

Instandsetzungskonzept
Parkhaus Stadtmitte, Emmendingen

Auftraggeber: Stadt Emmendingen
Fachbereich 3, Planung und Bau/Hochbau
Landvogtei 10
79312 Emmendingen

Projektnummer: 21.4352
Berichtsumfang: 41 Seiten
5 Anlage

Bearbeiter/Sachverständiger: Dipl.-Ing.(FH) Thomas Wollscheidt

Ausstellungsdatum: 28.02.2022

Merchweiler, den 28.02.2022



Thomas Wollscheidt
Dipl.-Ing.(FH)
SBU Ingenieure GmbH





Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang	4
1.1	Beauftragung	4
1.2	Bauwerk	4
2	Bezugsdokumente	8
3	Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse	11
3.1	Umfang der Untersuchungen	11
3.2	Dokumentation Bestand/Schadstellenkataster	11
3.3	Öffnungsstellen zur Ermittlung der Betondeckung, der Karbonatisierungstiefe sowie der Art und des Zustands der Bewehrung	11
3.4	Zerstörungsfreie Ortung der Bewehrung	13
3.5	Bestimmung der Oberflächen- bzw. der Haftzugfestigkeit (Abreißversuche)	16
3.6	Ermittlung des Chloridgehaltes	17
3.7	Ermittlung des PCB- und PAK-Gehalts	18
4	Ermittlung Ist-Zustand	21
5	Instandsetzungskonzept	29
5.1	Grundlagen	29
5.2	Zielsetzung	33
5.3	Instandsetzungsmaßnahmen	33
5.4	Kosten	41



Anlagen

- [A1] Schadenskataster
SK01 Ebene -1
SK02 Ebene 0 und 1
SK03 Ebene 2 und 3
SK04 Ebene 4 und 5
SK05 Ebene 6 und 7
SK06 Ebene 8 und 9
SK07 Ebene 10 und 11
SK08 Treppenturm Bilddokumentation
- [A2] Ergebnisse Bauwerksuntersuchung G-0195-01,
bsm² Beratende Ingenieure PartGmbB
1.1 U-Stellen E1
1.2 U-Stellen E1
1.3 U-Stellen E2
1.4 U-Stellen E3
2.1 Oberflächenzugfestigkeit E4
2.2 Oberflächenzugfestigkeit E5
2.3 Oberflächenzugfestigkeit E6
3.1 Potentialfeldmessung E0-E1
3.2 Potentialfeldmessung E1-E2
4.1 Betondeckung E0-E1
4.2 Betondeckung E2-E3
5 Deklarationsanalysen
- [A3] Instandsetzungspläne:
IK01 Ebene -1 bis 1 – Grundriss, Schnitte
IK02 Ebene 2 bis 11 – Grundrisse, Schnitte
IK03 Ebene -1 bis 11 – Details
- [A4] Kostenberechnung der Instandsetzungsmaßnahme
- [A5] Kostenschätzung nach DIN 276 für den Neubau des Parkhauses
auf der Grundlage des BKI 2020



1 Vorgang

1.1 Beauftragung

Die für dieses Projekt eingegangene Projektpartnerschaft der beiden Ingenieurbüros bsm² Beratende Ingenieure PartGmbH, Kaiserslautern und SBU Ingenieure GmbH, Merchweiler ist mit der 2. Stufe der Bauwerksuntersuchung und eines darauf aufbauenden Instandsetzungskonzepts beauftragt. Zielsetzung ist demnach eine Aussage des IST-Zustands der Bausubstanz mit einer Gesamtkonzeptionierung von notwendigen Instandsetzungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit. Neben der technischen Ausarbeitung der Instandsetzungsmaßnahmen steht die Kostenbewertung im Rahmen einer Kostenberechnung im Vordergrund.

Die 1. Stufe der Bauwerksuntersuchung wurde bereits 2020 durch bsm² Beratende Ingenieure PartGmbH durchgeführt. Hierbei sind erhebliche systematische Schäden im Bereich der Fertigteil-Stoßbereiche festgestellt worden. Durch ein ausgebildetes Rissbild konnte über eine längere Dauer chloridhaltiges Wasser in die Bausubstanz eindringen und durch elektrochemische Prozesse die Bewehrung angreifen/zerstören. Ebenso wurde hierdurch die Stahlkonstruktion in einem erheblichen Maße durch Korrosion geschädigt. Im Rahmen eines Ortstermins 13.07.2021 wurde das Parkhaus in Augenschein genommen. Dabei wurde auf die Standsicherheitsrelevanz der geschädigten Stahlkonstruktion hingewiesen. Die hieraufhin beauftragten gutachterlichen Stellungnahmen zum IST-Zustand der noch vorhandenen statischen Tragfähigkeit [U1] wurde von der SBU Ingenieure GmbH bearbeitet und am 31.01.2022 an die Stadt Emmendingen übergeben.

1.2 Bauwerk

Das Parkhaus Stadtmitte in Emmendingen wurde 1986 bis 1987 erbaut und bietet eine Kapazität für 207 Stellplätze, welche sich über insgesamt 13 Halbgeschosse (Ebenen -1 bis 11) mit zwei frei bewitterten Parkebenen (Ebenen 10 und 11) sowie zwei Tiefgeschossen (Ebenen -1 und 0) erstreckt (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1 Schnitt durch das Parkhaus Stadtmittle in Emmendingen

Das Parkhaus Stadtmittle ist über die Straße von der nordwestlichen Seite aus erreichbar und über die Einfahrt an der Vorderseite zu begehen und zu befahren. Auf der westlichen Seite befindet sich ein Treppenhaus. Der Übersicht (vgl. Abbildung 2) ist zu entnehmen, dass das Parkhaus auf der westlichen Seite an eine große Halle angrenzt. Die weiteren Bauwerksseiten sind freistehend.



