

Fachthemen

Christoph A. Beecken, Wiebke vom Berg, Marc Rother

Instandsetzen statt Abbrechen: Wege zur Verlängerung der Lebensdauer von Parkgaragen

Parkhäuser älterer Bauart weisen ähnliche Schadensbilder auf, die häufig auf die gleichen Ausführungs- und Unterhaltungsmängel zurückzuführen sind. Die typischen Schäden werden dargestellt und Wege der Schadensanalyse aufgezeigt. Anhand eines Instandsetzungsvorhabens in Hessen wird dargestellt, wie Stahlbeton-Parkgaragen aus den 1960er und 1970er Jahren wirtschaftlich instand gesetzt werden können. Besonderes Augenmerk wird auf die systematische Erfassung der Schäden und deren fachgerechte und dauerhafte Behebung gelegt.

1 Typische Schäden an Stahlbeton-Parkgaragen

Zu den augenfälligsten Schäden gehören Abplatzungen der Oberflächenbeschichtung und Ausblühungen bzw. Aussinterungen. Eindringende, aufsteigende oder durchwandernde Feuchtigkeit fördert im Baustoff enthaltene Carbonate und Sulfate, Nitrate und Chloride an die Bauteiloberfläche. Dort lagern sie sich als dünne kristallförmige Schichten (Ausblühungen) ab, im Verlauf andauernder Ablagerung bilden sich krustenförmige Aussinterungen [1]. Die Beeinträchtigungen können rein optischer Natur sein, Wasserzutritt ins Bauteil lässt jedoch weitere typische Schädigungen vermuten. Denn mit dem Wasser können schädigende Stoffe, insbesondere Chloride aus Auftausalzen, zugeführt werden.

Häufig anzutreffen sind außerdem tiefe Abplatzungen der Betonüberdeckung der Bewehrung mit deutlichen Rostfahnen auf der Bauteiloberfläche. Garagen aus den 1960er und 1970er Jahren wurden mit Betonüberdeckungen errichtet, die nach heutigem Wissensstand zu gering sind [2]. Häufig kommen Ausführungsmängel hinzu, die zu einer weiteren Verminderung der Betonüberdeckung führten. Eindringendes Kohlendioxid aus der Luft kann deshalb besonders schnell zur Carbonatisierung der gesamten Betondeckungsschicht führen, wodurch diese ihre den Bewehrungsstahl schützende Alkalität verliert. Dadurch kann die Bewehrung bei Wasser- und Sauerstoffzutritt korrodieren. Die mit der Korrosion verbundene Volumenvergrößerung führt zu Rissbildung und bis hin zu Absprengungen der Betonüberdeckung [3].

Der Wassertransport innerhalb der Bauteile wird durch Risse begünstigt. Oberflächennahe Risse und Trennrisse stammen überwiegend aus der Bauphase. Sie wurden durch Schwind- und Eigenspannungen sowie nicht ausreichende Nachverdichtung hervorgerufen.

Risse mit einer Breite von mehr als 0,2 mm ermöglichen den ungehinderten Zutritt gelöster Chloride, die die Bewehrung durch Lochfraß weiter schwächen und Absprengungen der Betonüberdeckung forcieren. Derartige Expansionsdruck kann auch durch stark quellfähige Zuschläge oder gefrierendes Wasser entstehen. Tiefe Abplatzungen legen die Bewehrung frei und ermöglichen durch den Zutritt von Wasser und Sauerstoff ein Fortschreiten der Korrosion bis hin zur völligen Zerstörung des tragenden Bewehrungsstahl-Querschnitts [4].

