

Schriftenreihe

Heft 99/2016

Daimlerstraße 18

70736 Fellbach

Tel.: (0711) 645 80 845

Fax: (0711) 645 80 846

E-Mail: info@rieche-schuerger.de

Internet: www.rieche-schuerger.de

Ingenieure und Sachverständige

Begutachtung und Beratung

Forschung und Entwicklung

Werkstoff- und Bauteilprüfung

Planung und Beweissicherung

Dipl.-Ing. (FH) Dennis Ziegler

Chloride in Parkbauten – Bestandsaufnahme und Instandsetzung

Veröffentlicht im Tagungsband:

4. Kolloquium Erhaltung von Bauwerken 2015

Technische Akademie Esslingen (TAE)

Chloride in Parkbauten – Bestandsaufnahme und Instandsetzung

Dipl.-Ing. (FH) Dennis Ziegler
Institut für Bautenschutz, Baustoffe und Bauphysik
Dr. Rieche und Dr. Schürger GmbH & Co. KG,
Fellbach, Deutschland

Zusammenfassung

Parkbauten zählen zu den Verkehrsbauten des "ruhenden Verkehrs". Ähnlich wie andere Verkehrsbauten (z. B. Brücken) unterliegen auch Parkhäuser, Parkdecks und Tiefgaragen einer hohen Belastung durch Tausalze. Chloridionen aus dem Tausalz können im Stahlbeton zur Korrosion der Bewehrung führen. Bei älteren Objekten fehlt zumeist ein wirksamer Schutz gegen das Eindringen von chloridhaltigem Wasser in den Stahlbeton. Deshalb liegt bei zahlreichen Objekten dringender Instandsetzungsbedarf vor. Doch wie groß ist der tatsächliche Instandsetzungsumfang, ist jede Instandsetzung überhaupt erforderlich? – Um den Umfang und das Konzept der Instandsetzung festlegen zu können, ist eine sorgfältige Bestandsaufnahme erforderlich. Falsche oder unzureichende Untersuchungen am Objekt, schlechte Beratung des Bauherren und leider auch der übertriebene Geschäftssinn von Instandsetzungsfirmen führen oftmals zu unnötigen kostenintensiven Instandsetzungen oder aber auch zu unzureichenden Ausführungen mit hohen Folgekosten. In den nachfolgenden Abschnitten wird aufgezeigt, welche Untersuchungen in den jeweiligen Fällen tatsächlich erforderlich sind, und in welchem Umfang diese Untersuchungen – angepasst an das geplante Instandsetzungskonzept – durchgeführt werden müssen, um eine fachgerechte Planungsgrundlage zu schaffen. Dabei werden die Instandsetzungskonzepte des Betoneratzes und des kathodischen Korrosionsschutzes beleuchtet und die Wichtigkeit der Beratung des Bauherren angesprochen.

1. Einleitung

In Parkbauten wird während der Winterperiode eine große Menge an Wasser und Taumitteln eingeschleppt, die an den PKW haften. Beim Einfahren in Parkbauten werden bereits in den Hauptfahrgassen große Mengen an Wasser und Taumitteln verloren, vielfach sammeln sich jedoch die im Wasser gelösten Taumittel hauptsächlich im Bereich der Parkplätze, wenn das taumittelhaltige Wasser längere Zeit von den PKW abtropfen kann. Üblicherweise besteht das Taumittel (so genanntes Auftausalz) zu 94 % bis 98 % aus Natriumchlorid (Kochsalz). Insbesondere auf horizontalen Flächen liegt also eine intensive Belastung der Bauteile durch Wasser und darin gelöster Chloride vor.

Wenn die Chloridionen in die Stahlbetonbauteile eindringen, kann eine intensive Korrosion der Bewehrung ausgelöst werden [1, 2]. Chloridionen sind in der Lage, die Passivität des Stahls im Beton örtlich zu zerstören. Durch die lokale Korrosion wird der Querschnitt des Bewehrungsstahls stark vermindert, im schlimmsten Fall korrodiert die Bewehrung sogar komplett durch (beispielhaft Abbildung 1). Da die lokale Korrosion durch Chloride (Lochfraßkorrosion) im Gegensatz zu einer großflächigen Korrosion bei Karbonatisierung

(z.B. bei Betonfassaden) nur mit einer geringen Volumenvergrößerung einhergeht, findet oftmals keine sichtbare Schädigung am Stahlbetonbauteil statt (z.B. durch Betonabplatzungen) und die Korrosionsschäden an der Bewehrung können sich unbemerkt entwickeln.



Abb.1: Infolge Chloridkorrosion vollständig durchkorrodierte Bewehrung in einer Tiefgaragen-
decke.

Die chloridbeanspruchten Stahlbetonbauteile in Parkbauten müssen deshalb vor dem Zutritt von Taumitteln

mit Abdichtungen oder Oberflächenschutzsystemen geschützt werden. Parkbauten, die vor den 90er Jahren errichtet wurden, weisen jedoch in der Regel keinen ausreichenden Chloridschutz auf und die geforderten Betondeckungsmaße der Bewehrung wurden oft nicht eingehalten. Die im Brückenbau bereits seit den 60er Jahren diskutierte und entwickelte Bauweise mit bituminösen Abdichtungen auf Betonbrücken hatte sich für Parkbauten noch nicht durchgesetzt, Kunstharz-Beschichtungen zum Schutz von Betonbauteilen, die bereits in den 80er Jahren bereichsweise zum Einsatz kamen, waren i.d.R. für Parkbauten als vollflächiger vorsorglicher Chloridschutz zu teuer. In solchen Objekten konnten Chloride deshalb jahrzehntelang ungehindert in den Beton eindringen. Bei diesen Objekten besteht heute vielfach z.T. dringender Instandsetzungsbedarf. Jedoch gibt es auch eine Vielzahl an Objekten, die in einer Zeit ausgeführt wurden, als o.g. Schutzmaßnahmen bereits als anerkannte Regel der Technik galten, bei denen jedoch aufgrund fehlerhafter/unzureichender Planung/Ausführung der Schutz vor Chloriden fehlt oder unzureichend ist.