Abbildung 2 Lageübersicht des Parkhauses Stadtmittle, Quelle: Google Earth

Das Parkhaus wurde in einer Hybridbauweise hergestellt. Die Tragkonstruktion besteht demnach aus einer Stahlkonstruktion mit gewalzten Trägern. Die Profile wurden stahlbaumäßig mit Schraubanschlüssen und in geschweißten Verbindungen miteinander verbunden (siehe Abbildung 3)

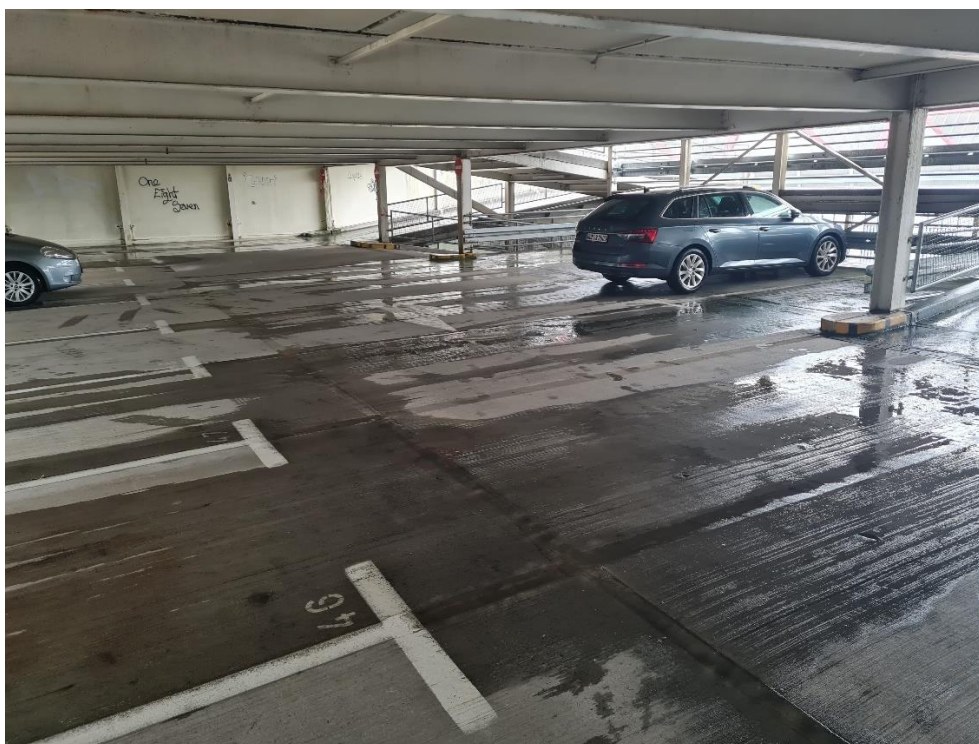


Abbildung 3 Übersicht Parkdeck mit Stahlkonstruktion

Zum Korrosionsschutz wurde eine mehrschichtige Korrosionsbeschichtung appliziert. Im Untergeschoss sind die tragenden Stahlbauprofile feuerfest/-hemmend ummantelt. Die Parkdecks sind mit Stahlbeton-Fertigteilen hergestellt. Die tragenden Stahlbau-Unterzüge sind gemäß Abbildung 4 als Verbundträger mit einer nachträglich eingebauten Vermörtelung hergestellt:

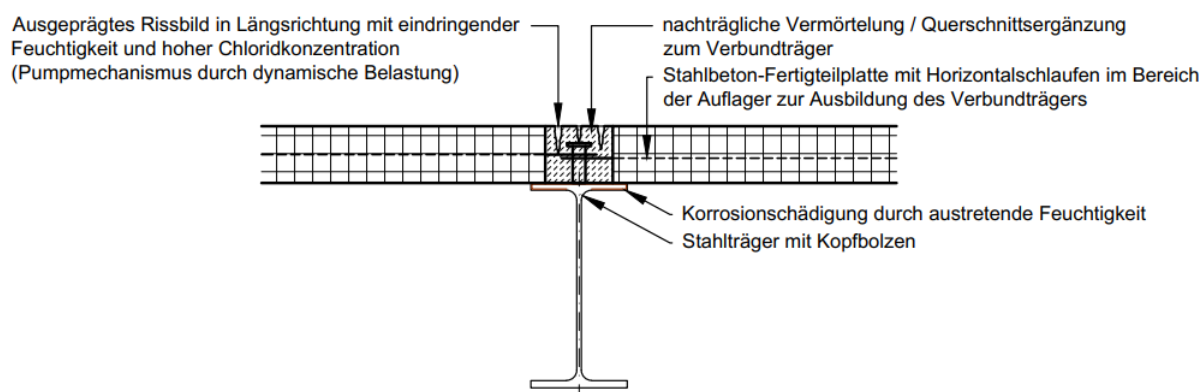


Abbildung 4 Systemschnitt Verbundträger; [A3]

Durch die offene, teils bewachsene Fassadenstruktur aus Stahl und Stahlbetonfertigteilen sind die Randbereiche der einzelnen Parkdecks quasi freibewittert (siehe Abbildung 5).