2 Methoden der Schadensanalyse

Am Anfang jeder Instandsetzungsplanung steht eine sorgfältige Aufnahme der Schäden. Im Rahmen einer visuellen Prüfung der gesamten Tragstruktur werden Risse, Durchfeuchtungen, Fugenschädigungen, Betonabplatzungen und Rostfahnen katalogisiert. Unter Berücksichtigung erkennbarer Betonierfehler werden die Orte für vertiefte Untersuchungen festgelegt. Hierzu gehört die Ermittlung von Hohlstellen durch Klangprüfung [5] sowie die Prüfung der Druckfestigkeit des Betons mit dem Rückprallhammer [6]. Rissbreiten werden durch Anlegen von Rissbreitenmaßstäben ermittelt. Sofern Veränderungen der Rissbreiten durch Setzungen des Bauwerks oder wechselnde Verkehrslast- oder Temperaturbeanspruchungen vermutet werden, kann auf Gipsmarken [1], [5] oder Kunststoff-

Rissmonitore zurückgegriffen werden. Letztere ermöglichen die quantitative Erfassung der Rissbreitenveränderung.

Selbst wenn Bewehrungspläne vorhanden sind, ist eine örtliche Kontrolle der tatsächlichen Betonüberdeckungen wegen häufiger Ausführungsmängel unerlässlich. Für die zerstörungsfreie Prüfung stehen verschiedenste Messgeräte zur Verfügung, die beispielsweise magnetisch, mit Wirbelstrom- oder Mikrowellentechnik arbeiten.

Zusätzlichen Aufschluss über den Tragwerkszustand bieten zerstörende Prüfungen. Die Carbonatisierungstiefe eines Bauteils wird mit Phenolphthalein an einer frischen Bruchfläche anhand der typischen rot-violetten Verfärbung carbonatisierter Bereiche ermittelt. Zur Bestimmung des Chloridgehalts werden tiefengestaffelt einfache Bohrmehlproben entnommen und im Labor mit dem potentiometrischen, dem photometrischen, dem Silbernitrat- oder dem Quan-tab-Verfahren untersucht [1]. Zulässig ist ein durchschnittlicher maximaler Chloridgehalt von 0,40 % bezogen auf die Zementmasse, in nicht carbonatisierten Bauteilen 0,50 % [7]. Die Eindringtiefe von Chloriden kann zudem mit salpetersaurer Silbernitratlösung ermittelt werden, die auf eine frisch erzeugte, trockene Betonbruchfläche aufgetragen wird. Benetzt man die getrocknete Oberfläche mit Kaliumchromatlösung, verfärben sich chloridfreie Bereiche deutlich braun, Bereiche mit einem auf die Zementmasse bezogenen Chloridgehalt von 0,30 bis 0,40 % nehmen eine gelbe Färbung an.

Mit der Gitterschnitt-Prüfung wird die Festigkeit von Beschichtungen untereinander bzw. auf ihrem Untergrund geprüft. Durch jeweils sechs horizontale und vertikale Schnitte entstehen 25 Quadrate, auf die ein genormtes Klebebands appliziert und anschließend ruckartig abgezogen wird. Die Anzahl der abgelösten Beschichtungsquadrate gibt durch Gegenüberstellung mit Referenzergebnissen Aufschluss über die Haftzugfestigkeit der Beschichtung.

3 Instandsetzung einer Tiefgarage in Hessen

Beim beispielhaft betrachteten Objekt handelt es sich um eine zweigeschossige Tiefgarage mit Freideck. Das Bauwerk aus dem Jahr 1979 ist etwa 65 × 30 m groß und besitzt bei 137 Stellplätzen rund 2.000 m² Parkplatz- und Fahrfläche (Bild 1). Das Stahlbetontragwerk besteht aus Deckenplatten, die auf Unterzügen, Stützen und Wandscheiben aufliegen.

