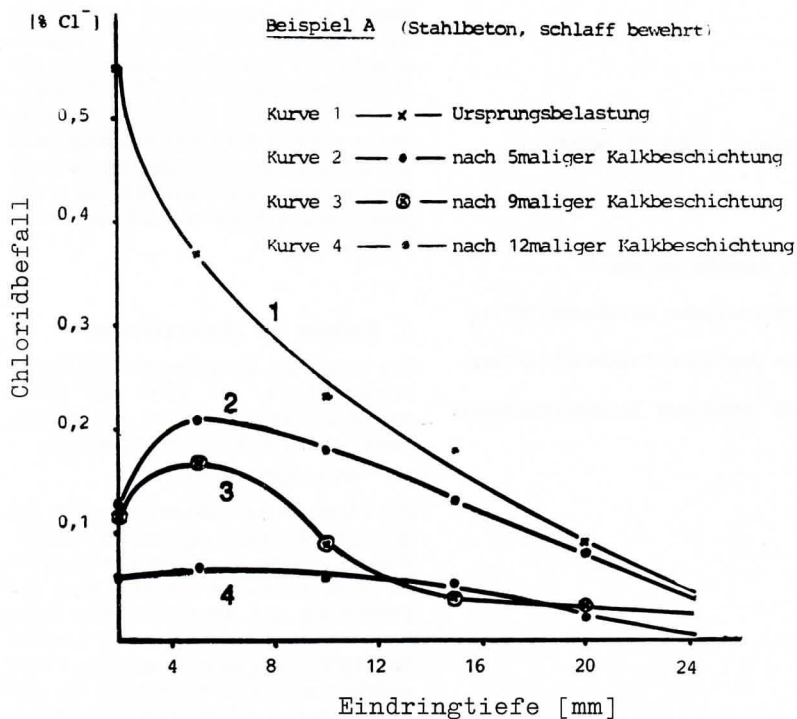
Die Schichtdicke sollte im Mittel 8 mm betragen. Wird der Brei mit wenig Wasser angesetzt, so ergibt sich diese Schichtdicke zwangsläufig beim maschinellen Auftrag. Nach einer genau einzuhaltenden Abtrocknungszeit zwischen 8 bis 12 Stunden ist die abgetrocknete Kalkschicht, die zum Teil während des Abtrocknens von sich aus abfällt, abzustoßen bzw. abzufegen.

Die entfernten Kalkreste können unbedenklich deponiert werden. Anschließend sind je nach Beaufschlagungshöhe und Eindringtiefe der Chloride

Beispiel A	ursprüngl. Belastung		nach 5maliger Kalkbeschichtung		nach 9maliger Kalkbeschichtung		nach 12maliger Kalkbeschichtung	
	Eindringtiefe mm	Alkalität [mval Ca(OH) ₂ /10 g]	[% Cl ⁻]	Alkalität [mval Ca(OH) ₂ /10 g]	[% Cl ⁻]	Alkalität [mval Ca(OH) ₂ /10 g]	Alkalität [mval Ca(OH) ₂ /10 g]	[% Cl ⁻]
	0— 2	0,4	0,55	1,8	0,13	2,2	2,8	0,06
	2— 5	0,9	0,27	1,2	0,21	3,7	4,1	0,07
	5—10	1,4	0,23	4,0	0,18	4,8	5,2	0,06
	10—15	1,5	0,18	16,4	0,13	18,5	18,8	0,05
	15—20	1,9	0,09	18,2	0,08	23,0	26,0	0,02

Beispiel B	ursprüngl. Belastung		nach 5maliger Kalkbeschichtung	
	Eindringtiefe mm	Alkalität [mval Ca(OH) ₂ /10 g]	[% Cl ⁻]	Alkalität [mval Ca(OH) ₂ /10 g]
	0— 2	0,3	1,40	4,6
	2— 5	1,0	0,83	8,9
	5—10	2,2	0,55	27,4
	10—15	7,0	0,09	29,2

