

Weiterentwicklung der Extraktionssanierung

A. Oehme, H. Bernhardt

Zusammenfassung

Die Extraktionssanierung zur Entfernung von Chloriden aus Beton und Leichtbeton, bisher überwiegend mit Kalkbrei, wurde durch Wahl eines anderen Materials verbessert. Die Nachteile, die bei der Verwendung von Weißkalkhydrat auftreten und den Erfolg der Sanierung beeinflussen, konnten ausgeschaltet werden. Die Effektivität der Extraktionssanierung konnte gesteigert werden, insbesondere bei der Sanierung von Leichtbetonen. Die grundlegenden Versuche zur Entwicklung der Methode werden hier beschrieben.

Ausgangssituation

Bei Versuchen [1] zur Sanierbarkeit von Gasbeton durch die Extraktion der Chloride mit Weißkalkhydrat-Brei [2] stellte sich heraus, daß die Wasseraufnahme des Gasbetons aus der Kalkschicht so groß ist, daß der Kalk durch Austrocknen innerhalb der ersten Stunde nach dem Aufbringen einreißt und sich in Schollen aufwölbt. Nach dieser „Sanierung“ zeigte das Konzentrationsprofil über die Tiefe im Gasbeton, daß die Chloride aus der oberflächenschicht in die Tiefe gespült worden waren. Alle weiteren Sanierungsgänge spülten die Chloride nur noch tiefer ein.

Bei der Extraktionssanierung von Normalbeton mit Kalkbrei strömt zunächst Feuchtigkeit von der Kalkschicht in den Beton und spült dabei die Chloride aus der oberflächenschicht ins Innere hinein. Gleichzeitig verdunstet aber auch Feuchtigkeit aus der Kalkoberfläche in die Umgebung, wodurch ein Rückströmen der Feuchtigkeit aus dem Betoninneren durch die Kalkschicht bis an die Kalkoberfläche erzwungen wird. Dabei werden die Chloride zurück an die Oberfläche und teilweise bis in die Kalkschicht gespült. Gleichzeitig flacht sich das Chloridkonzentrationsprofil ab.

Beim Gasbeton findet das Rückspülen der Chloride offensichtlich nicht mehr statt. Es ist anzunehmen, daß durch das vorzeitige Einreißen und Abheben der Kalkschicht das Verdunsten des Wassers hier von der freiliegenden Gasbetonoberfläche und/oder wegen der Porosität

des Gasbetons aus dem Inneren heraus erfolgt. Die zunächst eingespülten Chloride können dadurch nicht wieder zurücktransportiert werden. Das Einreißen der Kalkschicht auf Gasbeton ließ sich auch bei Verwendung extremer Konsistenzen (sehr dicker Kalkbrei oder ganz dünnflüssige Kalkschlämme) nicht unterbinden. In der Praxis kann bei entsprechenden klimatischen Voraussetzungen gelegentlich auch bei der Extraktionssanierung von Normalbeton mit Kalkbrei ein Versagen der Methode festgestellt werden. In solchen Fällen läßt sich der Chloridgehalt des Betons auch durch sehr häufiges Beschichten nicht absenken. Hier ist anzunehmen, daß wegen der hohen Luftfeuchtigkeit der Anteil der von der Kalkoberfläche verdunstenden Feuchtigkeit geringer ist, als der Anteil, der durch weiteres Eindringen in tiefere Betonschichten aus dem zu sanierenden Bereich von 0–3 cm Tiefe entzogen wird. Unter dieser Voraussetzung ist eine Extraktion der Chloride nicht möglich. Die in diesen Fällen zweckmäßige Raumlufttrocknung bedingt allerdings geschlossene Räume oder eine Verkleidung mit Folien. Wenn bei hoher Luftfeuchtigkeit dies nicht möglich ist oder unterlassen wird, muß die Methode versagen.

Problemstellung

Da in den vorgenannten Fällen andere Sanierungsmethoden entweder zu aufwendig oder ebenfalls nicht effektiv sind, galt es, ein Material zu finden, das als wäßrige Schlämme auf die Oberfläche aufgebracht werden kann, eine Extraktion der Chloride bewirkt, rückstandslos wieder entfernt werden kann und möglichst beim Austrocknen auch unter drastischeren Bedingungen nicht einreißt und sich abhebt. Dadurch sollte dann auch Gasbeton sanierbar sein. Wenn möglich, sollte dieses Material auch beim erzwungenen Austrocknen durch Befächeln mit einer weichen Flamme nicht einreißen.

Solch ein Material versprach Lehm oder Ton zu sein. Von Beobachtungen aus der Natur war bekannt, daß eine Lehmschlämme beim Austrocknen nicht einreißt, daß Lehm sich mit Wasser zu jeder gewünschten Konsistenz anmischen läßt und daß ausgetrocknete Lehmschichten sich mit einem harten Wasserstrahl rückstandslos entfernen lassen.

Es galt nun zu prüfen, ob mit Lehm oder Ton überhaupt eine Absenkung der Chlo-

ridkonzentration im Gasbeton möglich ist und ob durch eventuelle Sulfate aus dem Lehm ein anderes korrosionsförderndes und gefügeschädigendes Ion in den Beton eingebracht wird. Eine quantitative Sulfatbestimmung im Lehm zeigte an, daß mit der schädigenden Wirkung durch Sulfat nicht zu rechnen war.