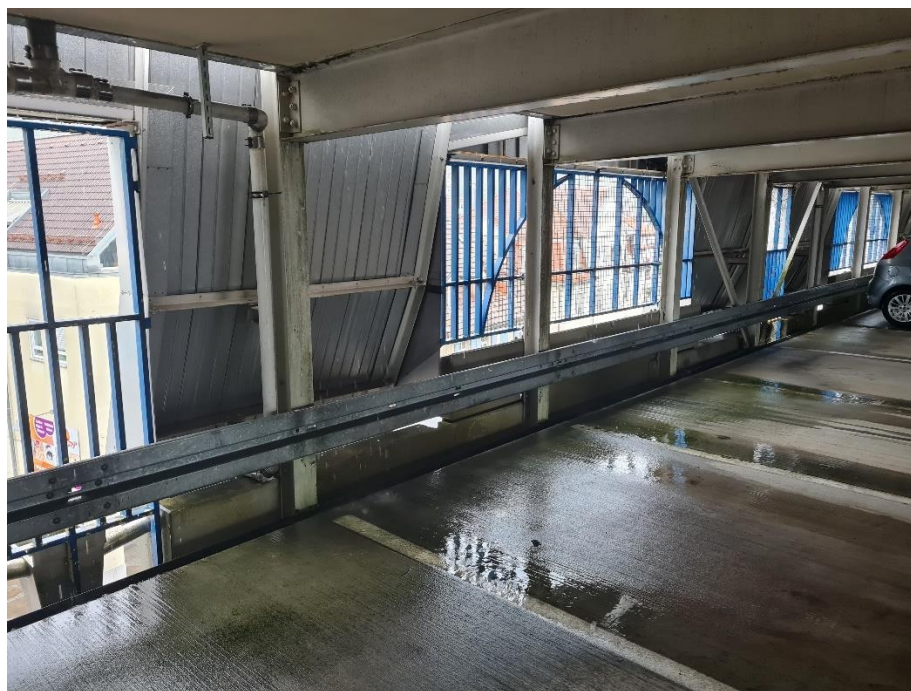


Abbildung 5 Offene Fassadenstruktur mit Freibewitterung der Parkdeck-Randbereiche



2 Bezugsdokumente

Regelwerke

- [R1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie)“, Ausgabe 10/2001
- [R2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, DAfStb-Richtlinie „Instandhaltung von Betonbauteilen (Instandhaltungsrichtlinie)“, Ausgabe 06/2018 (Entwurf)
- [R3] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Technische Regel – Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung), 2020-05
- [R4] Deutscher Beton- und Bautechnik Verein e.V., DBW-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen, 2018
- [R5] DIN EN 1992-1-1:2011-01 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [R6] DIN EN 14629:2007-06 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung des Chloridgehaltes in Festbeton
- [R7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Anleitung zur Bestimmung des Chloridgehalts von Beton; Schnellbestimmung des Chloridgehaltes von Beton, Bestimmung des Chloridgehaltes von Beton durch Direktpotentiometrie, Heft 401, 1989
- [R8] DIN EN 14630:2007-01 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Karbonatisierungstiefe im Festbeton mit der Phenolphthalein-Prüfung
- [R9] Deutscher Beton- und Bautechnik Verein e.V., DBV-Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung – Sicherung der Betondeckung beim Entwerfen, Herstellen und Einbauen der Bewehrung sowie des Betons nach Eurocode 2“, Fassung 12/2015
- [R10] DIN EN 1992-1-1:2011-01 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [R11] DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 Nationaler Anhang - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken; Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln für den Hochbau; Änderung A1
- [R12] DIN EN 1542:1999-07 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betonbauwerken; Prüfverfahren – Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch
- [R13] ChemVerbotsV Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens und über die Abgabe bestimmter Stoffe, Gemische und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz, 2017-01
- [R14] DIN ISO 10382:2003-05 Bestimmung von Organochlorpestiziden und polychlorierten Biphenylen – Gaschromatographisches Verfahren mit Elektroneneinfang-Detektor
- [R15] GefStoffV Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen, 2010-11



- [R16] PCB-Richtlinie Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden, ARGEBAU, 1994-09
- [R17] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Mitteilung 20 (LAGA M20): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln, 11/1997
- [R18] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Mitteilung 20 (LAGA M20), Teil I: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln, 11/2003
- [R19] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Mitteilung 20 (LAGA M20), Teil II: Technische Regeln für die Verwertung - 1.2 Bodenmaterial und sonstige mineralische Abfälle, 8/2004
- [R20] DIN ISO 18287:2006-05 Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) - Gaschromatographisches Verfahren mit Nachweis durch Massenspektrometrie (GC-MS)
- [R21] Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Technische Regel für Gefahrstoffe, TRGS 905: Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe, 5/2018
- [R22] DIN EN ISO 12944-4:2018-04 Beschichtungssysteme von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitungen
- [R23] DIN EN ISO 12944-5:2020-03 Beschichtungssysteme von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 5: Beschichtungssysteme