2. Grundlagen

2.1 Aktuelles Regelwerk zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit

Das DBV-Merkblatt "Parkhäuser und Tiefgaragen" [3] fasst ausführlich die derzeit gültigen maßgebenden Leitlinien für die Planung und Ausführung von Parkbauten zusammen. Die anerkannten Regeln der Technik für die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Parkbauten (Neubauten) aus Stahlbeton ergeben sich heute im Wesentlichen aus den folgenden Regelwerken:

- Normenreihe DIN EN 1992, Eurocode 2 "Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetonbauwerken" [4]
- Normenreihe (nationale Restnormen) DIN 1045 "Tragwerke aus Beton" [5]
- Normenreihe DIN 18195 "Bauwerksabdichtungen" [6]
- Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Ingenieurbau ZTV-ING [7]

In diesen Regelwerken sind die Anforderungen und Maßnahmen für Verkehrsbauten aufgeführt, die die Dauerhaftigkeit von Stahlbetonbauteilen bei Chloridangriff bewerkstelligen sollen.

Gemäß DIN 1045-1 werden direkt befahrene Parkdecks der Expositionsklasse XD3 "Bewehrungskorrosion durch Chloride, wechselnd nass und trocken" zugeordnet, mit dem Hinweis "Ausführung nur mit zusätzlichen Maßnahmen". Solche zusätzlichen Maßnahmen sind bspw. Oberflächenschutzsysteme (rissüberbrückende Beschichtungen), mit denen der Stahlbeton vor dem Eindringen von Chloriden geschützt wird. Voraussetzung für die angestrebte Nutzungsdauer von mindestens 50 Jahren ist eine regelmäßige War-

tung und Instandhaltung des Oberflächenschutzsystems. Unter dieser Voraussetzung kann die Expositionsklasse auf XD1 reduziert werden, bei einer Wartung zweimal jährlich (vor und nach der Frostperiode) kann die Betondeckung bei XD1 nochmals um 10 mm verringert werden. Des Weiteren sind Schutzmaßnahmen durch das Aufbringen einer Abdichtung (Bitumenschweißbahn, OS10, FLK) plus Gussasphalt möglich. Das DBV-Merkblatt fasst die grundlegenden Maßnahmen (Varianten 1 bis 3) zusammen, dargestellt in Abbildung 2.

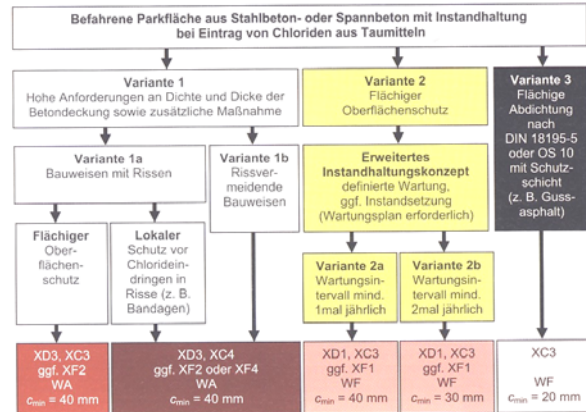


Bild 7. Ausführungsvarianten für Parkdecks
Fig. 7. Construction alternatives for parking decks

Abb.2: Ausführungsvarianten für Parkdecks. Quelle: DBV-Merkblatt [3].

Die Abbildung 3 zeigt bewährte Abdichtungs- und Oberflächenschutzsysteme für direkt befahrene Parkflächen gemäß dem DBV-Merkblatt.

Tabelle 7. Bewährte Abdichtungs- und Oberflächenschutzsysteme für direkt befahrene Parkflächen
Table 7. Reliable coating- and surface protection systems for directly used parking areas

Richt-zahl	Spalte Bauart Bauteil	1			2			3		
		Stahlbeton, Stahlverbund (Ortbeton)			Stahlbeton, Stahlverbund (Fertigteile mit Aufbeton)			Stahlbeton (Fertigteile)		
1	Parkdecker (frei bewittert)	Variante 3 (siehe Tabelle 6) ¹⁾ oder OS 11a nach RStB [8] ¹⁾								
2	Zwischengeschossdecken	Abdichtung nach Variante 3 oder rissüberbrückend nach Variante 1a ²⁾ oder OS 8 mit begleitender Rissbehandlung ³⁾			analog Spalte 1; an die berechnete Rissbreitenänderung angepasste Rissüberbrückungsfähigkeit des OS im Bereich über den Stößen der Elementplatten			Abdichtung nach Variante 3 oder besondere Behandlung der Stoßbereiche		
3	Bodenplatte (tragend oder ausstehend, außer Zeile 4)	Abdichtung nach Variante 3 oder rissüberbrückend nach Variante 1a ²⁾ oder OS 8 mit begleitender Rissbehandlung ³⁾			-			-		
4	WU-Bodenplatte in Bkl. 1 [R9] (drückendes Wasser) mit Trennschicht	OS 8 mit begleitender Rissbehandlung ³⁾			-			-		
5	Wände, Stützen	Sockelschutz an Stützen und Wänden siehe 2.3.3.3.								
6	Rampen frei bewittert	Abdichtung nach Variante 3 oder Variante 1b						Variante 1b		
7	Rampen nicht frei bewittert	Abdichtung nach Variante 3 oder Variante 1b oder OS 8 mit begleitender Rissbehandlung ³⁾								

¹⁾ Dabei sind die Nutzungsbedingungen hinsichtlich der Dauerhaftigkeit der Systeme besonders in der Planung zu berücksichtigen.
²⁾ In stark beanspruchten Kurvenbereichen sind eventuell angepasste Schutzmaßnahmen erforderlich.
³⁾ Eine begleitende Rissbehandlung ist bei Aufbringen starrer Abdichtungen immer erforderlich. Nicht rissüberbrückende starre Beschichtungen OS 8 sind z. B. zweckmäßig, wenn sehr hohe mechanische Beanspruchungen (z. B. auf Rampen) oder drückende Wasserbeaufschlagung durch Trennisse (Gefahr von Schäden am OS 11) zu erwarten sind. Die Rissbildung ist planmäßig so zu steuern, dass unvermeidliche Risse möglichst an definierten Stellen entstehen. Dabei sind ggf. wenige breitere Risse günstiger als viele kleinere (Entwurfgrundsatz c). Die begleitende Rissbehandlung ist insbesondere auf zu erwartende Rissbreitenänderung abzustimmen (z. B. mit Bandagen). Das Instandhaltungskonzept ist im Wartungsplan zu dokumentieren (siehe 2.3.3.6).