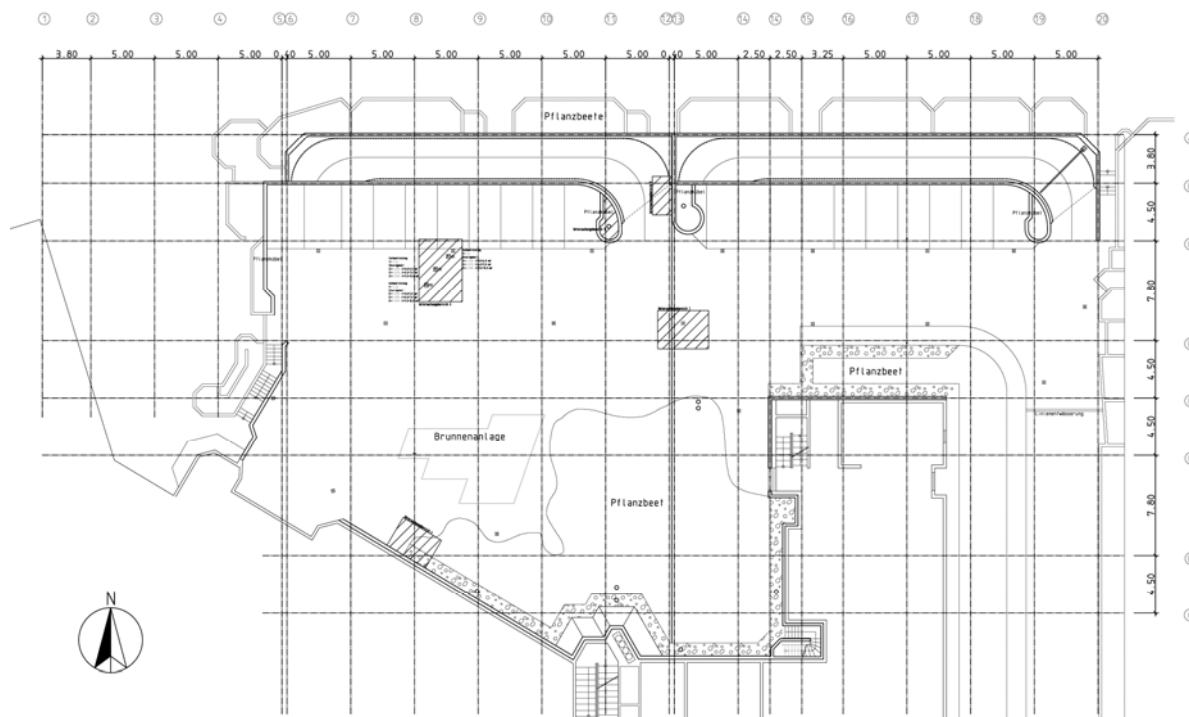


Bild 1: Übersicht der Tiefgarage (Freideck)

Eine Instandsetzung wird erforderlich, da nach Regenereignissen erhebliche Wassermengen in das Gebäude eindringen und die Stahlbetonbauteile typische Chloridschädigungen aufweisen [9]. Das Vorhaben wird in folgenden Schritten abgewickelt:

- Ortsbesichtigung, Probenentnahmen und Erstellung eines ausführlichen Schadensgutachtens,
- Erarbeiten eines Vorschlags für die Instandsetzung und Abstimmung mit dem Auftraggeber,
- Ausschreibung und Vergabe der Instandsetzungsmaßnahmen,
- örtliche Überwachung und Abrechnung der Bauausführung,
- Abnahme der Leistungen und Dokumentation.

Die Basis der Instandsetzungsplanung bildet eine ausführliche Schadensanalyse [8, 9], in deren Rahmen neben visuellen Untersuchungen Prüfungen der Betondruckfestigkeit, der Betonüberdeckung der Bewehrung, der Carbonatisierungstiefen und der Chloridbelastung von Dachdecke, Wänden und Stützen durchgeführt und tabellarisch aufbereitet wurden. Sämtliche Schadensdaten wurden in einer Datenbank erfasst, die eine rechnergestützte Auswertung bis hin zur Massenermittlung und Kostenschätzung ermöglicht [9].

Im Rahmen der Bauwerksuntersuchungen zeigte sich, dass die Dachdecke (befahrenes Freideck, Bild 2) Undichtigkeiten aufweist. Als Aufbau der Dachdecke des Bauwerks (Bild 3) wurde eine Betonpflasterung in Splittbettung über einem bewehrten Schutzbeton angetroffen, darunter wurde eine Abdichtung als zwei- bis dreilagige Bitumenbahn, eine Schaumglasdämmung, eine Dampfsperre als einlagige Bitumenbahn und ein Gefälleestrich festgestellt.