Grundlagenversuche

Die Extraktionswirkung des Lehms an Gasbeton wurde im Vergleich zum Kalk durch folgende Versuchsreihen überprüft. Zwei Gasbeton-Prüfkörper wurden mit einer wäßrigen Chloridlösung (NaCl, HCl) gleichmäßig eingesprüht und getrocknet.

Abb. 1 gibt die Chloridverteilung über die Tiefe nach dem Einsprühen der Prüfkörper mit Chloridlösung und anschließendem Trocknen wieder. Auf je einen der zwei Prüfkörper wurde eine Schlämme von Kalk in Wasser bzw. von Lehm in Wasser aufgespritzt. Aus Gründen der für die Verarbeitung günstigen Konsistenz wurde die Kalkschlämme in einer Stärke von 3 bis 5 mm und die Lehmschlämme in einer 1 bis 2 mm dicken Schicht aufgebracht. Innerhalb der nächsten

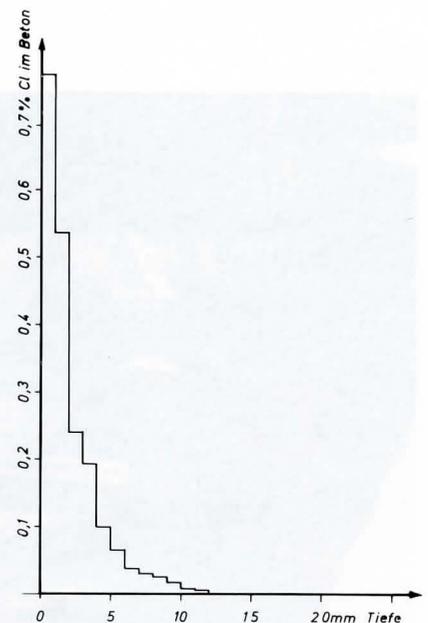


Abb. 1. Chloridkonzentrationsprofil der Gasbeton-Probekörper nach dem Einsprühen mit Chloridlösung

A. Oehme, H. Bernhardt,
Institut für Schadenverhütung u.
Schadenforschung (IFS), Kiel

24 Stunden wurden die Konzentrationsprofile von Wasser und von Chlorid im Prüfkörper verfolgt. Dazu wurden 1 mm starke Schichten abgehoben, aus denen durch den Gewichtsverlust bei 105 °C die Feuchtigkeit bestimmt wurde und anschließend durch Direktpotentiometrie [3] die Chloridgehalte ermittelt wurden. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in den Diagrammen der Abb. 2 dargestellt. Zum Vergleich der Wirksamkeit werden jeweils die sich entsprechenden Diagramme für Kalk und für Lehm übereinandergestellt. Für je zwei übereinanderliegende Diagramme sind alle sonstigen Versuchsparameter gleich.

Diagramm a) in Abb. 2 zeigt die Verteilung der Chloride (unterer Kurvenzug) und der Feuchtigkeit (oberer Kurvenzug) im Gasbeton eine Stunde nach der Beschichtung mit Kalk. Diagramm d) zeigt die gleichen Messungen eine Stunde nach der

Beschichtung mit Lehm. Entsprechend geben die Diagramme b) und c) für Kalk und e) und f) für Lehm die Verteilungen der Chloride und Feuchtigkeit nach 12 bzw. 24 Stunden wieder. Bei den Chloridkonzentrationsprofilen ist jeweils noch die Schwerlinie des Bereiches 0 bis 20 mm Tiefe eingetragen. Anhand der Verschiebung dieser Linie ist deutlich zu erkennen, daß bei der Kalksanierung von Gasbeton die Chloride ins Innere des Bauteils gespült werden, während bei der Lehmsanierung nur ein vorübergehendes Einspülen zu erkennen ist. Nach 24 Stunden liegt das Maximum des Chloridkonzentrationsprofils wieder an der Oberfläche; allerdings hat sich die Kurve verflacht.

Anhand der Änderungen des Feuchtigkeitsprofils während der untersuchten 24 Stunden nach der Beschichtung der Probekörper kann der Unterschied erklärt

werden. Beim Kalk verschiebt sich die Front der Feuchtigkeit ständig weiter in das Innere des Gasbetons, bis eine Gleichverteilung erreicht ist. Die Feuchtigkeitskonzentration ist dann zu gering, um ein Rückströmen zur Oberfläche in flüssiger Form zu ermöglichen. Die weitere Austrocknung kann nur durch Verdunsten des Wassers im Inneren und einen Austausch dieser feuchten Luft mit trockenerer Außenluft durch die Hohlräume und Kapillaren des Gasbetons erfolgen. Ein Rücktransport der Chloride zur Oberfläche (und darüber hinaus bis in die Kalkschicht) ist nicht mehr möglich.