Beispiel C	ursprüngl. Belastung		nach 4maliger Kalkbeschichtung		nach 7maliger Kalkbeschichtung		nach 10maliger Kalkbeschichtung	
	Eindringtiefe mm	Alkalität [mval Ca(OH) ₂ /10 g]	[% Cl ⁻]	Alkalität [mval Ca(OH) ₂ /10 g]	[% Cl ⁻]	Alkalität [mval Ca(OH) ₂ /10 g]	Alkalität [mval Ca(OH) ₂ /10 g]	[% Cl ⁻]
	0— 2	1,25	1,80	1,5	0,22	1,80	4,1	0,08
	2— 5	5,4	0,45	14,2	0,21	5,90	18,7	0,08
	5—10	10,0	0,20	31,2	0,11	24,4	33,1	0,08
	10—15	15,4	0,05	33,3	0,09	33,1	36,0	0,04



Fehler in der Verfahrensdurchführung machen sich meist in einer übermäßigen Häufung zusätzlich erforderlicher Beschichtungsvorgänge bemerkbar, wie die Beispiele C und vor allem A verdeutlichen. Es ist jedoch hierbei immer zu berücksichtigen, daß selbst bei einer 10- bis 12fachen Beschichtung die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens noch bei weitem gewährleistet ist.

Anhand der einzelnen Kurvenverläufe läßt sich ablesen, daß bereits die ersten 4 bis 5 Beschichtungen eine erhebliche Reduzierung der Chloridanteile herbeigeführt hatten. Diese wirkt sich besonders stark in der Schicht bis etwa 5–8 mm aus.

Es ist weiter zu erkennen, daß im gesamten untersuchten Querschnitt eine gleichmäßige Reduzierung abläuft, so daß schließlich eine fast gradlinige Chloridkonzentrationskurve resultiert.

Das Verhalten der einzelnen Kurven macht einmal den Einfluß der Porositätswerte der Bausubstanzen deutlich, zum anderen zeigen sich gewisse Feh-

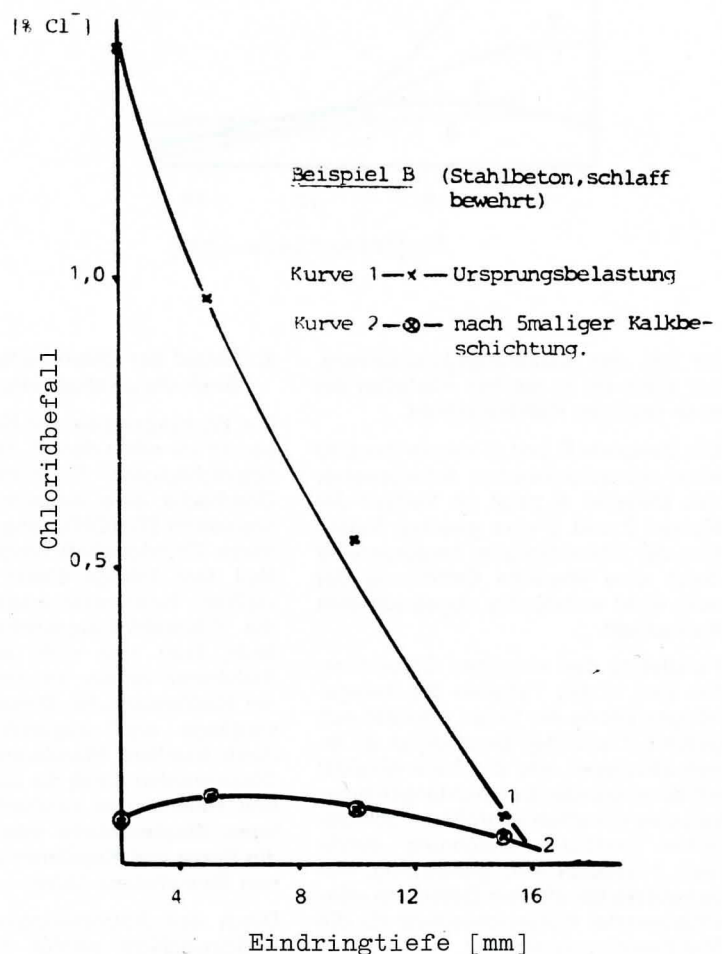
weitere Beschichtungen in der genannten Weise vorzunehmen. Anhand von chemischen Nachuntersuchungen ist festzustellen, ob der „Gesundwert“ des Betons erreicht worden ist oder aber ob weitere Beschichtungen notwendig sind.