Bild 2: Dachdecke der Tiefgarage (Freideck)



Bild 3: Deckenaufbau des Freidecks, Detail

Nach großflächigem Abtrag des Deckenaufbaus in mehreren Bereichen zeigten sich neben Durchlässigkeiten der vorhandenen Gebäudefuge Undichtigkeiten an sämtlichen Anschlüssen der Deckenplatte an angrenzende Bauteile. Darüber hinaus wurden undichte Arbeitsfugen der Außenwände sowie unterläufige Abdichtungsebenen der Zu- und Abfahrtsrampen angetroffen.

Durch Schadstellen in der Abdichtung und mangelhaft ausgeführte Leitungsdurchführungen (Bild 4) in den Geschossdecken der Tiefebenen können Regenwasser und eingetragene Schadstoffe weitgehend ungehindert durch die Deckenkonstruktion über die Bauwerksfugen in die darunter liegenden Ebenen gelangen. Trotz des Gefälles im Deckenaufbau des Freidecks und der in ausreichender Zahl vorhandenen Bodenabläufe ist die bestehende Oberflächenwasserabführung ungenügend. Bauteiluntersuchungen zeigen, dass die Belastung der Deckenplatten und Wände mit Chloriden für chloridinduzierte Korrosion im Sinne der Instandsetzungs-Richtlinie als unkritisch einzustufen ist. Hingegen wurden bei mehreren Stützen Chloridwerte ermittelt, die über den zulässigen Werten liegen. An diesen Stellen ist Korrosion offensichtlich (Bild 5).



Bild 4: Mangelhaft ausgeführte Leitungsdurchführung



Bild 5: Chloridinduzierte Bewehrungskorrosion in Tiefebene -1

Das Instandsetzungskonzept sieht auf Basis von DIN 18195 [10], DAfStb-Richtlinie [11] und ZTV-ING [12] in Abhängigkeit vom Umfang der angetroffenen Schäden folgende Maßnahmen vor:

- Instandsetzung der Gebäudeabdichtung und der Flächenentwässerung des Freidecks.
- Bauteile mit Feuchtigkeitsschäden und Farb- oder geringen Betonabplatzungen werden oberflächlich gereinigt und in ihrer Oberfläche geebnet.
- Bauteile mit Abplatzungen des Betons bis hin zur Freilegung der Bewehrung mit Korrosionsfolge, aber ohne signifikante Reduzierung des Bewehrungsquerschnitts werden vom carbonatisierten Beton befreit, die Bewehrung gereinigt und mit einem Korrosionsschutz versehen, der Betonquerschnitt wird reprofiliert.
- Bauteile mit starken Betonabplatzungen bis hin zur Freilegung der Bewehrung mit Korrosionsfolge und signifikanter Reduzierung des Bewehrungsquerschnitts bei großer Carbonatisierungstiefe und Chloridgehalt über dem Grenzwert werden zusätzlich statisch verstärkt. Sie erhalten eine Spritzbetonschicht mit Zusatzbewehrung gemäß Statischer Berechnung.
- Die weitere Carbonatisierung des Betons wird unterbunden, indem alle instand gesetzten Betonbauteile mit einem CO₂-dichten Schutanstrich versehen werden und im Spritzwasserbereich eine tausalzdichte Beschichtung erhalten.

Zur Behebung der Haupt-Schadensursache werden zunächst folgende Abdichtungsmaßnahmen durchgeführt:

- Dachdecke (Freideck): Da nicht sichergestellt werden kann, dass die vorhandene Abdichtung in der Fläche intakt ist und die Bauphase unbeschadet überstehen wird, wird der vorhandene Deckenaufbau bis zur Oberkante des Gefällebetons entfernt und erneuert. Um die Abdichtung in den Randbereichen und an den Übergängen dauerhaft an die angrenzenden vertikalen Bauteile anzuschließen, wird auch die Oberflächenbeschichtung der Zufahrtsrampen entfernt und die Gebäudekanten werden freigelegt.