Aus den Diagrammen d), e) und f) für die Lehmsanierung ist zu erkennen, daß innerhalb der ersten Stunde nach der Beschichtung die maximale Eindringtiefe des Wassers von ca. 12 mm erreicht ist und anschließend sich die Feuchtigkeitsfront langsam wieder zurückzieht, wobei

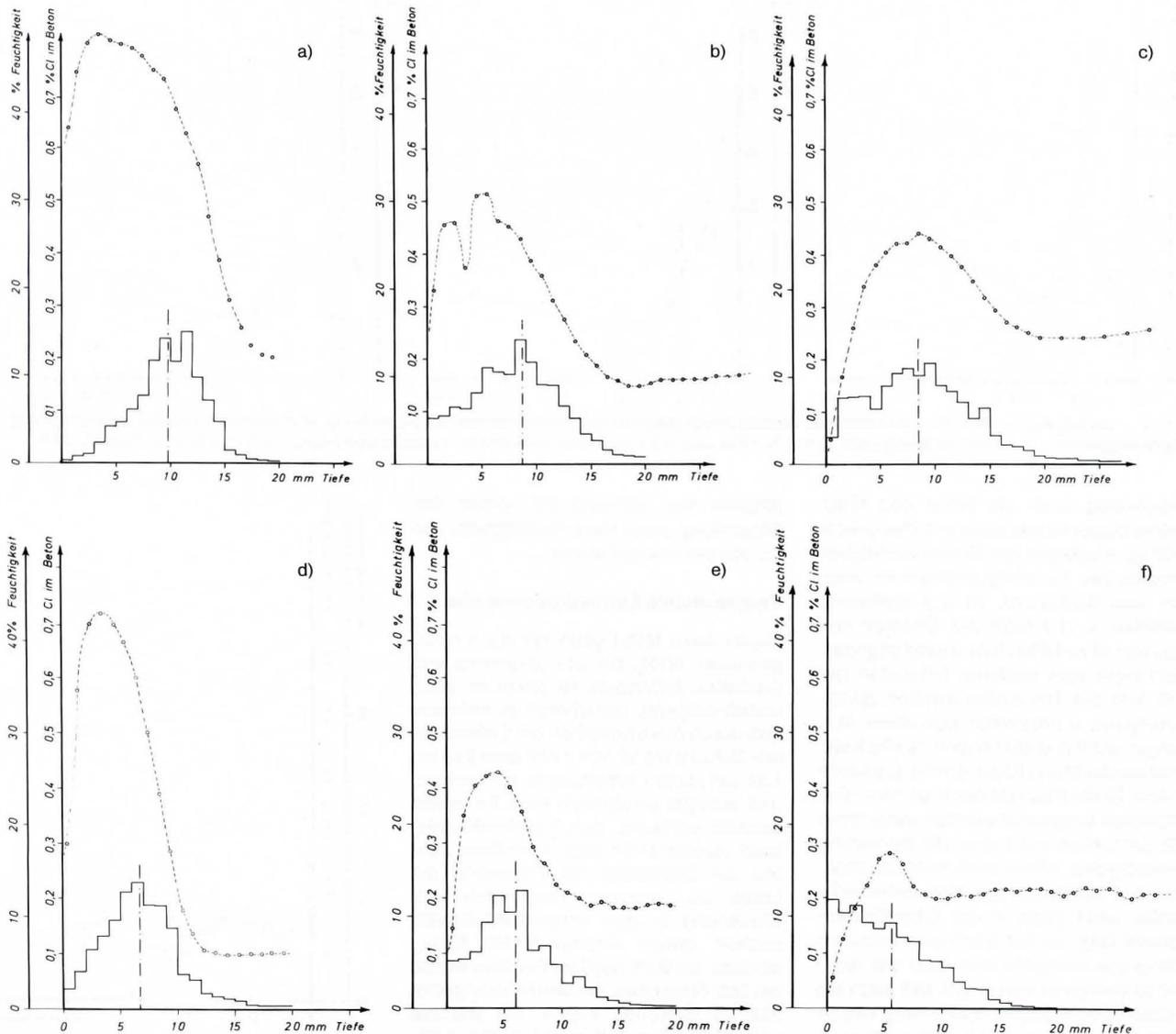


Abb. 2. Verteilung der Chloridkonzentrationen und der Feuchtigkeit während der Einwirkung von Extraktionsbeschichtungen; obere Diagramme: Kalkbeschichtung nach a) 1 h, b) 12 h und c) 24 h; untere Diagramme: Lehmbeschichtung nach d) 1 h, e) 12 h und f) 24 h

