

Erkennen und Instandsetzen von parkhaus-typischen Schäden

Dipl.-Ing André Molkenthin
Specht, Kalleja + Partner GmbH, Berlin
www.skp-ingenieure.com
molkenthin@skp-ingenieure.com

1. Einleitung:

Parkhäuser aus Stahl- oder Spannbeton zeigen nach längerer Nutzung verschiedenartige, aber für diese Bauwerke spezifische Schadensprozesse.

Solche Gefährdungen der Dauerhaftigkeit können durch

- physikalische (z.B. Frost)
- chemische (Chloride, Sulfate)
- biologische (Bakterien-biogene Schwefelsäure) und
- mechanische (Abrieb, Erosion)

Einwirkungen hervorgerufen werden.

Gerade eine offene, ungeschützte Bauweise ermöglicht den äußeren Angriff von Gasen und Flüssigkeiten, die durch den signifikanten Fahrverkehr verstärkt werden.

Insbesondere die chloridinduzierte Bewehrungskorrosion, der Verlust von Alkalität in der Betonrandzone durch Carbonatisierung sowie die oft unterschätzte Alkali-Zuschlag-Reaktion führen zum Verlust der Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit.

Begünstigt werden solche Prozesse durch geringe Betondeckungen, fehlende oder zu geringe Abführung von Oberflächenwasser, unzureichende Fugenausbildung sowie Versäumnisse in der laufenden Instandhaltungen.

Der Schutz und die Instandsetzung solcher Bauwerke nimmt zunehmend einen höheren Stellenwert ein, da ältere Parkhäuser nun stark unter den zurückliegenden Instandsetzungsversäumnissen leiden.

2. parkhaus-typische Schadensprozesse

Verändert sich durch Beeinträchtigungen der gewollte Zustand einer Sache, so spricht man von einem Schaden. In vielen Fällen ist eine solche Zustandsänderung mit erheblichen Nachteilen verbunden.

Betonbauwerke, die neben Lasteinwirkungen auch chemischen Angriffen ausgesetzt sind, verlieren zunächst ihre Dauerhaftigkeit und schränken analog die Gebrauchstauglichkeit ein.

Das frühzeitige Erkennen äußerlicher Anzeichen reicht oft nicht aus. Zeigen sich schadensspezifische Symptome wie Absprengung der Betonrandzone, Aussinterungen,

Korrosionsspuren oder Risse, so sind die inneren Schädigungen im erheblichen Maße vorangeschritten.

Der Zutritt von Wasser, die unzureichende Ableitung eingeschleppter Tausalzlösungen oder geringe Luftwechselraten in Tiefgaragen begünstigen den äußeren Angriff auf den Beton.

Glücklicherweise bildeten bislang die hohen Vorgaben früherer Normenwerke ein ausreichend vorsorgliches Sicherheitsdepot bei solchen Bauwerke aus, so das Katastrophen über den Verlust an Tragfähigkeit in Deutschland bislang ausblieben.

Bedauerlicherweise erreicht dennoch bei einigen Parkhäusern aufgrund fehlender Instandhaltung der Zustand des Tragwerks ein äußerst bedenkliches Niveau. Eine rasche und umfassende Instandsetzung ist in diesen Fällen unbedingt geboten.