Abb.3: Bewährte Abdichtungs- und Oberflächenschutzmaßnahmen für direkt befahrene Parkflächen. Quelle: DBV-Merkblatt [3].

Auch für den Schutz der aufgehenden Bauteile (Sockelschutz an Wandsockeln und Stützenfüßen) werden im DBV-Merkblatt Empfehlungen abgegeben.

2.2 Entwicklung der Anforderungen an die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit

Der Korrosionsschutz der Bewehrung wird je nach Umweltbedingungen mittels ausreichender Betondeckung und entsprechend hoher Druckfestigkeit (= auch Dichtheit) des Betons bewerkstelligt. In den früheren Ausgaben der DIN 1045 [8-11] war bereits die Empfehlung vorhanden, gegen chemische Angriffe wie Tausalze zusätzliche Schutzschichten auf Stahlbetonbauteile aufzubringen. Die konkrete Forderung nach einer zusätzlichen Maßnahme (z.B. Beschichtung) tauchte erst im Entwurf der DIN 1045-1 von 1998 [12] auf.

In den 90er Jahren waren in der Fachwelt intensive Diskussionen im Gange bezüglich der Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken bei Chlorideinwirkung. Insbesondere die Erarbeitung der WTA-Merkblätter im Referat Beton [13] und die erste Ausgabe der Rili-SIB 1990 [14] machten deutlich, dass Stahlbetonbauteile dauerhaft vor Chlorideinwirkung zu schützen sind. Die zuvor üblicherweise angewendeten Schutzmaßnahmen, wie z.B. Asphaltbeläge ohne Abdichtung oder Verbundestriche mit Hartstoffeinstreuung waren nicht ausreichend dauerhaft (im Vergleich zu einer Abdichtung im Sinne der DIN 18195 oder einem Oberflächenschutzsystem), insbesondere dann, wenn Risse im Beton vorlagen.

Man kann davon ausgehen, dass in etwa seit Ende der 90er Jahre die Ausführung von zusätzlichen Abdichtungsmaßnahmen (hierzu zählen auch Beschichtungen) in Parkbauten (Neubauten) als Schutz vor Tausalzeinwirkung den anerkannten Regeln der Technik entspricht. Neben Abdichtungen im Sinne der DIN 18195 (Bitumenbahnen plus Gussasphalt) kommen seit dieser Zeit auch regelmäßig Beschichtungen (Oberflächenschutzsysteme OS) zum Einsatz, die in der Rili-SIB von 1990 [14] erstmals klassifiziert wurden.

Die im Abschnitt 2.1 beschriebenen Schutzmaßnahmen stellen den Stand 2010 dar. In den Jahren zuvor war immer wieder die Diskussion aufgekommen, ob Oberflächenschutzsysteme als dauerhafter Schutz wirksam sind, insbesondere wenn hohe Rissbewegungen vorliegen. Die Folge ist nun die genannte Forderung nach regelmäßiger Wartung von Oberflächenschutzsystemen [3].

2.3 Wiederherstellung der Dauerhaftigkeit bei Bestandsobjekten

2.3.1 Grundsätze

Instandsetzungs-Richtlinie des DAfStb

Stahlbeton-Parkbauten aus Zeiten vor Anwendung dauerhafter Schutzmaßnahmen vor Chloriden (Abdichtungen) oder Parkbauten mit Planungs- / Ausführungsfehlern hinsichtlich des Chloridschutzes müssen nach der Instandsetzungs-Richtlinie des DAfStb [15] bewertet und ggf. instand gesetzt werden, wenn erhöhte Chloridgehalte im Stahlbeton vorliegen. Im Hinblick auf die Instandsetzung von chloridhaltigem Beton gelten gemäß [15] folgende Anforderungen:

Abschnitt 6.5.1

Der kritische, korrosionsauslösende Chloridgehalt im Beton hängt von einer Reihe von Einflussfaktoren ab und muss daher im jeweiligen Einzelfall bei Überschreitung der in Abschnitt 6.5.2 genannten Grenzwerte durch den sachkundigen Planer beurteilt werden. Hierbei sind außer dem Chloridgehalt auch die Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen.

Abschnitt 6.5.2

Wenn bei Stahlbetonbauteilen in der Betondeckungsschicht Chloridgehalte über 0,5 % Cl⁻, bezogen auf die Zementmasse, und bei Spannbetonbauteilen Werte über 0,2 % Cl⁻ ermittelt werden, ist zur Beurteilung der erforderlichen Maßnahmen der sachkundige Planer einzuschalten.

Als Instandsetzungsprinzipien bei chloridhaltigem Beton nennt die Instandsetzungs-Richtlinie folgende Grundsatzlösungen:

- Grundsatzlösung R-Cl (R1-Cl und R2-Cl)
- Grundsatzlösung W-Cl, mit Einschränkungen
- Grundsatzlösung C-Cl
- Kathodischer Korrosionsschutz KKS

In der Regel wird aus den o.g. drei Grundsatzlösungen R-Cl, W-Cl und C-Cl eine Kombination angewendet, die auch als "klassische" Betoninstandsetzung durch Betonersatz bezeichnet wird.

2.3.2 Betoninstandsetzung durch Betonersatz

Bei der "klassischen" Betoninstandsetzung durch Betonersatz wird der "chloridverseuchte" Beton soweit entfernt, dass auch nach einer Umverteilung von Chloriden aus dem verbleibenden Altbeton der korrosionsauslösende Chloridgehalt an der Bewehrung im instand gesetzten Bereich bis ans Ende der Restnutzungsdauer des Objektes nicht mehr erreicht wird. Entsprechend müssen die Abtragstiefen des Betons vom sachkundigen Planer individuell für jedes Bauteil festgelegt werden.