Unterlagen und Literatur

- [U1] Gutachterliche Stellungnahme - Bewertung des IST-Zustands der noch vorhandenen Tragfähigkeit der Stahlkonstruktion Parkhaus Stadtmitte, Emmendingen; SBU Ingenieure GmbH, 31.01.2022
- [U2] Gutachterliche Stellungnahme G-0099-01 – IST-Zustandsbewertung Parkhaus Stadtmitte, Emmendingen; bsm² PartGmbH, 03.11.2020
- [U3] Dokumentation vorhandene TGA, Ingenieurbüro Achim Kelkel; 21.02.2022
- [U4] Breit, W.: Untersuchungen zum kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt für Stahl in Beton. In: Schriftenreihe Aachener Beiträge zur Bauforschung, Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (1997), Nr. 8, Aachen, Technische Hochschule, Dissertation
- [U5] Breit, W.; Dauberschmidt, C.; Gehlen, C.; Sodeikat, C.; Taffe, A.; Wiens, U.: Zum Ansatz eines kritischen Chloridgehaltes bei Stahlbetonbauwerken. Beton- und Stahlbetonbau 106 (2011), Nr. 5, S. 290-298
- [U6] Kritischer korrosionsauslösender Chloridgehalt – Positionspapier des DAfStb zum aktuellen Stand der Technik, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), 08.10.2015

Bestandsunterlagen

Planunterlagen und statische Berechnungen aus Bauakte



3 Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse

3.1 Umfang der Untersuchungen

Die 2. Stufe der Bauwerksuntersuchung wurde anhand der Ergebnisse der 2020 durchgeführten und ausgewerteten 1. Stufe konzipiert. Hierbei sollen die aufgezeigten systematischen Schadensmechanismen tiefergehend analysiert und der Schadensgrad statistisch auswertbar anhand von Stichproben ermittelt werden.

Folgende Untersuchungen wurden zur Erstellung des Instandsetzungskonzeptes im Rahmen der 2. Stufe der Bauwerksuntersuchung durchgeführt:

- Dokumentation Bestand/Schadstellenkataster
- Öffnung von Untersuchungsstellen zur Feststellung der Karbonatisierung, Betondeckung, Bewehrungsgrad, Korrosionszustand der Bewehrung (Ebene 1-3)
- Oberflächenzugfestigkeit (Ebene 4-6)
- Potentialfeldmessung (Ebene 0-2)
- Betondeckung (Ebene 0-3)
- Deklarationsanalyse

Die 2. Stufe der Bauwerksuntersuchung wurde vom 07.09.21 bis 09.09.21 durchgeführt.

3.2 Dokumentation Bestand/Schadstellenkataster

Zur Vorbereitung der Dokumentation des Bestands wurden die in Kapitel 2 Bezugsdokumente angegebenen Bestandsunterlagen gesichtet und ausgewertet. Die Auswertung erfolgte auf der Grundlage der TR Instandhaltung [R3] Kapitel 3, Absatz 5).

Zur Bestandserfassung wurde ein Schadenskataster mit fotografischer Dokumentation [A1] erstellt. Hierbei wurden alle visuell wahrnehmbaren Schadensarten sowie Konstruktionsmerkmale fotografisch dokumentiert und die Schäden lagemäßig in einem Schadenskataster erfasst. Hierzu wurden aus den vorhandenen Planunterlagen die notwendigen Plangrundlagen erarbeitet.

3.3 Öffnungsstellen zur Ermittlung der Betondeckung, der Karbonatisierungstiefe sowie der Art und des Zustands der Bewehrung

Betondeckung, Art und Zustand der Bewehrung

Zur Bewertung des Bewehrungszustands und der Bewehrungsart müssen Öffnungsstellen an den Bauteilen angelegt werden. Der Beton wird bis hinter die Bewehrung freigelegt und die frische Bruchstelle wird gesäubert. Am freigelegten Bewehrungsstahl kann i. d. R. die Art (profiliert, glatt, tordiert, ...) und falls vorhanden die Rippengeometrie festgestellt werden. Hieraus können u. a. Rückschlüsse auf die mechanischen Eigenschaften (Mindeststreckgrenze, Bruchdehnung, ...) des Bewehrungsstahls gezogen werden. Mit einer Schieblehre oder sonstigem geeigneten Messmittel kann der Durchmesser der Bewehrung



bestimmt werden. Zudem kann anhand des freigelegten Bewehrungsstahls dessen Korrosionszustand bestimmt werden.

Karbonatisierungstiefe

Durch die Reaktion des Kohlenstoffdioxids (CO_2) der Luft und der Zementmatrix des Betons wandelt sich das im Zement enthaltene Calciumoxid und Calciumhydroxid in Calciumcarbonat um. Das alkalische Milieu, das den Bewehrungsstahl vor Korrosion schützt, geht mit dieser chemischen Reaktion verloren, da der pH-Wert des Betons von über 12,5 auf Werte unter 9 sinkt. Die Passivierungsschicht des Bewehrungsstahls wird in der Folge zerstört, so dass es bei Vorhandensein von Feuchtigkeit und Sauerstoff zur Korrosion des Bewehrungsstahls kommen kann.

Die Karbonatisierungstiefe kann an frischen Bruchstellen ermittelt werden. Nach dem Aufschlagen der Messstelle wird diese mit einem Indikator (Phenolphthaleinlösung) besprüht. Der Indikator schlägt ab einem pH-Wert von ca. 9 aufwärts in eine violette Färbung um. Der karbonatisierte Bereich bleibt farblos. Anhand des Farbumschlags kann die Tiefe der Karbonatisierungsfront mithilfe einer Schieblehre oder sonstigem geeigneten Messmittel bestimmt werden. Die normgemäße Prüfung erfolgt nach DIN EN 14630 [R8]. Ausschlaggebend für die Bewertung ist die Überdeckung der Bewehrung mit dem sie schützenden, nicht karbonatisierten Beton.