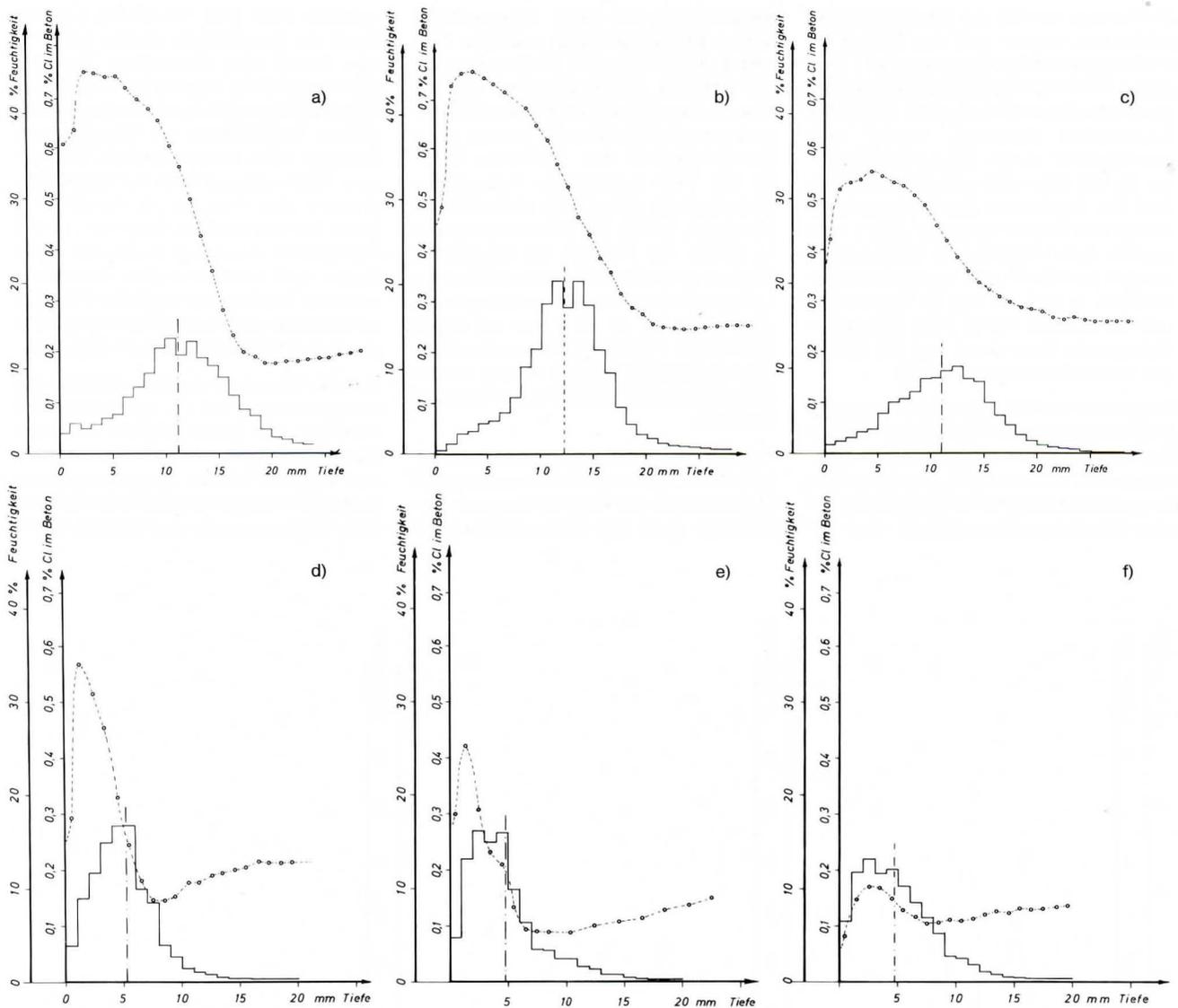


Abb. 3. Verteilung der Chloridkonzentrationen und der Feuchtigkeit im Gasbeton während der Einwirkung einer zweiten Extraktionsbeschichtung; obere Diagramme: Kalkbeschichtung nach a) 3 h, b) 12 h, und c) 24 h; untere Diagramme: Lehmbeschichtung nach d) 8 h, e) 12 h und f) 24 h

gleichzeitig auch die Höhe des Maximums dieser Kurve abnimmt. Das gleichmäßige Ansteigen der Grundfeuchtigkeit jenseits der Feuchtigkeitsfront im Inneren des Gasbetons ist auf isotherme Destillation und nicht auf Strömen von Flüssigkeit zurückzuführen und trägt deshalb nicht zum weiteren Einspülen der Chloride bei. Bei einem zweiten Sanierungsgang wiederholen sich diese Vorgänge. Während durch eine zweite Kalkreibeschichtung (Diagramme a, b und c in Abb. 3) die Chloride noch weiter in den Gasbeton eingespült werden, verläuft bei der Extraktion mit Lehm die Sanierung befriedigend. Wenn auch nach 24 Stunden das Maximum des Konzentrationsprofils nicht ganz in der oberflächennahen Schicht liegt, so hat doch eine teilweise Extraktion stattgefunden, und das Konzentrationsprofil verspricht, daß auch ein weiterer Arbeitsgang noch Erfolg zeigen wird. In Abb. 4 zeigt sich, daß auch nach einer dritten Extraktion mit Lehm noch kein Vordringen der Chloridfront in Tiefen

jenseits der während der ersten Beschichtung erreichten Eindringtiefe von ca. 15 mm erreicht wurde.

Vergleichende Extraktionsversuche

Wenn diese Meßergebnisse auch einen gewissen Erfolg bei der Sanierung von Gasbeton aufzeigen, so bleibt es doch unbefriedigend, hinnehmen zu müssen, daß durch das Verbleiben der Chloride in der Schicht bis 15 mm Tiefe eine Extraktion mit jedem Arbeitsgang schwieriger und weniger erfolgreich wird. Es wurde deshalb versucht, durch Unterstützung beim Austrocknen nach dem Beschichten die Effektivität der Extraktion mit Lehm zu steigern. Gegenüber der Trocknung in den vorgenannten Versuchen durch Auslagern im Klimaschrank bei 65% relativer Feuchte wurde bei den Versuchen, die den Messungen in Abb. 5 zugrunde liegen, die feuchte Lehmschicht auf dem Gasbeton gelegentlich mit einer weichen Flamme befeuchtet, bis ein deutliches Hellwerden der