Nach dem Betonabtrag durch i.d.R. Hochdruckwasserstrahlen (HDW) erfolgt dann das Aufbringen geeigneter Instandsetzungsbetone oder -mörtel, ggf. muss korrodierte Bewehrung ersetzt werden, wenn nicht der Restquerschnitt vom Tragwerksplaner als ausreichend standsicher für die Restnutzungsdauer angesehen wird. Zur Erhaltung der Dauerhaftigkeit wird dann auf die instand gesetzten Betonbauteile eine zusätzliche Schutzmaßnahme analog zum Neubau aufgebracht (Oberflächenschutzsystem mit Wartung oder Abdichtung plus Gussasphalt).

Das Instandsetzungskonzept "Betonersatz" besteht i.d.R. aus einer Kombination der Grundsatzlösungen R-Cl und W-Cl nach der Instandsetzungs-Richtlinie.

Bei der Betoninstandsetzung durch Betonersatz bestimmt die Betonabtragstiefe i.d.R. den Umfang und den Aufwand, der bei der Instandsetzung betrieben werden muss. Immer dann, wenn hohe Abtragstiefen erforderlich werden, ist während der Instandsetzung die Standsicherheit zu überprüfen und sicherzustellen. Bei statisch hoch belasteten Stützen z.B. sind übliche starre Unterrüstungen oftmals nicht ausreichend. Es werden dann umfangreiche, kosten- und zeitintensive Abstützmaßnahmen ggf. mit hydraulischen Pressen erforderlich.

2.3.3 Kathodischer Korrosionsschutz KKS

Als Alternative zum Betonabtrag verbreitet sich derzeit immer mehr die Instandsetzung mittels kathodischem Korrosionsschutz-System (im Folgenden kurz: KKS). Bei der Anwendung von KKS muss nämlich der chloridverseuchte Beton nicht abgetragen werden. Dadurch können aufwendige Abstützmaßnahmen entfallen und die Zeiten des Nutzungsausfalls können ggf. kürzer gehalten werden. Auch die Lärmbelästigung durch den Betonabtrag mittels Hochdruckwasserstrahlen (HDW) würde weitestgehend entfallen.

Funktionsweise von KKS

Im nichtkarbonatisierten (alkalischen), chloridfreien Beton ist die Bewehrung dadurch geschützt, dass sich auf der Metalloberfläche eine Passivschicht bildet, die die Eisenauflösung verhindert. Solange dieser Zustand gegeben ist, kann keine Korrosion der Bewehrung erfolgen. Liegen Chloride im Beton in entsprechender Konzentration vor, wird diese Passivschicht lokal unterbrochen und bei ausreichendem Angebot an Wasser (Materialfeuchte i.d.R. größer 80 % r.F.) und Sauerstoff erfolgt die Eisenauflösung (anodische Teilreaktion der Korrosion) am Bewehrungsstahl.

Bei der Anwendung des kathodischen Korrosionsschutz-Systems wird diese anodische Teilreaktion durch einen entgegengesetzten Gleichstrom (Schutzstrom) und kathodischer Polarisation unterbunden. Hierfür wird i.d.R. eine dauerhafte Anode auf die Betonoberfläche aufgebracht und die Bewehrung wird an den Minuspol, die neue Anode an den Pluspol einer

Stromquelle angeschlossen. Die Bewehrung wird dadurch zur Kathode, die Eisenauflösung ist infolge des elektronegativeren Potentials unterbunden.

Anwendung von KKS

Der Kathodische Korrosionsschutz von Stahl an sich hat sich seit vielen Jahrzehnten bewährt (Rohrleitungsbau). Die Anwendung von KKS im Stahlbeton nahm in den letzten 10 Jahren verstärkt zu. Mittlerweile werden KKS-Systeme auch in Deutschland vermehrt eingesetzt. Zwischenzeitlich ist die Bauweise auch in der DIN EN ISO 12696:2012-05 [16] genormt und ausführlich beschrieben.

Dennoch handelt es sich um eine junge Bauweise und der Einsatz von KKS-Systemen erfordert im standsicherheitsrelevanten Bereich eine projektbezogene Zustimmung im Einzelfall des Anodensystems einschließlich Einbettungsmörtel durch die zuständige Bauaufsichtsbehörde.

Bei der Entwicklung des Instandsetzungskonzeptes muss die Alternative KKS mit einbezogen werden. Eine Entscheidung für oder gegen KKS muss dann aus technischer und wirtschaftlicher Hinsicht im Einzelfall objektbezogen erfolgen. Um KKS zu installieren sind weitere Voruntersuchungen, die oftmals erst während der Instandsetzung durchgeführt werden können, erforderlich, z.B.:

- Potentialfeldmessung
- Bestimmung des elektrischen Widerstandes des Betons (entsprechend der Materialfeuchte)
- Überprüfung, ob Reparaturmaßnahmen an der Bewehrung zur Herstellung von ungehindertem Stromfluss erforderlich sind, ggf. vollständiger Bewehrungsscan

Des Weiteren muss man sich darüber bewusst sein, dass KKS-Systeme einer regelmäßigen Wartung und Kontrolle bis zur Restnutzungsdauer des Gebäudes bedürfen. Dies ist auch hinsichtlich einer etwaigen Veräußerung des Gebäudes zu beachten. Durch KKS-Systeme können sich aus unserer Erfahrung ggf. finanzielle Nachteile ergeben, da die Akzeptanz von KKS-Systemen bei Bauherren noch nicht grundsätzlich vorliegt. Solche Nachteile müssen gegenüber den Vorteilen (Verzicht auf Abstützmaßnahmen, kürzerer Nutzungsausfall, weniger Lärm) abgewogen werden.

3. Bestandsaufnahme

3.1 Verfahren der Chloriduntersuchung

Neben den als Planungsgrundlage erforderlichen üblichen betontechnologischen Untersuchungen und Prüfungen wie

- augenscheinliche Untersuchung auf Schadstellen,
- Untersuchung auf Risse,
- Zustand von Bewegungsfugen,
- Betondruckfestigkeit,
- Karbonatisierungstiefe und

- Betondeckung der Bewehrung
liegt bei Parkbauten das Augenmerk hauptsächlich auf der Verteilung der Chloridgehalte im Beton (Tiefe und betroffene Flächen).