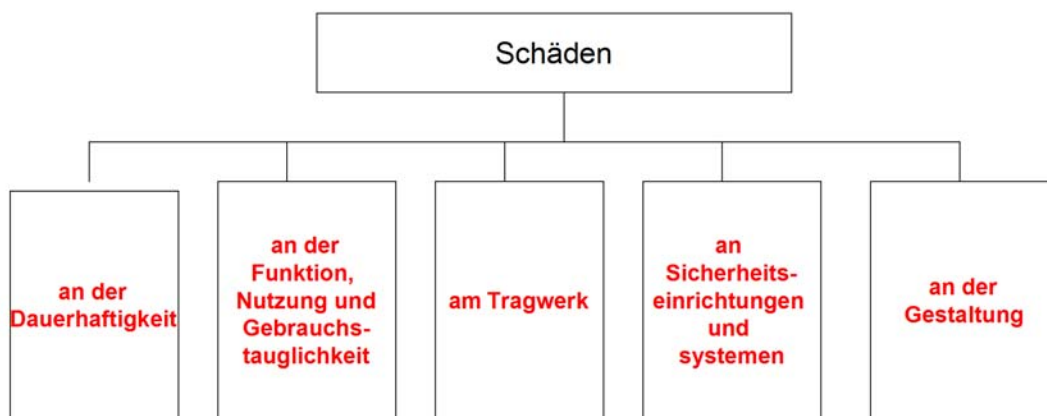


Abbildung 1: allgemeine Klassifizierung von Schäden

Die nachstehenden Kapitel sollen einen Einblick in typische Schädensmechanismen am Beton und am Bewehrungsstahl geben:

2.1 chloridinduzierte Bewehrungskorrosion

Salze der Alkali- und Erdalkalimetalle mit Chlor sind, beginnend in den 60-ziger Jahren, verstärkt als Auftaumittel auf Verkehrswegen eingesetzt worden. Viele Faktoren beeinflussen die Penetration der gelösten Salze in den Beton, auf deren nähere Erläuterung hier verzichtet werden soll. Beginnend mit dem kapillaren Saugen in die Betonrandzone setzt sich der Transportprozeß über die Diffusion in das Innere des Bauteils fort. Gefährdet sind neben den horizontalen Fahrflächen vor allem die Sockelbereiche vertikaler Bauteile, die sich im Sprühnebel- und Spritzwasserbereich befinden.

Die schädigende Wirkung von Chlor auf Stahl ist hinlänglich bekannt. Durch Migration in die schützende Passivschicht des Bewehrungsstahls reißen die Chlorionen Fehlstellen auf, die unabhängig von der hohen Alkalität des Betons zur Ausbildung einer Korrosionszelle führen. Die ausgedehnte Kathode verlangt gegenüber der in der Fläche sehr kleinen Anode im erheblichen Umfang Ladungsträger. Dadurch findet an der Anode eine punktuelle, aber intensive Metallauflösung statt.

Nach einiger Zeit schwächt sich der Stahlquerschnitt im bedrohlichen Ausmaß. Die lokale Reduktion der Bewehrung, hier prägte sich der Begriff „Lochfraßkorrosion“, ist zerstörungsfrei nicht eindeutig detektierbar.

Im ungünstigen Falle bleiben solche Abschnitte unerkannt, da erst bei extrem hohen Chlorgehalten auch eine Zerstörung der Zementmatrix stattfindet.

Richtlinien und Merkblätter liefern unterschiedliche Vorgaben zur Begrenzung des Chlorgehalts im Beton. Gänzlich irritieren den sachkundigen Ingenieur jüngste Veröffentlichungen, die in Abhängigkeit von der Zementart, dem Carbonatisierungsfortschritt, dem Porenraum und sogar dem Anteil an Zusatzstoffen eine unschädliche Menge Chlor von bis zu 2 M% (bezogen auf den Bindemittelanteil) angeben.