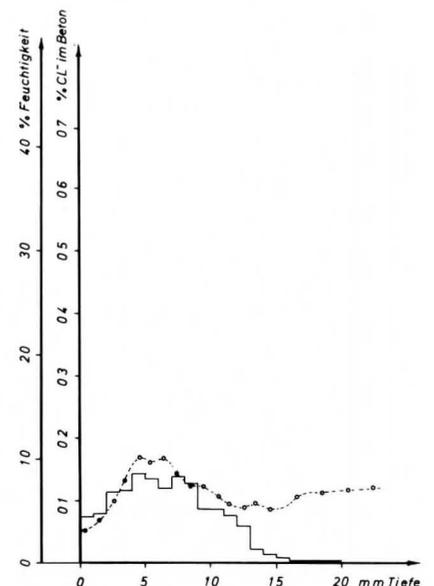


Abb. 4. Chloridkonzentrationsprofil im Gasbeton nach der dritten Lehmxtraktion

Lehmschicht beobachtet werden konnte. Nach Entfernen der Flamme dunkelte die Lehmschicht durch Aufsaugen von Feuchtigkeit aus dem Gasbeton sofort wieder nach.

So konnten selbst bei extremer Chloridbeaufschlagung (Diagramm a in Abb. 5) durch eine einmalige Lehmsanierung mit Austrocknung durch Beflammen schon 57 % der Chloride entfernt werden (Diagramm b). Von den verbleibenden Chloriden konnte durch eine Heißwasserhochdruckreinigung und anschließende Lehmsanierung mit Trocknung ein weiteres Drittel entfernt werden. Außerdem wurden die Chloride aber so weit an die Oberfläche zurückgeholt, daß das Konzentrationsprofil dem eines frisch mit Chlorwasserstoff beaufschlagten Gasbetons entspricht, außer daß die Gesamtchloridmenge nur noch 30 % vom ursprünglichen Zustand darstellt. Bei dieser Form des Konzentrationsprofils am Ende eines Arbeitsganges ist es möglich, durch Wiederholung der Sanierung die Chloridkonzentration weiter zu senken.

Nach der erfolgreichen Sanierung von Gasbeton versprach der Versuch, auch Bimsbeton oder Normalbeton mit Lehm zu sanieren, interessante Ergebnisse zu liefern. Wegen der Inhomogenität von Bimsbeton und Normalbeton wurde die Probennahme bei der vergleichenden Untersuchung aller drei Betonarten durch die Extraktion mit 1) Kalk und 2)

Lehm nicht mehr durch Abhobeln von 1 mm-starken Schichten, sondern durch Bohren von 5 mm-Fractionen durchgeführt. Die Konzentrationsprofile der Grundbelastung an Chlorid nach dem Einsprühen mit Chloridlösung sowie nach jeweils 24 Stunden nach einer ersten, zweiten und dritten Beschichtung mit Kalk oder mit Lehm sind in den Tabellen 1, 2 und 3 für die Betonarten Gasbeton, Bimsbeton und Normalbeton einander gegenübergestellt. Entsprechend der Erfahrung aus der Praxis führt die Kalkbreiextraktion nur bei Normalbeton zum Erfolg. Bei Gasbeton und auch bei Bimsbeton erfolgt ein Einspülen von Chloriden ins Innere des Bauteils. Bei der Lehmsanierung erhält man bei Gasbeton mäßige, bei Bimsbeton gute und bei Normalbeton hervorragende Ergebnisse, obwohl keine Unterstützung des Trocknungsprozesses erfolgte.

Folgerungen

Aus den beschriebenen Versuchen läßt sich schließen, daß durch Ersatz des bei der Extraktionsmethode bisher ausschließlich angewandten Weißkalkhydratbreis durch Ton oder Lehm eine erfolgreiche Sanierung von Leichtbetonen möglich wird. Durch Unterstützen der Trocknung nach der Beschichtung mit Lehm läßt sich die Methode soweit optimieren, daß auch schwerwiegende Schädenzustände an Leichtbeton

sanierbar werden. Durch die enorme Extraktionswirkung an Normalbeton ist es möglich, bei der Sanierung mit bedeutend weniger Arbeitsgängen als bisher mit Kalk auszukommen. Das Risiko, durch schlechte Trocknungsbedingungen auch bei Normalbeton ein Versagen der Extraktionsmethode zu erfahren, wird durch die Anwendung von Lehm nahezu ausgeschlossen. Obwohl erfahrungsgemäß und aufgrund theoretischer Überlegungen durch die Kalkbreisanierung nur vorübergehend die Alkalität von carbonatisiertem Beton wiederhergestellt wird und eine Alkalität des Extraktionsmittels deshalb keine bedeutende Wirkung hat, bestehen keine Bedenken, daß dem neutralen Lehm 1 % Kalk zugegeben wird, wobei die Wirksamkeit des Lehms noch nicht beeinträchtigt zu werden scheint und die Alkalität des Kalkes erreicht wird.