Die Bestimmung des Chloridgehaltes im Festbeton erfolgt nach DIN EN 14629 [17] bzw. Heft 401 des DAfStb [18].

Bei der Probenentnahme bietet es sich an, Bohrmehlproben aus dem Beton zu entnehmen. Dies birgt die Vorteile, dass die Proben im Labor später nicht mehr aufwändig zerkleinert werden müssen und der Zeitaufwand vor Ort für das "Beprobieren" der Betonbauteile ist heute aufgrund leistungsfähiger Akku-Schlagbohrmaschinen deutlich geringer als für die Entnahme von Bohrkernen.

Die Entnahme der Bohrmehlproben erfolgt tiefengestaffelt. Dies ermöglicht die Ermittlung der Chloridgehalte in Abhängigkeit der Tiefe von der Oberfläche des Betons aus gesehen. Dabei kann dasselbe Bohrloch für die tieferen Entnahmen weiter verwendet werden. Nach jedem Bohrvorgang sind aber der Bohrer, die Absaugvorrichtung und das Bohrloch vollständig von verbleibendem Bohrmehl zu befreien.

An den entnommenen Proben wird im Labor der Chloridgehalt nasschemisch analysiert. Nach der Probenpräparation, dem Heiß-Aufschluss der Proben mit Salpetersäure und dem Abfiltrieren wird die Chloridionen-Konzentration (Cl⁻) des Filtrats, bezogen auf die Betoneinwaage, bestimmt. Gemäß [18] sind hierfür mehrere Verfahren möglich. Die Ermittlung des Chloridgehalts, bezogen auf den Zementgehalt, erfolgt durch Umrechnung der im Beton vorliegenden Chloridionen-Konzentration entsprechend dem Zementgehalt des Betons.

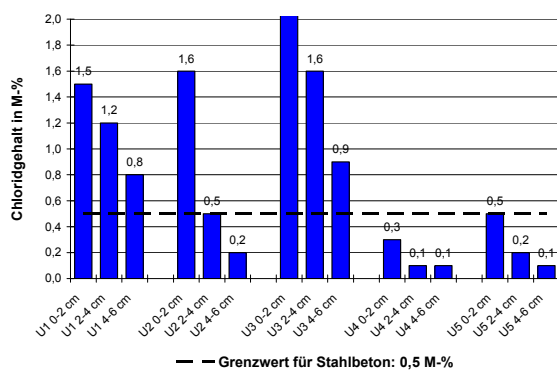


Abb.4: Typische Chloridverteilung (beispielhaft zusammengestellte Messwerte verschiedener Objekte).

Auf Basis der Ergebnisse der tiefengestaffelten Einzelproben kann dann die Chloridverteilung im Bauteil an der Entnahmestelle ermittelt werden. Hierbei bietet sich die kombinierte Darstellung in Tabellenform und Diagrammform (Abbildung 4) an. In die Tabellen können beispielsweise weitere Schadensdiagnosen an der Untersuchungsstelle eingetragen werden (z. B.

augenscheinlicher Zustand, Karbonatisierungstiefe, etc), so dass ein Überblick über den Gesamtzustand des Betons möglich ist. Wird eine reine Chloriduntersuchung in großer Anzahl durchgeführt, bietet sich die Darstellung als Diagramm (Abbildung 4) an, da hier schnell ein Überblick über die Chloridverteilung im Bauteil oder in der Konstruktion ermöglicht wird.

3.2 Planung der Bestandsaufnahme

3.2.1 Vorgehen

Aus der Erfahrung bei der Untersuchung zahlreicher Objekte hat sich gezeigt, dass ein mehrstufiges Vorgehen bei der Bestandsaufnahme sinnvoll ist, nämlich:

- Erste Bestandsaufnahme mit den in Abschnitt 3.1 genannten Betonuntersuchungen/-prüfungen in repräsentativem Umfang
- Auswertung und Entscheidung für das weitere Vorgehen, auch bereits hinsichtlich geeigneter Instandsetzungsvarianten (Betonersatz oder KKS)
- Vollumfassende Untersuchung aller Bauteile (Chloridverteilung und Festlegung der Abtragstiefen für Betonabtrag; Potentialfeldmessung etc. für KKS)

3.2.2 Erste Bestandsaufnahme

Das Ziel bei einer ersten Bestandsaufnahme der Chloridverteilung in den Betonbauteilen ist es, ein möglichst genaues Bild der Chloridverteilung zu bekommen. Dabei sollten die am höchsten belasteten Bauteile möglichst vollumfänglich erfasst werden, aber auch solche Bereiche, die nur geringe Chloridbelastungen aufweisen. Mit diesem Verteilungsbild kann dann bereits nach der ersten Bestandsaufnahme möglicherweise die Entscheidung für ein geeignetes Instandsetzungskonzept erfolgen.

Um ein möglichst genaues Bild der Chloridverteilung in den Bauteilen von Verkehrsbauten zu erhalten, sind die in [2] beschriebenen Erfahrungen hilfreich. Werden diese "Tipps für das Auffinden von hohen Chloridvorkommen" beachtet, so können meist mit großer Sicherheit die am stärksten betroffenen Bauteile heraus gefunden werden. Ebenso wichtig ist auch die Kenntnis von nicht belasteten Bereichen, um den Sanierungsumfang bereits frühzeitig abschätzen zu können.

Sehr häufig ist auch eine mehrstufige erste Bestandsaufnahme sinnvoll. D. h. es werden zunächst einige Chloridproben analysiert, bevor weitere Proben entnommen werden. Anhand der ersten Ergebnisse kann dann festgelegt werden, welche Bauteile in welchen Bereichen noch intensiver untersucht werden müssen oder welche Tiefenstaffelung sich besser eignet. Wichtig hierbei ist, dass dann bereits bei der ersten Probenreihe die augenscheinlichen Befunde an den Bauteilen bezüglich des Zustandes, der konstruktiven Ausbildung etc. ebenfalls aufgenommen werden. Anhand dieser Befunde lassen sich die Bauteile oftmals in Klassen

ähnlicher Chloridgehalte einteilen, die für das Instandsetzungskonzept und insbesondere für die Abschätzung des Instandsetzungsumfanges benötigt werden.