Auf dem vorhandenen Gefällebeton wird ein Umkehrdach (Wärmedämmung oberhalb der Abdichtungsebene) ausgebildet. Die Abdichtung erfolgt als Bitumenschweißbahn in Verbindung mit Gussasphalt als Deckschicht gemäß DIN 18195-5, bestehend aus einer Grundierung des Untergrunds mit Epoxidharz oder Bitumen-Voranstrich, einer Lage Polymer-Bitumenschweißbahn

mit hochliegender Trägerlage aus Polyestervlies und einer im Verbund eingebauten Deckschicht aus Gussasphalt. Die Abdichtung an aufgehende Bauteile und Einbauteile erfolgt mit einer Dichtungsschicht aus Flüssigkunststoff [13], einem vliesverstärkten Epoxidharz, da die Folie gut an komplizierte Detailpunkte angepasst und angearbeitet werden kann. Oberhalb der Abdichtungsebene werden nacheinander Trennlage, XPS-Wärmedämmung als Umkehrdämmung, Schutzmatte, Splittbettung auf Tragschicht und Verbundpflaster eingebaut. Die Wärmedämmschicht dient – lose auf die Gussasphaltschicht aufgelegt – neben der Vermeidung von Tauwasseranfall an der Dachdecke als Schutzschicht für die Flächenabdichtung gemäß DIN 18195-10.

Die neue Abdichtung der Deckenfläche wird gemäß DIN 18195-8 an den Fugen unterbrochen. Die Fugenübergänge erhalten eine neue, wasser- und schmutzdichte Fugenprofilkonstruktion (Bild 6).