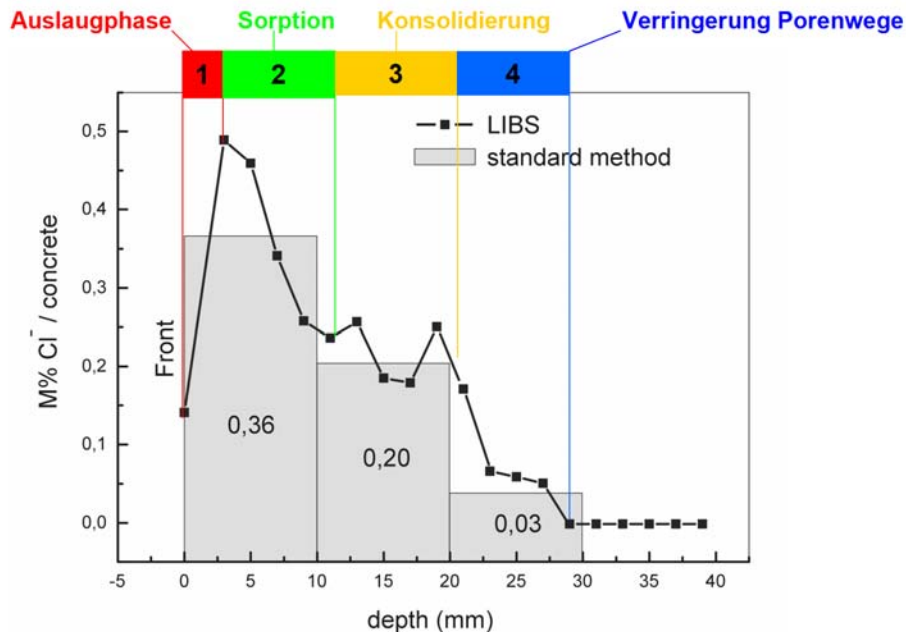


Abbildung 2: spezifischer Chlorgradient in einem Betonbauteil mit differenter Anlagerung

2.2. Carbonatisierung durch Gasdiffusion

In Großgaragen mit geringer natürlicher oder ausschließlich anlagentechnischer Lüftung herrschen bei hohem Fahraufkommen entsprechende Emissionswerte an Kohlenstoffoxiden. Diese werden jedoch wiederum dadurch nach oben begrenzt, daß geschlossene Garagen über eine CO-Warnanlage verfügen. Jene Anlagen lösen bei entsprechenden Luftkonzentrationen die Lüftungsanlage aus.

Die heutigen Abgasnormen für Fahrzeuge (Katalysatortechnik, EU-Abgasnormwerte E1 bis 4) verringern zwar den Ausstoß an Kohlenstoffoxiden, können diesen aber noch nicht wirkungsvoll unterbinden.

Somit unterliegen Betonbauteile in Parkhäusern immer noch einem deutlich erhöhten Angriff an CO und CO₂. Diese Gase diffundieren in den Beton ein und reagieren mit den baustoffeigenen Calciumoxiden unter Beteiligung von Wasser zum schwerlöslichen Calciumcarbonat. Jener Prozeß reduziert den pH des Betons drastisch. Besitzt nicht-carbonatisierter Beton pH-Werte von 13 und höher, so fällt durch die Carbonatisierung der Wert auf 8 bis 9,5. Damit verliert der Beton die schützende Wirkung gegenüber dem Stahl, da die Eisenoxide der Passivschicht nicht regeneriert werden.

Bauwerken der 60-ziger und 70-ziger Jahre fehlt es zudem an ausreichender Betondeckung. Aufgrund damals hoher w/z-Verhältnisse bei Herstellung der Betonbauteile ergibt sich auch ein höherer Porenraum. Solche begünstigenden Faktoren liefern die Voraussetzungen für die heutigen carbonatisierten Randzonen.

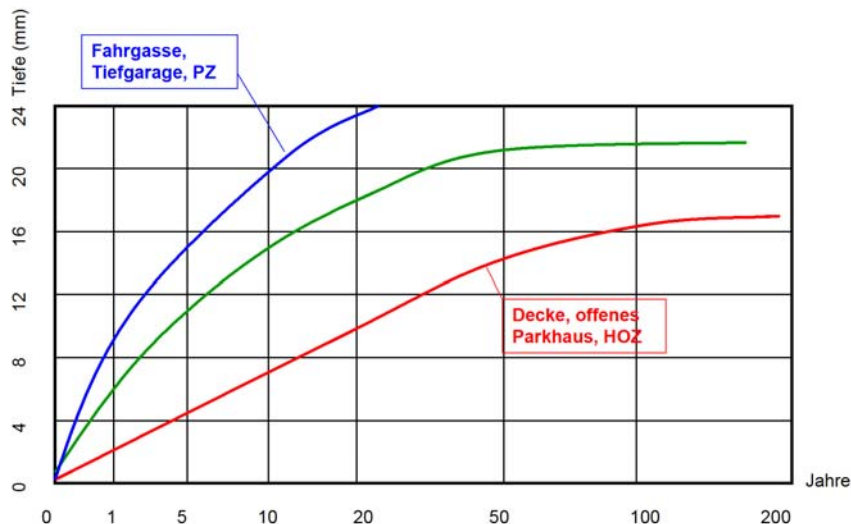


Abbildung 3: Vordringen der Carbonatisierungsfront in Abhängigkeit von Zementart und Bauteil nach [4]