3.2.3 Entscheidung über das Instandsetzungskonzept

Liegt ein erstes aussagekräftiges Verteilungsbild der Chlordigehalte vor, kann in vielen Fällen bereits das passende Instandsetzungskonzept ausgewählt werden. Wenn z.B. nur wenige Bauteile geschädigt sind, bietet sich der partielle "klassische" Betonersatz eher an, als vollflächig ein KKS-System zu installieren. Dadurch lassen sich Kosten sparen. Ein dauerhafter Schutz (Abdichtung) ist sowieso auf alle Bauteile aufzubringen, in diesem Fall ist lediglich zu entscheiden, in welchen Bereichen ein Betonabtrag erfolgen muss. Die Festlegung der Abtragstiefen erfolgt dann über umfangreiche Chloriduntersuchungen und das Erarbeiten von Kartierungen (siehe Abschnitt 3.2.5).

Bei Bauteilen, bei denen das Abtragen von Beton mit hohem finanziellem Aufwand verbunden ist (Abstützmaßnahmen durch Pressen) und gleichzeitig zu hohen Nutzungsausfallzeiten führt, bietet sich das KKS-System an. Eine solche Entscheidung kann aber auch noch später gefällt werden, wenn bekannt ist, welche Chloridgehalte in welchen Tiefen vorliegen, und welche Abstützmaßnahmen beim Betonabtrag tatsächlich erforderlich werden würden.

3.2.4 Voruntersuchungen für KKS

Eine der wichtigsten Untersuchungen am Objekt ist die Potentialfeldmessung, wenn ein KKS eingesetzt werden soll. Bei der klassischen Betoninstandsetzung durch Betonersatz wird die Bewehrung in den Bereichen, in denen Korrosion auftreten kann, frei gelegt. Korrodierte, nicht mehr ausreichend tragfähige Bewehrung kann dann ggf. ersetzt werden. Da beim Einsatz von KKS kein Betonabtrag erforderlich ist, werden solche Stellen nicht automatisch gefunden. Es ist deshalb die Potentialfeldmessung erforderlich, um die Stellen mit unzureichend tragfähiger Bewehrung zerstörungsfrei einzugrenzen.

Entscheidender Nachteil bei diesem Vorgehen ist, dass die vollflächige Potentialfeldmessung meistens erst während der Instandsetzung erfolgen kann, da die Messung nur bei unbeschichtetem Beton oder bei Beton ohne Schutzschichten (Gussasphalt) durchgeführt werden kann. Das bedeutet, dass der tatsächliche Instandsetzungsumfang zunächst noch nicht feststellbar ist. Erst im Zuge der Instandsetzungsarbeiten konkretisiert sich der tatsächlich erforderliche Instandsetzungsumfang. Möglicherweise werden dann trotz KKS umfangreiche Abstützmaßnahmen erforderlich, wenn korrodierte Bewehrung ersetzt werden muss.

Von Vorteil kann es jedoch sein, dass auf die umfangreichen Chloriduntersuchungen aller Bauteile verzich-

tet werden kann, die je nach Objekt auch sehr kostenintensiv werden können.

Auf die sonstigen für KKS zusätzlich erforderlichen Untersuchungen wird hier nicht weiter eingegangen.

3.2.5 Kartierung der Betonabtragstiefen mittels Chloriduntersuchungen

Die Chloriduntersuchungen sollten so vorgenommen werden, dass vom sachkundigen Planer eine Kartierung der Ergebnisse vorgenommen werden kann. Für die vollflächige Kartierung hat sich die folgende Vorgehensweise hinsichtlich der erforderlichen Betonabtragstiefen bewährt:

1. Festlegen der Bereiche, in denen kein Betonabtrag erforderlich ist:

Wenn bei der ersten Bestandsaufnahme diejenigen Bereiche festgestellt wurden, die keiner Chloridbelastung unterliegen (z.B. Stützen und Wandsockel außerhalb von Pfützen und Spritzwasserbelastung), so können mittels Augenschein und Nachweis durch einige Chloridproben diese Bereiche für das ganze Objekt abgegrenzt bzw. festgelegt werden. Auch bei Bodenflächen, die einen zwar nicht fachgerechten aber doch ausreichenden Schutz aufweisen (z.B. nicht geschädigter Gussasphalt ohne Abdichtung), kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass dort kein Chlorideintrag stattgefunden hat. Dies ist aber ebenfalls mittels einer ausreichenden Anzahl an Chloridproben nachzuweisen.

2. Beprobungen in zwei Tiefen:

Diejenigen Bauteile, die augenscheinlich einer Chloridbelastung unterliegen (Salzränder an Pfützen: Abbildung 5; Anstrichabblätterungen an Stützenfüßen: Abbildung 6), werden mit einer Tiefenstaffelung von i.d.R. 0-2 cm und 2-4 cm beprobt. Die Chloridgehalte werden im Labor analysiert. Wenn sich zeigt, dass in der Tiefe von 2-4 cm die Chloridgehalte bereits unter dem Grenzwert liegen, kann die Abtragstiefe festgelegt werden. Falls in diesem Tiefenprofil noch zu hohe Chloridgehalte vorliegen, muss weiter beprobt werden.



Abb.5: Ränder von Pfützen mit Salzablagernungen.



Abb.6: Ablätterungen des Anstrichs an einem Stützenfuß.

3. Beprobung in weiteren Tiefen:
Je nach Ergebnis der Beprobung in zwei Tiefen, muss an einzelnen Bauteilen weiter beprobt werden.
4. Separate Betrachtung an Rissen:
Bei Rissen im Beton ist stets eine separate Untersuchung erforderlich. Hierfür muss das Rissbild aufgenommen werden und ggf. muss jeder Riss in ausreichender Menge beprobt werden, damit festgestellt werden kann, bis in welche Tiefe Chloride eingedrungen sind. Bei durchgängigen Rissen (z.B. in Decken) kann sogar der Betonaustausch über den gesamten Querschnitt des Betons erforderlich sein ("Durchschießen von Rissen"). Muss ein flächiger Betonabtrag erfolgen (z.B. auf Bodenplatten oder auf Deckenoberseiten) und es wird nachgewiesen, dass die Chloride in den Rissen nicht tiefer eingedrungen sind, so können die Rissbereiche hinsichtlich der Abtragtiefe wie die Fläche behandelt werden.