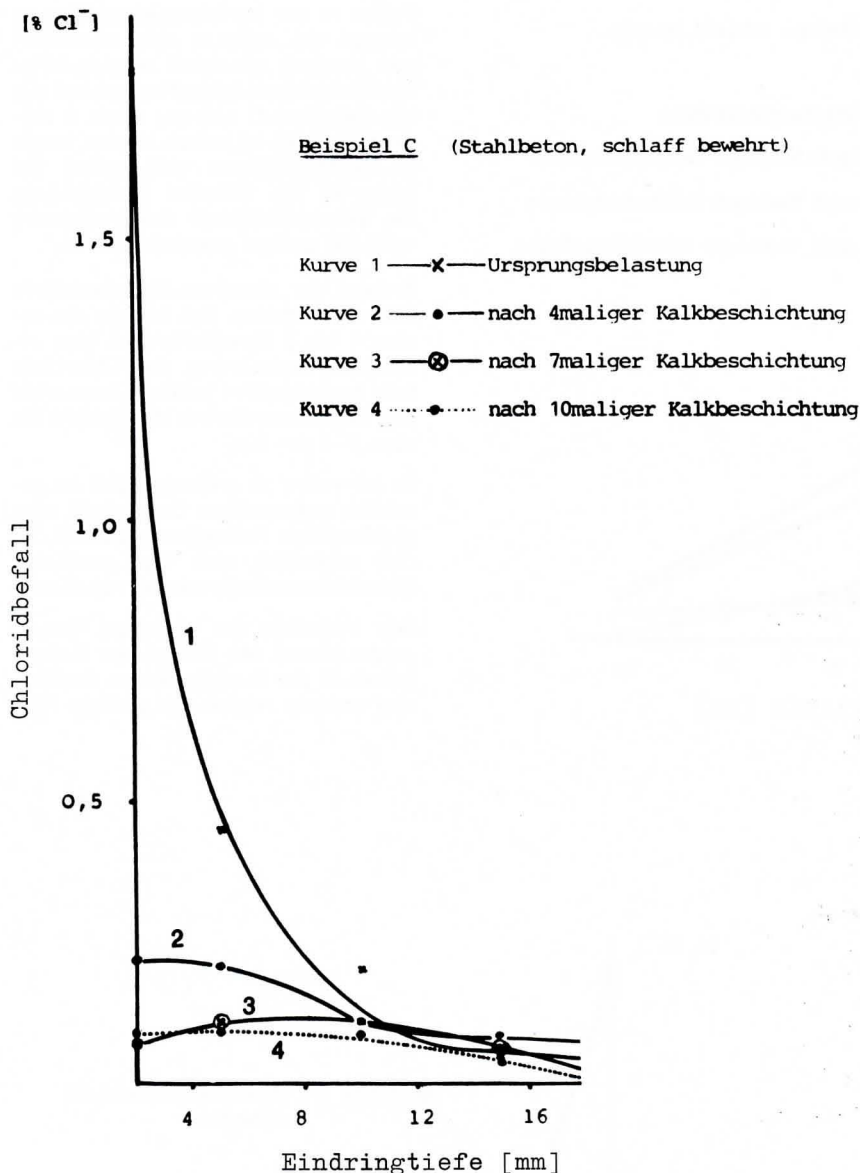
3. Sanierungsbeispiele

Im folgenden wird die Sanierung von drei herausragenden Schadenfällen geschildert, bei denen zum Teil sehr hohe Oberflächenbeaufschlagungen mit Eindringtiefen bis über den Bereich von 15 mm Tiefe hinaus erfolgt waren [6]. Anhand der aufgeführten Tabellen und Diagramme läßt sich ablesen, wie durch die einzelnen Beschichtungsvorgänge eine schrittweise Chloridreduzierung im Stahlbeton erfolgte.

Bei den genannten Fällen hätte eine Reinigung im Naßverfahren, also z. B. im Heißwasserhochdruckverfahren, keinen ausreichenden Sanierungserfolg mehr erbracht.

Die drei folgenden Beispiele wurden ausgewählt, um zu zeigen, wie die Methode der stufenweisen Reduzierung der Chloridkonzentration bei in etwa vergleichbaren Oberflächenbelastungen und Eindringtiefen wirksam wird. Vor allem bei der Gegenüberstellung der Beispiele B und C wird ersichtlich, daß bei sorgfältiger Beachtung der einzelnen Arbeitsschritte eine sehr rasche Reduzierung eintritt, welche durch weitere Beschichtungen beliebig intensiviert werden kann.





ler bei der Sanierungsdurchführung, vor allem ein zu rasches Abstoßen der noch feuchten Kalkbreischicht.