2.3 Alkali-Zuschlag-Reaktion

Der Name dieser betonschädigenden Reaktion deutet bereits daraufhin, daß sie durch im Zement vorhandene oder/und später zugeführten Alkalien einerseits und reaktive, silikatische Gesteinkörnungen andererseits hervorgerufen wird. Das gelartige Reaktionsprodukt erzeugt einen Treibdruck und führt zu erhöhten Spannungen in der zwischen Gesteinskörnung und Zementmatrix. Netzartige Rißstrukturen und kraterförmige Ausbrüche an der Betonoberfläche sind die sichtbaren Folgen.

Im Parkhausbereich ist das typische Schadensbild meist durch andere Prozesse überlagert. Erst eine genaue Beobachtung und die Separation mittels baustofflicher Untersuchungen liefern die eindeutigen Hinweise. Derzeitige Prüfverfahren gestalten sich allerdings aufwendig und benötigen zudem viel Zeit, da der Schadensprozeß hierfür erneut angeregt wird. Bei verschiedenen reaktiven Gesteinskörnungen läuft die Reaktion aber erst mit erheblicher zeitlicher Verzögerung an. Selbst im Zeitraffer der Klimakammern können bis dahin Monate vergehen.



Abbildung 4: Absprengungen („pop-outs“) sowie Gelaustritt durch AZR in einer Fahrgasse

3. Instandsetzungslösungen

Neben den vorgenannten Mechanismen, die die Dauerhaftigkeit des Betons gefährden, existieren noch zahlreiche weitere Schädigungsvorgänge. In allen Fällen ist durch hinreichende Analyse des Bauwerks und der Schadensentwicklung eine

Instandsetzungsstrategie zu entwickeln, um zukünftige Verluste am Gebäude zu vermeiden und die Dauerhaftigkeit und Nutzungsfähigkeit der Parkgarage zu sichern. Neben der klassischen Betoninstandsetzung müssen spezielle Lösungen erarbeitet werden, die auch mit dem Gebrauch der Garagen im Einklang stehen.

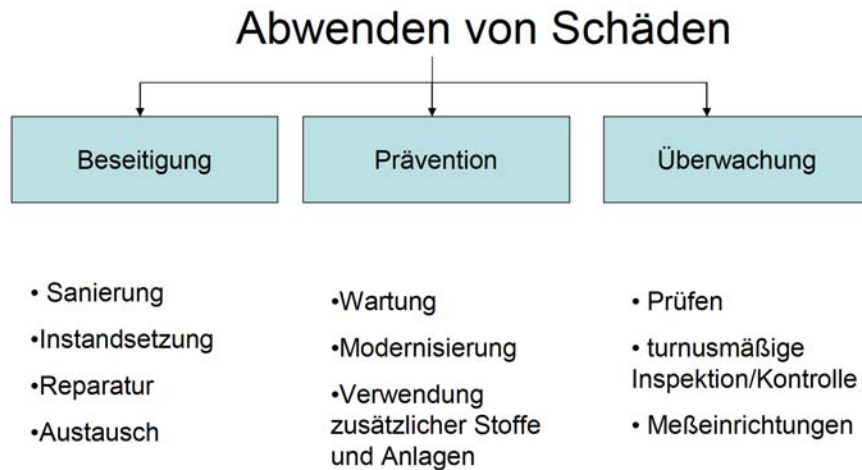


Abbildung 5: Abwehr und Früherkennung von Schäden

Auf eine Art der Instandsetzung soll im nächsten Abschnitt etwas näher eingegangen werden:

3.1 Instandsetzungsprinzip W-CI

Die Sachstandsberichte [1], Untersuchungen aus Nordamerika [6] und eigene Erfahrungen zeigen, daß durchaus höhere Konzentrationen von Chlor über lange Zeiträume nicht den Korrosionsprozeß an Bewehrungsstählen auslösen.