Ergebnisse

Karbonatisierung

In den Ebene 0 und -1 zeigen sich im Bereich der Bodenfläche nur eine geringe Karbonatisierungstiefe, die in der Regel 0 mm bzw. wenigen Millimeter beträgt. Die Wandbereiche zeigen eine starke Streuung von 12 mm bis 28mm

In den oberen Ebene 1-11 weisen alle Bauteile nur geringe Karbonatisierungstiefen auf.

Bewehrung

Die partielle Bewehrungsüberdeckung streut mit ca. 10 mm bis 45mm in einem großen Bereich.

Der Korrosionsgrad gemäß SIA 269/2 ist in weiten Teilen, korrespondierend mit der Karbonatisierungstiefe mit KG0 (blank) / K1 (beginnende Korrosion) anzugeben. Partiiell kann in Abhängigkeit mit der vorhandenen Chloridkonzentrationen eine Korrosionsgrad K3 (beginnende Lochfraßbildung) festgestellt werden.

Die Ergebnisse können in den Planunterlagen der Anlage [A2] eingesehen werden.



3.4 Zerstörungsfreie Ortung der Bewehrung

Zur Ortung der Bewehrung und zur Feststellung der Betondeckung wurde ein zerstörungsfreies Verfahren gewählt.

Verwendet wurde ein Messgerät der Firma proceq, welches auf dem Wirbelstromverfahren basiert und großflächige Messaufnahmen/Flächenscans erlaubt. Mithilfe eines Wegaufnehmers wird bei einer linien-/flächenförmigen Messung der gescannte Weg aufgezeichnet. Die Messdaten können in einem Weg-Betondeckung-Diagramm dargestellt werden und grafisch mit dem Grundriss überlagert werden.

Die Analysesoftware des Herstellers erlaubt nach Eingabe eines Zieldurchmessers (zerstörend ermittelt oder angenommen) die Erstellung eines Ergebnisprotokolls. Dabei muss für die Auswertung eine Messspur der fünf Messsignale (Sensoren) ausgewählt werden.

Des Weiteren ist es möglich die Analyseergebnisse als CSV-Datei auszugeben, die eine weitere Bearbeitung und differenzierte Bewertung durch den Sachverständigen erlaubt.

Für die Ermittlung eines für die Bewertung der Betondeckung belastbaren 5 %- bzw. 10 %-Quantils gemäß den Empfehlungen des Merkblattes Betondeckung und Bewehrung des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins e. V. [R9] muss eine Mindestanzahl an Messsignalen (d. h. erkannte Bewehrungsstähle) je Messlinie vorliegen. Bei kurzen Messstrecken ist dies meist nicht möglich. Ist eine Ermittlung von Quantil-Werten möglich, sollten diese zur Bewertung herangezogen werden. Liegen aus der Analyse keine Quantil-Werte vor, erfolgt die Bewertung durch den Sachverständigen auf Basis objektspezifischer Kriterien.

Allgemeines zur Auswertung

Im Anhang zum DBV-Merkblatt Betondeckung und Bewehrung [R9] wird das Vorgehen bei der nachträglichen Messung der Betondeckung am Bauteil beschrieben. Das Regelwerk beschreibt Nachweisverfahren, die eine Bewertung der vorhandenen gegenüber der planmäßig zu erreichenden Betondeckung ermöglicht. Dabei handelt es sich um eine Bestätigungsprüfung.

Das Quantil ist der Wert einer Zufallsgröße, der mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit unterschritten wird. Im vorliegenden Fall ist das 5 %-Quantil bzw. das 10 %-Quantil der Betondeckung der Wert, der bei Gültigkeit der jeweiligen Verteilungsannahme mit der festgelegten Wahrscheinlichkeit unterschritten wird.

Die Mindestbetondeckung c_{min} , ist

- für Bauteile nach DIN EN 1992-1-1 [R10], Tab. 4.4DE bzw. 4.5DE [R11], Expositionsklasse XC1 als 10 %-Quantil
- für Bauteile nach DIN EN 1992-1-1 [R10], Tab. 4.4DE bzw. 4.5DE [R11], Expositionsklassen XC2, XC4, XD und XS als 5 %-Quantil

nachzuweisen.

Der Nachweis einer bedingungsgemäßen Betondeckung wird im Regelfall mit statistischen Verfahren geführt. Für den Nachweis der Betondeckung am Bauteil mit statistischer Auswertung stehen zwei Verfahren zur Verfügung:



- der qualitative Nachweis und
- der quantitative Nachweis.

Sowohl dem qualitativen als auch dem quantitativen Nachweis liegt gemäß [R9] eine einheitliche Risikobetrachtung zugrunde. Der quantitative Nachweis hat dabei die größere Aussagesicherheit. Aus diesem Grund erfolgt bei der Auswertung der Messergebnisse vorzugsweise der quantitative Nachweis.

Die Auswertung der Messlinien erfolgt für Bauteile, die einer Grundgesamtheit zugeordnet werden können.