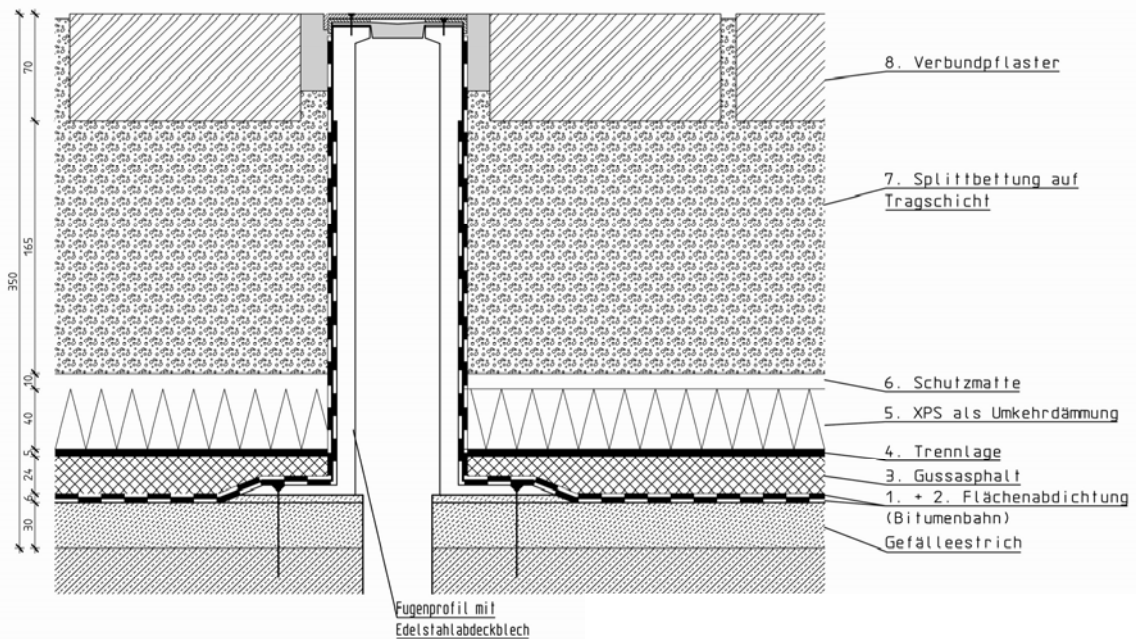


Bild 6: Instandsetzung der Gebäudetrennfuge auf dem Freideck

- Erdberührte Außenwände und Sohlplatten: Fugen in der Außenwand werden außenseitig freigelegt und erneuert. Die angrenzende Konstruktion wird mittels Beton mit Kunststoffzusatz (PCC-Betonersatzsystem) reprofiliert und es erfolgt eine dauerelastische Verfugung.
- Decken und Kappen der Zu- und Ausfahrtsrampen: Der Bodenaufbau wird bis auf den Konstruktionsbeton abgebrochen, Risse in den Deckenplatten werden verpresst und abgedichtet, die seitlichen Kappen sowie die Fugenflanken reprofiliert und die Fugenabdichtungen instand gesetzt. Als Flächenabdichtung kommt ein Oberflächenschutzsystem auf einem Verbundestrich (OS 11 nach DAfStb-Richtlinie bzw. OS-F nach ZTV-ING) zum Einsatz. Es besteht aus: Untergrundvorbereitung, Verbundzementestrich, Grundierung des Untergrunds, verschleißfester Oberflächenschutzschicht auf Polyurethan- bzw. Epoxidharz-Basis (Abdichtung) und Deckschicht bzw. Verschleißschicht. Die Abdichtung an aufgehende Bauteile erfolgt entsprechend der Lösung für das Freideck.

Innere Flächenabdichtungen der beiden Tiefebenen: Die Gebäudetrennfugen in den Decken über den Tiefebenen werden erneuert (Bild 7). Dazu wird der Belag für die Fugen- und Betoninstandsetzung in einem ca. 1 m breiten Streifen entlang der Fugen bis auf den Konstruktionsbeton abgebrochen und das vorhandene Fugenprofil entfernt. Über der Fuge wird eine wasserdichte Fugenprofilkonstruktion eingebaut. Der Belag wird mit einem PCC-Betonersatzsystem reprofiliert und an die Abdichtung angearbeitet. In diesem Zug werden erforderliche Brandschutzmaßnahmen an der Fuge mit ausgeführt.

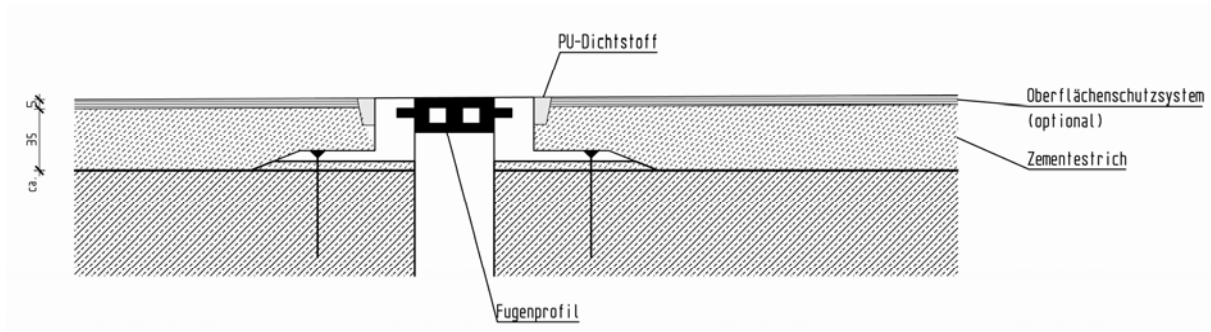


Bild 7: Instandsetzung der Gebäudetrennfuge in den Tiefebenen

Anschließend erfolgt die Instandsetzung der Stahlbetonbauteile wie folgt:

- Instandsetzung von tragfähigen Stahlbetonbauteilen im Gebäudeinnenbereich: Bauteile mit Gefüge zerstörenden Schäden ohne statisch-konstruktive Relevanz – z. B. Stützen, Wände, Decken und Fugenflanken sowie Unterzüge – werden nach den Vorgaben der ZTV-ING Teil 3 Abschnitt 4 instand gesetzt. Dazu wird loser und schadhafter Beton entfernt, loser Rost abgetragen, die Bewehrung allseitig bis Norm-Reinheitsgrad Sa 2 1/2 entrostet, die Bewehrung vollflächig mit einem Korrosionsschutz versehen, der Betonuntergrund gesäubert, eine Haftbrücke auf den Betonuntergrund aufgebracht und das Bauteil mit Zementmörtel oder PCC-Betonersatzsystem reprofiliert. Nach der Nachbehandlung der Spachtelstellen werden diese mit einem Oberflächenschutzsystem beschichtet.
- Verstärkung von nicht mehr tragfähigen Stahlbetonbauteilen im Gebäudeinnenbereich: Stützen, deren verbliebener Restquerschnitt der Bewehrung die Belastung zusammen mit dem Betonkern nicht mehr abtragen kann, werden mit Spritzbeton instand gesetzt (Bild 8).

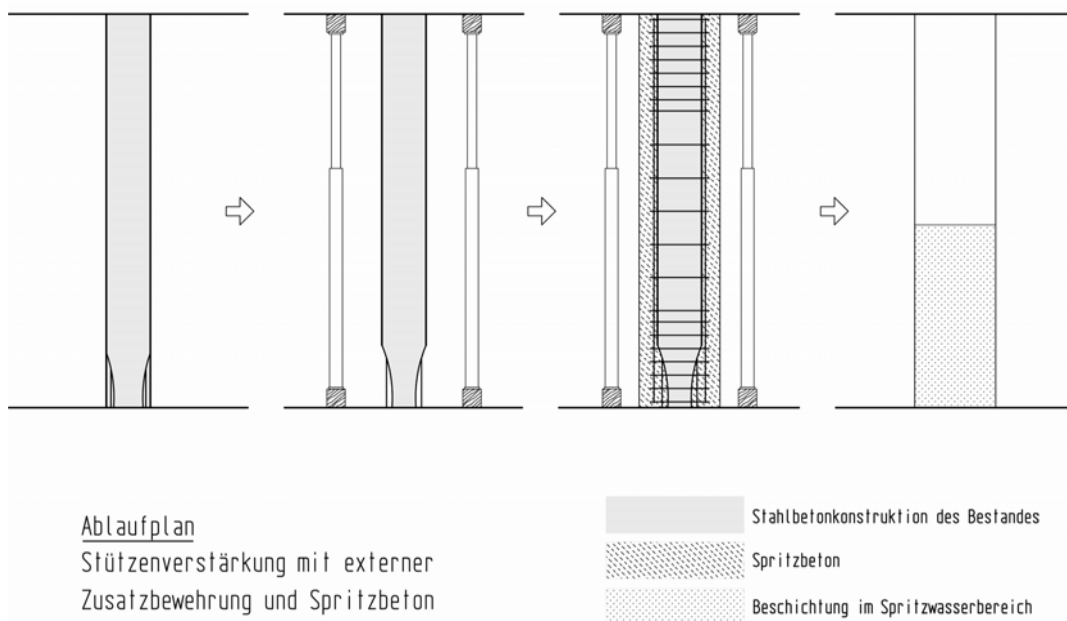


Bild 8: Stützenverstärkung mit externer Zusatzbewehrung und Spritzbeton

Die statisch-konstruktive Instandsetzung und Verstärkung wird wie folgt ausgeführt: Am Stützenfuß losen und schadhafte Beton entfernen, losen Rost entfernen und Bewehrungs-Restquerschnitte allseitig bis Norm-Reinheitsgrad Sa 2 1/2 entrostet, Bewehrung vollflächig mit Korrosionsschutz versehen, Betonuntergrund säubern, externe Bewehrung (Längs- und Bügelbewehrung) gemäß Statischer Berechnung ergänzen, umlaufende Spritzbetonschicht aufbringen, Spritzbeton leicht abziehen bzw. spritzraue Oberfläche spachteln und glätten.