Für die Durchführung der Sanierungsarbeiten mit Lehm oder Ton treten gegenüber der Extraktion mit Kalk keine wesentlichen Änderungen auf. Die Schlämme kann bei geeigneter Konsistenz angeputzt oder aufgespritzt werden. Der für Kalk nötige Einsumpfvorgang kann bei Lehm entfallen, so daß sofort nach dem Anmachen mit Wasser mit dem Aufspritzen (oder Anputzen) begonnen werden kann. Bei groben Kiesanteilen im Lehm ist eventuell ein Sieben der Schlämme erforderlich. Die Unterstützung der Austrocknung kann wie bei

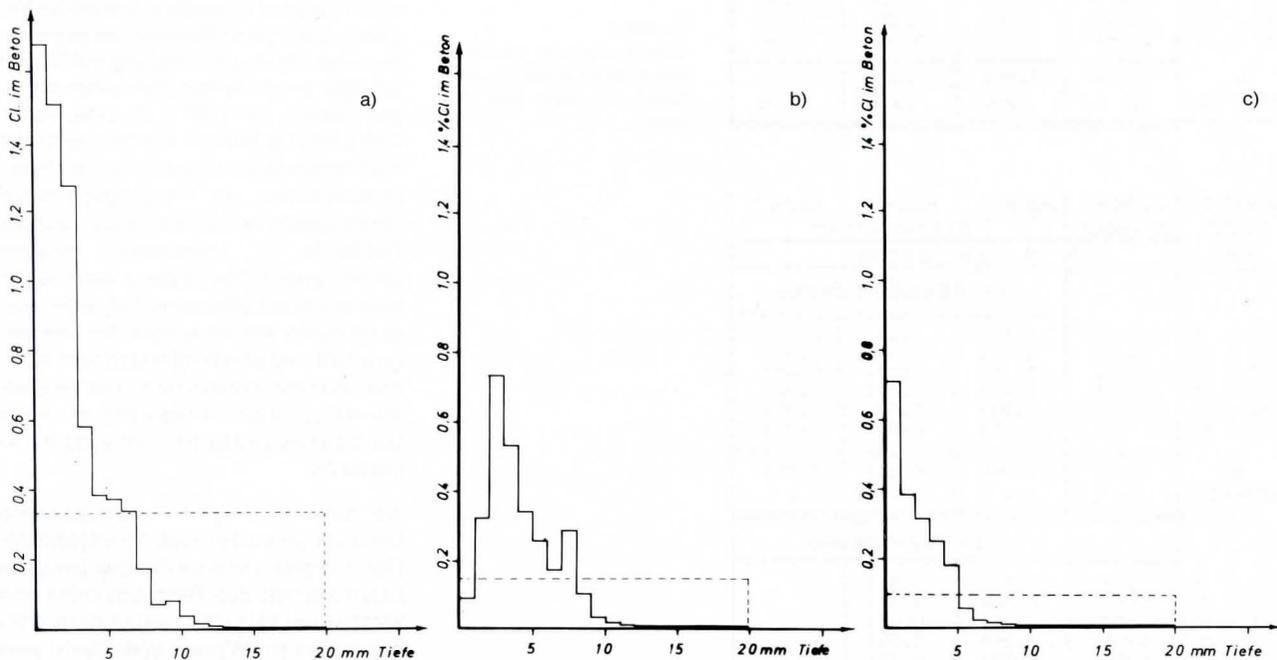


Abb. 5. Optimierung der Lehmxtraktion, a) Ausgangsbelastung des Probekörpers, b) Chloridkonzentrationsprofil nach der ersten Lehmxtraktion mit Trocknung durch Beflammen, c) Chloridkonzentrationsprofil nach zweiter Lehmxtraktion mit vorheriger HDW-Sanierung und anschließender Trocknung

SCHICHT= TIEFE mm	VORGG. CL-KONZ.	NACH 1. NACH 2. NACH 3. BESCHICHTUNG		
		% CL im BETON		
KALKBREISANIERUNG				
0 - 5	0,223	0,028	0,010	0,015
5 - 10	0,065	0,047	0,013	0,015
10 - 15	0,022	0,098	0,028	0,037
15 - 20	0,017	0,103	0,075	0,055
20 - 25	0,017	0,032	0,103	0,073
25 - 30	0,010	0,013	0,073	0,067
∅	0,059	0,054	0,050	0,044
REST-CL ⁻	100 %	91 %	---	---
LEHMSANIERUNG				
0 - 5	0,413	0,120	0,085	0,060
5 - 10	0,168	0,102	0,073	0,097
10 - 15	0,062	0,095	0,070	0,058
15 - 20	0,035	0,052	0,052	0,035
20 - 25	0,017	0,021	0,015	0,020
25 - 30	0,013	0,012	0,010	0,010
∅	0,118	0,067	0,051	0,046
REST-CL ⁻	100 %	57 %	43 %	28 %

Tabelle 1:
Chloridverteilung im Gasbeton nach 1, 2 und 3 Extraktionen mit Kalk bzw. mit Lehm

SCHICHT= TIEFE mm	VORGG. CL-KONZ.	NACH 1. NACH 2. NACH 3. BESCHICHTUNG		
		% CL im BETON		
KALKBREISANIERUNG				
0 - 5	0,308	0,153	0,076	0,047
5 - 10	0,159	0,130	0,125	0,073
10 - 15	0,092	0,120	0,165	0,092
15 - 20	0,057	0,072	0,136	0,166
20 - 25	0,046	0,063	0,103	0,154
25 - 30	0,048	0,052	0,072	0,110
∅	0,118	0,098	0,113	0,107
REST-CL ⁻	100 %	83 %	--	--
LEHMSANIERUNG				
0 - 5	0,351	0,173	0,095	0,061
5 - 10	0,175	0,130	0,064	0,062
10 - 15	0,095	0,075	0,060	0,057
15 - 20	0,057	0,060	0,053	0,050
20 - 25	0,049	0,060	0,054	0,052
25 - 30	0,048	0,057	0,049	0,050
∅	0,129	0,093	0,063	0,055
REST-CL ⁻	100 %	72 %	48 %	43 %