Trotzdem bilden erhöhte Chlorgehalte ein nicht zu unterschätzende Risiko, das durch geeignete Instandsetzungslösungen reduziert werden muß.



Abbildung 6: Instandsetzungsprinzipien nach RILI* bei erhöhter Chloridanlagerung im Beton

Dabei hat sich die Kombination aus örtlicher Ausbesserung (Prinzip R2) und flächiger Austrocknung (Prinzip W) des Baustoffs durch Abdichtung und Unterbinden der Gasdiffusion in den letzten Jahren weiter etabliert.

Stark geschädigte Bereiche müssen aber auch hierbei einer umfassenden Erneuerung und Instandsetzung zugeführt werden.

Der Auftrag einer abdichtenden Dickbeschichtung von Oberflächen verfolgt neben der Prävention ebenfalls den Gedanken, den Schadenmechanismen die Reaktionsgrundlage zu entziehen.

Das Beispiel der chloridinduzierten Bewehrungskorrosion verdeutlicht diesen Umstand:

Eine elektrolytische Korrosion kann nur entfacht und aufrecht werden, wenn nachstehende Bedingungen vorhanden sind:

- eine Potentialdifferenz, die eine Anode und eine Kathode erzeugt
- ein Elektrolyt, der Anode und Kathode über einen Transport von Ladungsträgern leitend miteinander verbindet,
- eine zweiten, metallische Verbindungen zwischen Anode und Kathode,
- der kathodische Prozeß der Reduktion sowie
- der anodische Vorgang der Oxidation.

Fehlt einer dieser Voraussetzungen, kommt der Korrosionsvorgang zum Erliegen.

Reduziert der Beton seinen Wassergehalt auf seine Ausgleichsfeuchte, so fehlt die Bedingung für einen leitenden Elektrolyten. Die Korrosion ist in diesem Zustand unterbrochen.

3.2 objektbezogene Wartung und Überprüfung

Daran wird offensichtlich, daß dieser Zustand auch über die Instandsetzung hinweg erhalten bleiben muß. Hierbei kommt einer turnusmäßige Prüfungen und Instandhaltungen eine bedeutende Rolle zu. Diese nachgeschalteten Kontrollen liefern einen unerläßlichen Beitrag zur Verhütung und Früherkennung zukünftiger Schaden. Objektbezogene Inspektions- und Wartungspläne sind häufig in der Diskussion; es fehlen aber konkrete Vorgaben. Die optimale Wartungsstrategie ist sowohl vom Bauwerk, der abgeschlossenen Instandsetzung aber auch von konstruktiven und stofflichen Faktoren abhängig.

Bestehende, aber auch zunehmend neuartige Prüfmethode und -geräte können einen aktiven Beitrag zur fortgesetzten Überprüfung leisten. Einige von ihnen befinden sich in einer hoffnungsvollen Entwicklungsphase, die in einigen Jahren den Übergang in die praktische Nutzung am Bauwerk als sehr wahrscheinlich machen.

Literatur:

[1] Wolfgang Breit: „kritischer korrosionsauslösender Chloridgehalt – Sachstand“, 1998, Zeitschrift Beton

[2] DAfStb-Richtlinie: „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, 2001

[3] DIN 1045-1 und -2: „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton“, 2001

[4] Jochen Stark; Bernd Wicht: „Dauerhaftigkeit von Beton - der Baustoff als Werkstoff“; Weimar 2001

[5] DBV Sachstandsbericht „Chloride im Beton“, Fassung April 1996

[6] Cusson und Mailvaganam: „Monitoring and Evaluation Techniques for Corrosion Inhibiting Systems in rekonstrukt Bridge Barrier Walls“, 1999