- Um die Bauteile im Sockelbereich vor erneuten Schädigungen durch Spritzwasser und Chlorideinwirkungen zu schützen, wird bis in eine Höhe von einem Meter ein Oberflächenschutzsystem auf Polyurethan- bzw. Epoxidharz-Basis aufgebracht (entsprechend OS 4 nach DafStb-Richtlinie bzw. entsprechend OS-D II nach ZTV-ING).
- Auf weiter gehende optische Verbesserungsmaßnahmen wird bewusst verzichtet: Reinigen der Wände und Stützen oberhalb des Spritzwasserbereichs, Wiederherstellung von elastischen Fugen im Wand- und Deckenbereich, Beschichten der Wände und Stützen oberhalb des Spritzwasserbereichs, Entfernen von Ausblühungen und Ablagerungen an den Deckenunterflächen, Erneuern der Parkplatzmarkierungen und des Fahrzeug-Leitsystems, Instandsetzung der Außenfassade.

Durch die beschriebenen Maßnahmen kann die Restlebensdauer des Parkhauses deutlich erhöht werden. Dabei liegt das Budget für die Instandsetzungsmaßnahmen weit unter den Erstellungskosten für entsprechende Parkhaus-Neubauten. Da außerdem der Betrieb der Garage durch Abtrennung der abschnittsweise bearbeiteten Bereiche von den nutzbaren Parkplatzflächen aufrechterhalten werden kann, zeigt sich: Instandsetzung lohnt.

Literatur

- [1] Schröder, Manfred: Schutz und Instandsetzung von Stahlbeton: Anleitung zur sachkundigen Planung und Ausführung. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage, Renningen: expert Verlag 2006
- [2] DIN 1045-1 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Ausgabe 07/2001
- [3] Luley, Hanspeter; Kampen, Rolf; Kind-Barkauskas, Friedbert; Klose, Norbert; Tegelaar, Rudolf; Instandsetzen von Stahlbetonoberflächen: Ein Leitfaden für den Auftraggeber. 7. geänderte Auflage, Düsseldorf: Beton-Verlag GmbH, 1997
- [4] ACI Committee 224: Control of Cracking in Concrete Structures. Journal of the American Concrete Institute, 12/1972
- [5] Stahr, Michael: Bausanierung: Erkennen und Beheben von Bauschäden. 3. aktualisierte Auflage, Wiesbaden: Vieweg und Sohn, 2004
- [6] DIN 1048-2: Prüfverfahren für Beton: Festbeton in Bauwerken und Bauteilen, Ausgabe 06/1991
- [7] Bergmeister, Konrad; Wörner, Johann-Dietrich: Betonkalender 2004: Brücken und Parkhäuser. Band 2, 93. Jahrgang, Berlin: Ernst und Sohn, 2004
- [8] Betonschadensanalyse für die Betonbauteile einer Tiefgarage in Hessen, Pabst & Partner, Bonn, 03.11.2006
- [9] Tiefgarage in Hessen: Erweiterte Betonschadensanalyse, Instandsetzungskonzept, Kostenschätzung, bow ingenieure gmbh, Braunschweig, 20.04.2007
- [10] DIN 18195 Bauwerksabdichtungen – Teile 1 - 10 und Beiblatt 1, jeweils aktuelle Ausgaben

- [11] DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie) – Teile 1 bis 4, Ausgabe 10/2001
- [12] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING): Verkehrsblatt-Sammlung-Nr. S 1056. Bonn: Bundesanstalt für Straßenwesen, Ausgabe 01/2003
- [13] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für das Herstellen von Brückenbelägen auf Beton (ZTV-BEL B), Teil 3: Dichtungsschicht aus Flüssigkunststoff. Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau, Ausgabe 1995

Autoren dieses Beitrags:

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Christoph A. Beecken, Dipl.-Ing. Marc Rother, Dipl.-Ing. Wiebke vom Berg
bow ingenieure gmbh, Breite Straße 15, 38100 Braunschweig
mail@bow-ingenieure.de, www.bow-ingenieure.de