Die Beispiele B und C zeigen das Bild einer wünschenswerten Arbeitsweise; das Beispiel A zeigt im Verlauf der Kurven 2 und 3 eine gewisse Retention der Chloridanteile, hervorgerufen durch eine übereilte Entfernung der noch nicht vollständig abgetrockneten Kalkschicht.

Parallel zu den einzelnen Chloridwerten sind in den Tabellen die dazugehörigen Werte der freien Alkalität aufgeführt $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$. Deutlich ist an ihnen abzulesen, wie die freie Alkalität mit zunehmender Beschichtungshäufigkeit eine vor allem in größeren Schichttiefen merkbare Steigerung durchläuft. Hierdurch wird gleichzeitig, insbesondere bei älterem Beton, ein wünschenswerter Korrosionsschutz für die Stahlbewehrung erreicht.

4. Ablauf der Chloridreduzierung durch die „Kalksanierung“

Die Wirkungsweise der Kalksanierung beruht vor allem darauf, daß dem chloridgeschädigten Stahlbeton an der Oberfläche eine wasserhaltige Kalkbreischicht $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ angeboten wird, deren Chloridgehalt baupraktisch bei Null liegt. Infolge dieses neu hergestellten Konzentrationsgefälles wird die Chloriddiffusionsrichtung umgelenkt, läuft also nicht mehr in den Stahlbeton hinein, sondern zurück in die Kalkbreischicht. Diese Diffusionsvorgänge sind zugleich überlagert durch kapillare Wanderungsvorgänge. Diese werden durch die aus dem Kalkbrei stammenden calciumhydroxidhaltigen Wasseranteile möglich, welche die Poren und Kapillaren der betroffenen Bausubstanz füllen.

Durch den Abtrocknungsvorgang der Kalkbreischicht erfolgt nunmehr die

kapillare Rückwanderung und damit der Transport der gelösten Chloridanteile von innen nach außen an die Betonoberfläche und somit in die Kalkbreischicht selbst. Durch den Abtrocknungsvorgang der Kalkbreischicht wird die Diffusionsgeschwindigkeit der aufgenommenen Chloridanteile so stark gemindert, daß keine Rückwanderung möglich ist.

5. Vorteile der „Kalksanierung“

Die einzelnen Vorteile der Kalksanierungsmethode, vor allem als Alternative für das Abstemmen des Betons, haben sich wie folgt herausgestellt:

5.1. Wirtschaftlichkeit

Die Methode der Kalksanierung ist mit geringem Aufwand verbunden. Infolgedessen konnte ein Quadratmeterpreis für eine einmalige Beschichtung mit Entfernung des abgetrockneten Kalkbreies etwa zwischen 4,— und 5,— DM für 1976 festgestellt werden. Vergleicht man hierzu die Kosten für das Abstemmen und Aufbringen von Spritzbeton, die sich je nach Aufwand zwischen dem 50- bis 80fachen Preis pro Quadratmeter bewegen, so wird der ganz erhebliche wirtschaftliche Faktor der Kalksanierungsmethode, selbst bei mehrmaligem Auftrag, vor allem gegenüber dem Abstemmen und Wiederaufbringen im Spritzbetonverfahren ersichtlich.

5.2. Betriebsunterbrechung

Im Gegensatz zu den Methoden der Betonoberflächenerneuerung ist bei der Kalksanierung in den überwiegenden Fällen, wenn überhaupt, eine nur kurzfristige Betriebsunterbrechung notwendig, da die Umwelt wenig belastet wird und sich mit relativ geringem Aufwand schützen läßt.

5.3. Bautechnische Vorteile

Jede mechanische Behandlung einer Betonoberfläche führt zu strukturellen Veränderungen.

In vielen Fällen mag es angehen, daß solche Eingriffe die Oberfläche eines Bauteiles verändern. Steht jedoch das Erfordernis im Vordergrund, eine Betonfläche auf jeden Fall in ihrer vom Entwurfskonzept her bestimmten Art zu erhalten (z. B. bei Sichtbetonflächen), dann verbietet sich jeder mechanische Eingriff, wenn dadurch Form, Struktur oder der natürliche Farbton verändert werden würden.