5. Erstellung der Kartierung für die Betonabtragstiefen:
Aus den ermittelten Chloridprofilen (z.B. Abbildung 4) und den am Objekt repräsentativ ermittelten Betondeckungsmaßen legt der sachkundige Planer die Abtragstiefen des Betons für jedes Bauteil individuell fest. Der Abtrag ist so festzulegen, dass nach der Instandsetzung der korrosionsauslösende Chloridgehalt an der Bewehrung nicht überschritten wird. Dabei ist auch die "Vergleichmäßigung" des Chloridgehaltes im Beton nach Austausch mit neuem chloridfreiem Beton und nach Aufbringen von Abdichtungen zu berücksichtigen. In der Veröffentlichung [1] werden hierfür praktische Hinweise und Grenzwerte genannt. Für jedes Bauteil werden die Betonabtragstiefen festgelegt und in einem Plan farblich markiert (Beispiele Abbildungen 7 und 8).

Ein großer Vorteil bei dieser Vorgehensweise ist, dass die Beprobung und die Erstellung der Kartierung meist im laufenden Betrieb, bzw. mit partieller kurzzeitiger Absperrung einzelner Bereiche, erfolgen können. Somit kann der gesamte Instandsetzungsumfang bereits vor Beginn der Instandsetzungsarbeiten sehr genau

festgelegt werden. Dies führt zu einer erhöhten Kostensicherheit und verringert den Nutzungsausfall des Bauwerks.

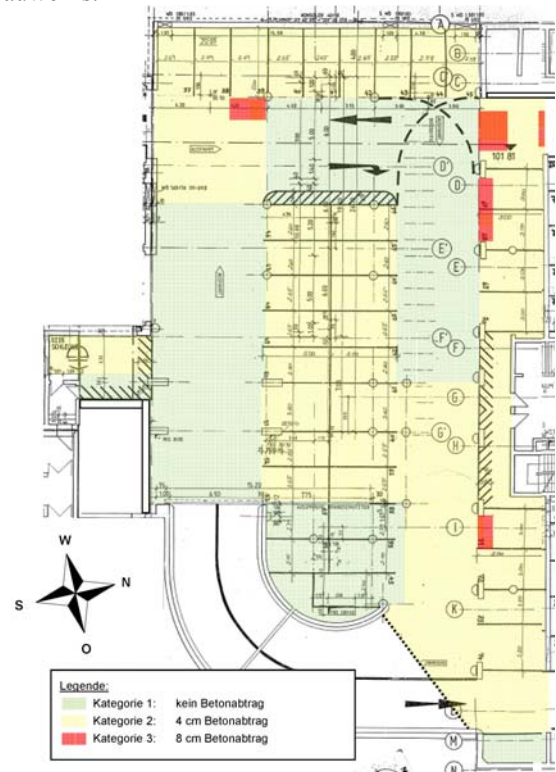


Abb.7: Kartierung der Betonabtragstiefen an einer Deckenoberseite.

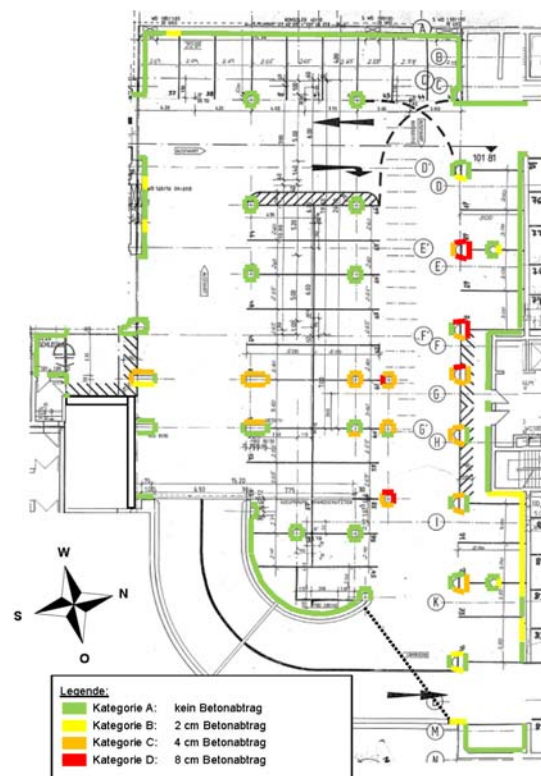


Abb.8: Kartierung der Betonabtragstiefen an Wandsockeln und Stützenfüßen.

4. Beratung des Bauherren

Bereits bei der Bestandsaufnahme und der Ausarbeitung des Instandsetzungskonzeptes ist es wichtig, den Bauherren vollumfänglich über folgende Sachverhalte zu beraten:

Gefährdung durch Chloride

Oftmals zeigen sich bei Chloridkorrosion der Bewehrung (lokale Lochfraßkorrosion) keine Schäden an den Betonbauteilen (Betonabplatzungen, Korrosionsspuren etc.). Für den Bauherren stellt sich deshalb die Frage, warum er für eine Instandsetzung Geld ausgeben soll, wenn keine sichtbaren Schäden an seinem Bauwerk vorliegen. Die Gefahr besteht aber, dass im Verborgenen bereits eine starke Schädigung eingetreten ist (Beispielhaft Abbildung 1). Diesen Sachverhalt muss man dem Bauherren vermitteln.

Notwendigkeit/Dringlichkeit der Instandsetzung

Die grundsätzliche Entscheidung, wann eine Instandsetzung des Bauwerkes erforderlich ist, hängt zum einen davon ab, ob akut oder in nächster Zeit eine Gefährdung der Standsicherheit zu erwarten ist. Andererseits ist generell die Dauerhaftigkeit zu beurteilen. Man muss sich aber auch bewusst sein, dass i.d.R. die Instandsetzungskosten bei aufgeschobenen Instandsetzungen deutlich höher werden können.