Als Grundgesamtheit wird die Summe aller theoretisch möglichen Messpunkte einer Messfläche (bzw. mehrerer vergleichbarer Messflächen) als Teil (bzw. Teile) der Bauteiloberfläche angenommen. Nach [R9] sind als Messflächen folgende Bauteilflächen zu unterscheiden:

- jede Seitenfläche von Wänden; die Oberseiten von Decken; die Unterseiten von Decken
- jede Seitenfläche von eckigen Stützen; jede Stegseitenfläche von Balken; die Unterseite von Balken

Jede Messfläche entspricht einer Grundgesamtheit, die vom Sachverständigen festzulegen ist. Werden Bauteile in Betonierabschnitten hergestellt, können die o. g. Bauteilflächen je Betonierabschnitt als Messfläche betrachtet werden. Die Mindestanzahl der Messpunkte ergibt sich aus dem gewählten Nachweisverfahren und dem geforderten Quantil.

Im vorliegenden Fall werden keine Nachweise hinsichtlich einer Bestätigungsprüfung einer ein-zuhaltenden Betondeckung geführt. Das 5 %-Quantil (Verfahren nach [R9]) wird im Folgenden zur Ermittlung der vorhandenen Betondeckung verwendet. Dieser statistische Wert ermöglicht den Vergleich mit der gemessenen Karbonatisierungstiefe sowie die Ermittlung der Karbonatisierungsrate, die eine Berechnung der Restnutzungsdauer ermöglicht.

Quantitativer Nachweis

Grundlage für die statistische Auswertung ist die Neville-Verteilung. Die Brauchbarkeit der Neville-Verteilung wurde mittels Parameterstudien an durchgeführten Messreihen von ausgeführten Bauteilen nachgewiesen.

Ein wesentlicher Vorteil der Neville-Verteilung ist, dass zur Berechnung der Verteilungsfunktion keine Integration erforderlich ist und daher die Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmter Grenzwert nicht unterschritten wird, direkt berechnet werden kann.

Nach Aufnahme aller Messwerte wird bei der quantitativen Auswertung zunächst der Median X_M festgestellt. Zur Erhöhung der Aussagekraft wird anschließend mit dem Median X_M und dem kleinsten Messwert X_{\min} , ein oberer Grenzwert X_{og} für die der Auswertung zugrunde zu liegenden Messwerte X_i wie folgt berechnet:

$$X_{og} = 2,5 X_M - 1,5 X_{\min}$$

Messwerte, welche diesen oberen Grenzwert übersteigen, sind auszusondern und der quantitative Nachweis wird mit der reduzierten Messwertreihe geführt. Alternativ kann mit ingenieurtechnischem Sachverstand eine statische Obergrenze gewählt werden.



Darüber hinaus bedarf es immer der fachlichen Beurteilung der Messdaten durch den messenden Ingenieur (bzw. Fachkundigen), d. h. gegebenenfalls sind weitere Werte auszusondern, die offen-sichtlich (z. B. Messfehler, Messwerte infolge tieferliegender, nicht zur Bewehrung gehörender Einbauteile) nicht zur Grundgesamtheit gehören und aufgrund ihrer Spezifikation durch das statistische Obergrenzkriterium nicht immer identifiziert werden können.

Ebenfalls erfolgt eine solche Beurteilung und ggf. Aussonderung von Einzelwerten, die im Bereich der Untergrenze (X_{\min}) bzw. unterhalb dieser liegen. Dabei handelt es sich zumeist um Messfehler bzw. Messwerte von nicht zur Bewehrung gehörenden Einbauteilen.

Die Vorgehensweise für den quantitativen Nachweis wird zusammenfassend in Abbildung 6 dargestellt.

Daten (n=20) der Größe nach ordnen und Median bestimmen	$\bar{x}_M = x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)}$ bei n ungerade $\bar{x}_M = \frac{1}{2} \left(x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2}+1\right)} \right)$ bei n gerade		
Mittelwert bestimmen	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$		
Standardabweichung bestimmen	$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$		
Lageparameter (Zentralwert)	$r = \frac{\bar{x} + \bar{x}_M}{2}$		
Formparameter	$k = 1,8 \frac{r}{s}$		
Parameter p(x) mit $x=c_{\min}$	$p(x) = \frac{x}{r}$		
Verteilungsfunktion mit $x=c_{\min}$	$F(x) = \frac{p(x)^k}{1+p(x)^k}$		
Testentscheidung Ziel: 5%-Quantil für XC2-4, XD1-3, XS1-3 10%-Quantil für XC1	Ziel	5%-Quantil	10%-Quantil
	Ablehnung	$F(C_{\min}) > 5\%$	$F(C_{\min}) > 10\%$
	Annahme	$F(C_{\min}) \leq 5\%$	$F(C_{\min}) \leq 10\%$
Alternative Grenzwertberechnung der Betondeckung $x=c(a)$, der eine Wahrscheinlichkeit a% zukommt.	$c(5\%) = \frac{r}{19^{\frac{1}{k}}}$		
	$c(10\%) = \frac{r}{9^{\frac{1}{k}}}$		
Alternative Testentscheidung Ziel: 5%-Quantil für XC2-4, XD1-3, XS1-3 10%-Quantil für XC1	Ziel	5%-Quantil	10%-Quantil
	Ablehnung	$F(C_{\min}) > 5\%$	$F(C_{\min}) > 10\%$
	Annahme	$F(C_{\min}) \leq 5\%$	$F(C_{\min}) \leq 10\%$

Abbildung 6 Quantitative Nachweis nach [R9]

Für die im Folgenden durchgeführte Ermittlung des 5 %-Quantils wurde auf die Berechnung eines unteren und oberen Grenzwertes verzichtet. Nach sachkundiger Prüfung der einzelnen Messlinien hinsichtlich möglicher Fehlmessungen und/oder tieferliegender Bewehrung, die nicht zur 1. Lage gehört, erfolgte die Auswertung an den verbleibenden Messungen. Somit wurden Einflüsse aus möglichen Messfehlern und/oder etwaige Fehlinterpretationen von Messsignalen (z. B. Beeinflussung durch metallische Einschlüsse) reduziert.