Häufig ergibt sich aber aus anderen bautechnischen, statischen oder betrieblichen Forderungen die Notwendigkeit, neben der homogenen Substanz auch die Oberfläche des Bauteils exakt in ihrer ursprünglichen Lage zu halten. Ein Beispiel hierfür stellen z. B. Fertigbauteile dar, die eine außerordentlich genaue Einpassung erfordern. Bei geringen Chlorid-

belastungen wäre hier eine Sanierung unter Einsatz der eingangs beschriebenen Methoden 1.1. und 1.2. möglich. Vom Erfolg her gesehen und dazu in einfachster, kostensparender Weise garantiert die Kalksanierung die absolut oberflächenschonende Wiederherstellung.

5.4. Geringe Belastung der Umwelt

Ferner bietet sich die Kalksanierung in Fällen an, in denen z. B. beim Dampfstrahlverfahren durch das anfallende Waschwasser eine ernsthafte Beeinträchtigung der Umwelt gegeben wäre.

Dies trifft z. B. im Gebäudebereich für Baustoffe zu, die keiner erhöhten Feuchtigkeit ausgesetzt werden dürfen, vor allem also Anhydrit- und Magnesit-Estrichböden, oder aber Industrielholzfußböden. Jedoch sind in die Reihe der feuchtigkeitsgefährdeten Baustoffe auch Gips-, Bims- und Gasbetonelemente in vielen Fällen mit einzubeziehen.

5.5. Bauchemische Vorteile

Durch die Methode der Kalkbeschichtung kommt es darüber hinaus zwangsläufig noch zu einer Erhöhung der natürlichen Alkalität der Bausubstanz und damit zu einem gesteigerten Korrosionsschutz für die Stahlbewehrung (s. Punkt 3., Tabellenwerte) [5].

Dieser Vorteil kommt vor allem bei älterem, bereits weitgehend carbonatisierten Beton zum Tragen, besonders wenn hierbei die Stahlbewehrung nicht die geforderte Betonüberdeckung aufweist.

Es ist daher fehlerhaft, andere alkalisch reagierende Mittel (z. B. Soda $[\text{Na}_2\text{CO}_3]$, Amine usw.), wie sie beim Dampfstrahlverfahren häufig Verwendung finden, einzusetzen ([7] S. 103).

6. Fehlermöglichkeiten bei der Kalksanierung

Bei der systematischen Erprobung der Methode der Kalksanierung zeigte sich, daß trotz der relativ einfachen und problemlosen Durchführbarkeit der Methode die einzelnen Arbeitsschritte genau eingehalten werden müssen.

Folgende Punkte sind besonders zu beachten:

6.1. Wassergehalt

Der Wassergehalt des Kalkbreies sollte möglichst niedrig liegen. Mit erhöhten Wasseranteilen, z. B. falls statt eines Breies ein Anstrich aufgetragen wird, ist die Gefahr der Einwanderung der Chloridanteile in tiefere Betonschichten gegeben.

6.2. Schichtdicke

Die Schichtdicke des Kalkbreies sollte im Mittel 8 mm betragen.

Bei einer Unterschreitung dieses Wertes ist die Schicht hinsichtlich ihrer Aktivität und Kapazität überfordert; infolge des nur relativ geringen Feuchtigkeitsangebotes kommt es nur zu einem geringfügigen Einwandern der Calciumhydroxid-Anteile in den Beton. Ferner trocknet diese Schicht relativ rasch ab, was ebenfalls die Wirkungsweise stark reduziert. Weiterhin ist eine nur dünne Schicht beschränkt aufnahmefähig für erhöhte Chloridanteile, so daß die Diffusionswanderung, ausgelöst durch Konzentrationsunterschiede zwischen den einzelnen Schichten, kaum gefördert bzw. rasch unterbunden wird.