Bereits bei der Erarbeitung des Instandsetzungskonzeptes muss mit dem Bauherren erörtert werden, welche Zukunftspläne für das Objekt bestehen (Restnutzungsdauer, Veräußerung, etc.). Der Instandsetzungsumfang und der Instandsetzungszeitpunkt kann nur dann sinnvoll festgelegt werden. In Einzelfällen ist auch die Vorgehensweise "keine Instandsetzung, aber regelmäßige Kontrolle plus ggf. temporäre Maßnahmen" ein gangbarer Weg, insbesondere dann, wenn die Restnutzungsdauer auf wenige Jahre festgelegt wurde.

Vor- und Nachteile der Instandsetzungskonzepte und Abdichtungssysteme

Bei der Auswahl des geeigneten Instandsetzungskonzeptes (Betonabtrag oder KKS) sowie der Abdichtungssysteme muss der Bauherr mit einbezogen werden. Es müssen alle Vor- und Nachteile der jeweiligen Konzepte dargelegt werden. Der Bauherr muss dann entscheiden, welches Konzept und welches System er einsetzen möchte. Hier spielen insbesondere die Aspekte der Wirtschaftlichkeit eine Rolle, aber auch z.B. die Frage, wie Wartungsarbeiten (bei KKS oder Beschichtungen) am Objekt umgesetzt werden können (Wartungsverträge abschließen [19]). Die Erfahrung zeigt nämlich, dass vielfach Wartung und Instandhaltung bei Parkbauten vernachlässigt werden. Es stellt sich oftmals die Frage, ob ein Beschichtungssystem beispielsweise zuverlässig zweimal im Jahr auf Risse kontrolliert wird, wenn nicht einmal regelmäßig Gullys und Entwässerungsrinnen gesäubert werden.

Gefällesituation

Vielfach liegen bei älteren Parkbauten gefällelose Ausführungen der Bodenflächen vor. Besser wäre ein gerichtetes Gefälle zu den Abläufen hin, um Pfützen zu vermeiden. Gemäß [3] ist auch eine gefällelose Ausführung denkbar, nämlich auf ausdrücklichen Wunsch des Bauherrn.

Eine gefällelose Ausbildung unter Verwendung eines Beschichtungssystems (OS 8 oder OS 11) ist jedoch fragwürdig, da bei diesen Beschichtungssystemen in letzter Zeit in der Fachwelt vermehrt die technische Frage diskutiert wurde, ob auf solchen Beschichtungssystemen "Salzpfützen" überhaupt akzeptabel sind. Auch bei regelmäßiger Kontrolle des Beschichtungssystems kann über eine Winterperiode sehr viel Chlorid in einen Riss eindringen. Dieser muss dann beim nächsten Wartungsintervall aufwändig instand gesetzt werden. Außerdem beeinträchtigen gefällelose Ausbildungen die Nutzerfreundlichkeit wegen Pfützenbildungen.

Die Beratung des Bauherren muss sich deshalb auch auf die Folgen eines fehlenden Gefälles erstrecken.

5. Literatur

- [1] G. Rieche, S. Wehrle: *Baupraktische Erfahrungen bei der Instandsetzung chloridbelasteter Parkhäuser aus Stahlbeton – Schadensdiagnose, Instandsetzungsmaßnahmen, Erfahrungen*; Materials and Corrosion 53, 401-407 (2002)
- [2] D. Ziegler: *Typische Chloridverteilung an Stützenfüßen in Parkhäusern und Tiefgaragen*; Tagungsband 5. Kolloquium Verkehrsbauten 2012; Technische Akademie Esslingen (TAE)
- [3] DBV-Merkblatt: *Parkhäuser und Tiefgaragen, 2. überarbeitete Ausgabe* September 2010; Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.; Berlin
- [4] Normenreihe DIN EN 1992: Eurocode 2: *Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*
- [5] Normenreihe DIN 1045: *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton*
- [6] Normenreihe DIN 18195: *Bauwerksabdichtungen*
- [7] *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING)*; Bundesanstalt für Straßenwesen (bast)
- [8] DIN 1045:1959-11, *Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton – A. Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton*
- [9] DIN 1045:1972-01, *Beton- und Stahlbetonbau – Bemessung und Ausführung*
- [10] DIN 1045:1978-12, *Beton- und Stahlbetonbau – Bemessung und Ausführung*
- [11] DIN 1045:1988-07, *Beton- und Stahlbetonbau – Bemessung und Ausführung*
- [12] E DIN 1045-1:1998-12, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

- [13] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA); Merkblätter des Referats 5: Betoninstandsetzung, heute Referat 5: Beton
- [14] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: *Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Rili-SIB)*; Teil 1 und 2; Beuth Verlag; Berlin 1990
- [15] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: *Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie)*; Teil 1 bis 4; Beuth Verlag; Berlin 2001
- [16] DIN EN ISO 12696:2012-05, *Kathodischer Korrosionsschutz von Stahl in Beton (ISO 12696:2012)*
- [17] DIN EN 14629:2007-06, *Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung des Chloridgehaltes in Festbeton*
- [18] Heft 401 des DAfStb (Deutscher Ausschuss für Stahlbeton): *Anleitung zur Bestimmung des Chloridgehaltes von Beton; Schnellbestimmung des Chloridgehaltes von Beton; Bestimmung des Chloridgehaltes von Beton durch Direktpotentiometrie*; Beuth Verlag, Berlin, 1989
- [19] WTA-Merkblatt 5-1-99: *Wartung von Betonbauwerken – Musterwartungsvertrag*
- [20] Forschungsanstalt für das Straßenwesen: *Merkblatt für bituminöse Brückenbeläge auf Beton*, Ausgabe 1976
- [21] Forschungsanstalt für das Straßenwesen: *Vorläufiges Merkblatt Brückenbeläge und -abdichtungen auf Beton (Bituminöse Bauweisen)*, Ausgabe 1967