Die Auswertung des 5 %-Quantils erfolgt für Bauteilflächen, die einer Grundgesamtheit zugeordnet werden können.



Ergebnisse

Die in der Fläche gemessenen Betondeckungen zeigen anhand der statistischen Auswertung ein homogenes Bild, das mit $c_{(5\%)} = 20\text{mm}$ (5%-Quantil) deutlich unterhalb der im Regelwerk [R5] angegebenen Mindestbetondeckung liegt. Aufgrund der Nutzung sowie der Bauart kann von einer maßgebenden Exposition mit XC 3/4 (Bewehrungskorrosion infolge Karbonatisierung) und XD 3 (Bewehrungskorrosion infolge Chloride) ausgegangen werden. Die sich hieraus ergebene Betondeckung c_{nom} (ohne die Berücksichtigung eines Oberflächenschutzsystems nach [R4]) setzt sich wie folgt zusammen:

$$c_{\text{nom}} = \text{Mindestbetondeckung } c_{\text{min}} + \text{Vorhaltemaß } \Delta c_{\text{dev}} = 40 + 15 = 55 \text{ mm}$$

Die Ergebnisse können in den Planunterlagen der Anlage [A2] eingesehen werden.

3.5 Bestimmung der Oberflächen- bzw. der Haftzugfestigkeit (Abreißversuche)

Die Versuche zur Ermittlung der Abreißfestigkeit (Oberflächen- bzw. Haftzugfestigkeit) wurden in Anlehnung an die Richtlinie Schutz und Instandsetzung des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [R1] und DIN EN 1542 [R12] durchgeführt.

Zur Prüfung der Abreißfestigkeit wurde mithilfe eines Kernbohrgerätes eine Ringnut ($d = 50 \text{ mm}$) in den Untergrund eingebracht. Zur Prüfung der Abreißfestigkeiten wurden diese Bohrkernproben in eine spezielle Prüfvorrichtung eingeklebt, ohne den Prüfbereich zu belasten oder zu beeinflussen.

Ergebnisse

Die gemessenen Oberflächenzugfestigkeiten von i.M: $>2,50 \text{ N/mm}^2$ bei Einzelwerten $> 1,50 \text{ N/mm}^2$ entsprechen vollumfänglich den Vorgaben aus [R1] zur Anwendung von Oberflächenschutzsystem gemäß der nachfolgenden Tabelle 1 [R1].

	Schutz- bzw. Instandsetzungsmaßnahme: Örtliche Ausbesserung bzw. flächige Beschichtung ¹⁾	Mindestwerte der Oberflächenzugfestigkeit in [MPa]	
		Mittelwert	kleinster Einzelwert
	1	2	3
1	OS 2 (OS B)	0,8	0,5
2	OS 5a (OS DII) und OS 5b (DI) (ohne Feinspachtel)	1,0	0,6
3	OS 4 (OS C), OS 5 (OS D)	1,3	0,8
4	OS 8	1,5	1,0
5	OS 11 (OS F), OS 14	1,5	1,0
6	Betonersatz	Abhängig von der Altbetonklasse, siehe Tabelle 4 Einordnung des Altbetons im Bereich der Instand- setzungsebene	

¹⁾ Für Hydrophobierungen (OS 1) werden keine Anforderungen an die Oberflächenzugfestigkeit des Betons gestellt.

Tabelle 1 Anforderungen an die Oberflächenzugfestigkeit des Betongrundes (vgl. [R1])

Die Ergebnisse können in den Planunterlagen der Anlage [A2] eingesehen werden.

3.6 Ermittlung des Chloridgehaltes

Eindringende Chloride führen in Stahlbetonbauteilen ab einem bestimmten Chloridgehalt im Beton zur Zerstörung der schützenden Passivoxidschicht des Bewehrungsstahls. Dabei entsteht eine lokale Korrosionsstelle (Anode), an der konzentriert eine in die Tiefe gehende Korrosion auftreten kann. Die angrenzenden Bereiche des Bewehrungsstahls werden damit bis zu einem gewissen Grad korrosionstechnisch geschützt und bilden die notwendigen Bereiche aus, an denen die Sauerstoffreaktion stattfinden kann (Kathode). Der Grenzwert der Chloridbelastung im Beton auf Höhe der Bewehrung, bei dem der Stahl depassiviert und somit der aktive Korrosionsprozess initiiert werden kann, wird in diesem Zusammenhang als „kritischer korrosionsauslösender Chloridgehalt“ bezeichnet (vgl. [U1] und [U5]).

Die gültigen Regelwerke [R1], [R2] und [R3] enthalten einen Schwellenwert für den Chloridgehalt in Höhe von 0,5 M.-%, bezogen auf den Zementgehalt. Dort heißt es, dass „zur Beurteilung der erforderlichen Maßnahmen ein sachkundiger Planer einzuschalten ist“, wenn der Chloridgehalt in der Betondeckung bzw. im Bereich der Bewehrungslage einen Wert von 0,5 M.-%, bezogen auf den Zementgehalt, überschreitet. Dieser Schwellenwert ist nicht zwingend mit einem aktiven Korrosionsprozess verbunden. Daher ist eine Bewertung des tatsächlichen Korrosionszustands bzw. der Korrosionsbedingungen durch einen sachkundigen Planer vorzunehmen (siehe hierzu auch [U6])

Die Wirksamkeit der Chloride wird in hohem Maße vom pH-Wert der Porenlösung im Zementstein beeinflusst. Bei nicht ausreichender Alkalität, wie es bei karbonatisiertem Beton der Fall ist, können freie Chloride bereits bei deutlich geringeren Konzentrationen (deutlich unter dem vorgenannten Wert von 0,5 M.-%/z) korrosionsaktiv sein.