6.3. Abtrocknungsdauer

Die Zeiten für die Abtrocknung der Kalkbreischicht sind genau einzuhalten. Eine Unterschreitung der Trocknungsdauer von acht Stunden hat sich in vielen Fällen als negativ herausgestellt, da die kapillaren Wanderungs- und Diffusionsbewegungen gewisse Zeitspannen benötigen. Durch eine zu rasche Abtrocknung wird erfahrungsgemäß die „Feuchtigkeitsbrücke“ in den Kapillaren unterbrochen, so daß eine wirksame Reduzierung der Chloridanteile oftmals nicht erreicht wird. In extremen Fällen kann es sogar durch die im Beton verbleibende Restfeuchtigkeit zu einem weiteren Einwandern der Chloride in tiefere Schichten kommen. Zur Vermeidung einer zu frühen Abtrocknung kann die Kalkbreischicht durch einen Wassernebel nachgefeuchtet werden.

Eine wesentliche Überschreitung der Abtrocknungszeiten, also deutlich über 12 Stunden, bringt ebenfalls keine günstigen Ergebnisse, da zu diesem Zeitpunkt bereits Chlorid-Rückwanderungen und Rückdiffusionen aus der Kalkschicht in den Beton stattfinden. Der Abtrocknungsprozeß ist daher bei ungünstigen Trocknungsbedingungen mit Heizlüftern oder kalter Bautrocknung ([1] S. 11/12 u. [2] S. 20) so zu steuern, daß die geforderten Abtrocknungszeiten eingehalten werden. Als äußerst negativ hat sich herausgestellt, den Kalkbrei in noch feuchtem Zustand abzustößen. Auch hierbei verbleiben erhöhte Feuchtigkeitsreste im Beton, welche eine weitere Einwanderung der Chloride in tiefere Schichten begünstigen.

7. Zusammenfassung

Aufgrund der erhaltenen Erfahrungen bezüglich der verschiedenen Sanierungsmaßnahmen kristallisierten sich vor allem in der letzten Zeit zwei Verfahren heraus:

Für Schäden mit einer nur geringfügigen Oberflächenbelastung, verbunden mit einer nur geringen Einwanderungs-

tiefe der Chloride, ist meistens die Dampfstrahlmethode erfolgversprechend.

In allen übrigen gravierenden Fällen hat sich die Methode der „Kalksanierung“ aus bauchemischer und bauphysikalischer Sicht als überlegen erwiesen. Sie ist durch mehrmalige Anwendung auch in der Lage, sehr hohe Beaufschlagungen und Chloridanteile in tieferen Schichten bis etwa 20 mm wirksam zu reduzieren. Zudem führt sie zu einem merklichen Anstieg der natürlichen Alkalität des Betons und somit zu einem erhöhten Korrosionsschutz der Stahlbewehrung.

Ferner ist mit den geringen Quadratmeter-Preisen pro Beschichtungsvorgang eine hohe Wirtschaftlichkeit des Verfahrens gegeben. Hinzu kommt, daß in den meisten Fällen eine verlängerte Betriebsunterbrechung vermieden werden kann. Infolgedessen kann die Methode als wirksame Alternative gegenüber der bei gravierenden Schäden angewendeten Betonoberflächenerneuerung angesehen werden.

Literatur:

- [1] C. Reiter:
Das Schadenrisiko neuzeitlicher Kunststoffe – Möglichkeiten einer Verminderung des Risikos
Bayerische Versicherungskammer 1969/1970
- [2] R. Schuh:
Folgeschäden von Bränden mit Beteiligung des Werkstoffes PVC
Bayerische Versicherungskammer 1969/1970
- [3] D. Briesemann, H. Greger:
Zur Frage der Chloridwanderung in PVC-Schmelzgasen ausgesetzttem Beton
Betonzeitung 1970, Heft 5
- [4] G. Ruffert:
Der Einsatz des Betonspritzverfahrens
schadenprisma, Heft 1/1977, S. 11 ff.
- [5] R. Schuh:
Erfahrungen bei der Beurteilung von PVC-Brandschäden an Gebäuden
Allianz-Bericht Nr. 19/1973, S. 38 ff.
- [6] H. Martin:
Zeitlicher Verlauf der Chloridionenwanderung in Beton, der einem PVC-Brand ausgesetzt war
Betonzeitung, 41. Jahrgang, 1975, Bauverlag, S. 19–24 u. 89–95
- [7] F. W. Locher, S. Sprung:
Einwirkung von salzsäurehaltigen PVC-Brandgasen auf Beton
Zeitschrift Beton 1970, Heft 2, Beton-Verlag, Düsseldorf