Tabelle 2:
Chloridverteilung im Bimsbeton nach 1, 2 und 3 Extraktionen mit Kalk bzw. mit Lehm

SCHICHT= TIEFE mm	VORGG. CL-KONZ.	NACH 1. NACH 2. NACH 3. BESCHICHTUNG		
		% CL im BETON		
KALKBREISANIERUNG				
0 - 5	0,170	0,132	0,031	0,025
5 - 10	0,173	0,144	0,009	0,005
10 - 15	0,095	0,105	0,005	0,004
15 - 20	0,056	0,008	0,004	0,004
20 - 25	0,023	0,004	0,004	0,004
25 - 30	---	0,004	0,003	0,003
∅	0,105	0,066	0,009	0,008
REST-CL ⁻	100 %	75 %	11 %	9 %
LEHMSANIERUNG				
0 - 5	0,291	0,016	0,012	
5 - 10	0,127	0,006	0,003	
10 - 15	0,046	0,004	0,003	
15 - 20	0,045	0,004	0,003	
20 - 25	0,029	0,003	0,003	
25 - 30	---	0,003	0,003	
∅	0,108	0,006	0,005	
REST-CL ⁻	100 %	6 %	5 %	

Tabelle 3:
Chloridverteilung im Normalbeton nach 1, 2 und 3 Extraktionen mit Kalk bzw. mit Lehm.

Kalk durch Auskondensieren der Luftfeuchtigkeit im Raum, aber auch bei Außenklima durch gelegentliches Befächeln mit einer weichen Flamme bis zum Aufhellen der Lehmschicht infolge der Austrocknung des Lehms erfolgen. Dadurch wird eine Extraktionssanierung bei freistehenden Bauteilen und feuchtem Wetter möglich, wo eine Raumluftentfeuchtung nicht eingesetzt werden kann. Die aufgrund der geringen Schichtstärke des angespritzten Lehms nur 10-15 mm umfassende Eindringtiefe der Feuchtigkeit kann tiefer eingedrungene Chloride nicht mehr erfassen. Hier empfiehlt es sich, vor der Lehmbeschichtung eine Heißwasserhochdruckwäsche vorzunehmen, um dem Bauteil genügend Feuchtigkeit anzubieten, daß auch tiefer eingedrungene Chloride wieder an die Oberfläche gefördert werden können. Wenn die Heißwasserhochdruckwäsche zwischen zwei Lehmbeschichtungen nach dem Abtragen der ersten Schicht durchgeführt wird, werden dabei sowohl die Lehmreste der ersten Beschichtung entfernt als auch ein Teil der Chloride in der äußeren Schicht ausgewaschen und noch die nötige Feuchtigkeit zur besseren Tiefenwirkung der nächsten Lehmxtraktion vorgegeben. Wenn die Methode wie vorbeschrieben angewandt wird, können bei hohen Chloridbeaufschlagungen beliebig viele Sanierungsgänge nacheinander durchgeführt werden, ohne ein Einspülen der Chloride zu befürchten.

Experimentelles

Die für die Untersuchung herangezogenen Probekörper waren Betonsteine bzw. Platten in Qualitäten, wie sie für tragende Stahlbeton-Bauteile vorgeschrieben sind. Die Beaufschlagung mit Chlorid erfolgte durch Aufspritzen einer wäßrigen Lösung von 0,85 g 25 proz. HCl + 0,16 g NaCl je 100 cm² Bauteiloberfläche mit Kompressor und Spritzpistole. Um ein Durchwandern der Feuchtigkeit durch die Probekörper und Verdunsten auf der Rückseite zu unterbinden, wurden jeweils zwei Probekörper zusammen in eine nur oben offene mit Polyester ausgekleideten Wanne eingekittet und eingesprützt und anschließend saniert. Kalkbrei und Lehmschlämme wurden in einer jeweils günstigen Konsistenz mit einer Spritzpistole und einem Kompressor aufgebracht.

Als Kalk wurde der im Baugewerbe benutzte gelöschte Kalk herangezogen. Der in diesen Untersuchungen benutzte Lehm stammt aus Tiefenschichten von Kiesgruben. Der Kalk wurde nach dem Anmachen mit Wasser über Nacht zum Einsumpfen stehengelassen. Der Lehm mußte nach dem Anmachen mit Wasser zur Befreiung von grobem Kies gesiebt werden und konnte dann sofort benutzt

werden. Beim Kalk wurden 3–5 mm dicke Schichten aufgespritzt, während beim Lehm nur 1 bis 2 mm dicke Schichten möglich waren. Die Probenahme bei den ausschließlich auf Gasbeton bezogenen Untersuchungen (Abb. 1 bis Abb. 5) erfolgte durch Abschneiden von ca. 100 cm² großen Stücken und Abhobeln von 1 mm starken Schichten von diesen Stücken.

Wegen der bezüglich der Chloridaufnahme in der Größenordnung der abgeschnittenen Stücke auftretenden Inhomogenitäten lassen sich die einzelnen Diagramme einer Serie eines Prüfkörpers untereinander nur qualitativ vergleichen. Die Gesamtchloridmengen in den einzelnen Diagrammen zu einem Prüfkörper fallen unterschiedlich aus. Bei der vergleichenden Untersuchung aller drei Betonarten erfolgte die Probenahme deshalb durch Bohren an mehreren über die

Oberfläche des Prüfkörpers verteilten Stellen, wobei die Inhomogenitäten durch Mittelwertbildung ausgeblendet wurden. In allen Fällen erfolgte die Bestimmung der Chloridkonzentrationen durch Ermittlung der Gesamtchloride mit der ionenselektiven Elektrode nach (3). Der Wassergehalt der Proben wurde durch den Gewichtsverlust bei 105 °C, der auf das Trockengewicht bezogen wurde, ermittelt. Die Angabe der Chloridkonzentrationen auf den Y-Achsen der Diagramme erfolgt in Prozent Chlorid pro Einwaage an Bohrmehl. Für den darin enthaltenen Zementanteil kann für Normalbeton ca. 17 % und für Bims- und Gasbeton ca. 40 % angesetzt werden. Die Trocknung der Prüfkörper bei 65 % relativer Luftfeuchtigkeit erfolgte im Klimaschrank bei 20 °C. Die Trocknung durch Befächeln mit einer weichen Flamme wurde mit einem Bunsenbrenner mit abgedrehter Luftzufuhr durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden auf einer Fachgutachter-Tagung beim IfS am 22./23.02.1982 in Kiel vorgetragen.

Literatur

- [1] „Eindringverhalten von Chlorwasserstoff bzw. Calciumchlorid in Leichtbeton“, H. Bernhardt; „schadenprisma“ 3/82, 33–37
- [2] „Die Kalksanierung – Verfahren zur Sanierung chlorwasserstoffgasbeaufschlagter Stahlbeton-Elemente; Lowicki, Schuh, C. Reiter, F. Spalke; „schadenprisma“ 3/77, 37 – 41
- [3] „Chloridbestimmung nach PVC-Bränden mit ionenselektiven Elektroden“; H. Bernhardt; „schadenprisma“ 3/81, 51–56

Wirtschaftliche Überlegung zur Sanierung chlorwasserstoffgeschädigter Eisenwerkstoffe

(Das Drei-Bad-Verfahren)

Adolf Mohr

Die Vorschriften

Der wirtschaftliche Aufwand bei der Sanierung chlorwasserstoffgeschädigter Eisenwerkstoffe nach Brand oder Zersetzung, z. B. von PVC, wird u. a. durch die Kosten beeinflusst, die sich aus der Beachtung und Befolgung der in den letzten Jahren erlassenen Umweltschutzgesetze ergeben. In diesen wurden Herstellung, Verpackung, Transport, Verarbeitung und insbesondere die Beseitigung von verbrauchten Chemikalien sehr strengen Vorschriften unterworfen.

Herstellung

So bedarf die Herstellung von Reinigungsmitteln (Sanierungskemikalien) gemäß § 4 Ziffer 15 des „Bundes-Immissionsschutzgesetzes“ vom 15. März 1974 (BGBl. I S. 721), zuletzt geändert durch Gesetz vom 4. 3. 1982 (BGBl. I S. 281), der Erlaubnis.

Verpackung und Transport

Brennbare und ätzende Reinigungs- oder Konservierungsmittel unterliegen in Verpackung und Transport der „Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße“ vom 31. August 1979 und den hierzu erlassenen ergänzenden Bestimmungen und Regeln. So müssen z. B. alle Verpackungsmittel von der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) zugelassen, mit den entsprechenden Gefahrensymbolen gekennzeichnet, die Gefahrenklasse des beförderten Gutes auf dem Frachtbrief vermerkt, die entsprechenden Unfallmerblätter beigefügt und das Fahrzeug außen gegebenenfalls mit einer Warntafel versehen sein. Ähnliche Vorschriften bestehen für den Transport mit der Eisenbahn und auf Binnenwasserstraßen.

Verarbeitung

Das Inverkehrbringen und der Umgang von gefährlichen (brennbaren, ätzenden, gesundheitsschädlichen) Arbeitsstoffen unterliegt der „Verordnung über gefährliche Arbeitsstoffe“ vom 11. Februar 1982.

In dieser Verordnung werden Kennzeichnung, Schutzmaßnahmen, gesundheitliche Überwachung der Beschäftigten, Beschäftigungsverbote genau festgelegt.

Weiter fallen unter diesen Punkt die „Unfallverhütungsvorschriften“ der Berufsgenossenschaften, die „Gewerbeordnung“, verschiedene Länderverordnungen und die von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Bonn, erarbeiteten MAK-Werte (maximale Arbeitsplatzkonzentration).

Beseitigung von Abfällen

(z. B. verbrauchte Sanierungskemikalien)

Zu diesem Thema wurden von dem Gesetzgeber in den letzten Jahren umfangreiche Verordnungen beschlossen: „Gesetz über die Beseitigung von Abfällen“ vom 7. 6. 1972 (BGBl. I S. 873), zuletzt geändert durch Gesetz vom 4. 3. 82 (BGBl. I S. 281). Hiernach dürfen Abfälle nur noch in zugelassenen Abfallbeseitigungsanlagen vernichtet werden,