Zur quantitativen Ermittlung des Chloridgehalts werden mithilfe eines Hohlbohrers Bohrmehlproben aus unterschiedlichen Tiefen entnommen. Bestehend aus einer Mischprobe aus mindestens zwei Bohrungen je Tiefe wird das Bohrmehl analysenfein aufbereitet und anhand eines chemischen Verfahrens der Chloridgehalt der jeweiligen Probe ermittelt. Dieser analytisch bestimmte Chloridgehalt muss für die Beurteilung, ob eine korrosionsauslösende Chloridkonzentration vorliegt, auf den Zementgehalt des Betons bezogen werden. Da die Betonzusammensetzung nicht in allen Fällen bekannt ist, müssen übliche Betonzusammensetzungen mit entsprechenden Zementgehalten angenommen werden. Im vorliegenden Fall kann aufgrund der Bohrkernentnahme eine mittlere Rohdichte des Betons von 2.300 kg/m³ für die Bewertung angesetzt werden. Der Zementgehalt wurde mit 300 kg/m³ angenommen, woraus sich ein Umrechnungsfaktor von 7,7 ergibt (Chloridgehalt der Bohrmehlprobe bezogen auf die Einwaage multipliziert mit dem Umrechnungsfaktor ergibt den Chloridgehalt bezogen auf den Zementgehalt im Bauteil).

Das erstellte Chloridtiefenprofil gibt Aufschluss über das Eindringverhalten von Chloridionen in dem untersuchten Beton. Die Vorgehensweise zur Bohrmehlentnahme ist in DIN EN 14629 [R6] bzw. in DAfStb-Heft 401 [R7] beschrieben.

Der durch die in der Bausubstanz vorhandenen Chloride angestoßene elektrochemische Prozess kann anhand der hierdurch entstehenden Potentialunterschiede zwischen dem Anoden- und Kathodenbereichen mit Hilfe einer auf der Betonoberfläche durchgeführten Potentialfeldmessung gemessen werden. Da die chloridinduzierte Korrosion aufgrund einer



nach innen gerichteter Korrosion von außen nicht erkennbar ist, kann mit der Potentialfeldmessung aktive Korrosionsprozesse geortet und festgestellt werden. Im Rahmen einer flächenhaften Messung kann somit ein Gesamtschadensgrad erfasst und bewertet werden.

Die Bohrmehlproben für einen quantitativen Nachweis der Chloridkonzentrationen wurden im Bereich der Untersuchungsstellen entnommen.

Eine flächenhafte Potentialfeldmessung wurde in Teilbereichen in den Ebenen 0-3 durchgeführt.

Ergebnisse

Die untere Ebene 0 zeigt im Spritzwasserbereich sowie an den Öffnungsstellen der Fassade durch eindringendes chloridhaltiges Oberflächenwasser (Gehweg) erhöhte Chloridkonzentrationen. Diese übersteigen den oben genannten Schwellenwert von 0,5 M-%/z.

Mit steigender Geschossnummer nehmen die ermittelten Chloridgehalte aufgrund der geringer werdenden Frequentierung durch PKW's ab.

In den Ebenen 1 bis 5 kann im Bereich von Rissen und Pfützenbildungen sowie insbesondere in den gerissenen Stoßbereichen der Fertigteil-Deckenplatten eine erhöhte Belastung durch chloridhaltiges Wasser in der Größenordnung eines kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalts festgestellt werden. Die Potentialfeldmessung zeigt in diesen Bereichen bereits fortgeschrittene Korrosionsprozesse. Eine Unterschreitung der ermittelten Grenzpotentiale kann festgestellt werden.

In den untergeschossigen Ebenen 0 und -1 kann im Spritzwasserbereich der Wandsockel Chloride festgestellt werden. Ebenso kann im Bereich der offenen Lichtschächte/Fassade durch eindringendes chloridhaltiges Oberflächenwasser eine hohe Chloridkonzentration in den angrenzenden Wandbereichen gemessen werden. Durch Öffnungsstellen kann in beiden Bereichen eine teils erhebliche Beschädigung der Bewehrung durch Lochfrassbildung bzw. korrosionsbedingte Querschnittsverluste festgestellt werden.

Die Ergebnisse können in den Planunterlagen der Anlage [A2] eingesehen werden.

3.7 Ermittlung des PCB- und PAK-Gehalts

Die Aufbereitung der Beschichtungsprobe und die Auswertung der Untersuchung auf PCB erfolgte nach DIN ISO 10382 [R14] durch ein externes Labor.

Die Stoffgruppe der polychlorierten Biphenyle (PCB) umfasst, in Abhängigkeit von der Position und der Anzahl der im Molekül gebundenen Chloratome, 209 verschiedene Stoffe, sogenannte Congenere. Diese sind bei Raumtemperatur flüssig oder fest und in Wasser nur wenig löslich. Polychlorierte Biphenyle sind schwer entflammbar, plastifizierend, elektrisch nichtleitend, fettlöslich und werden biologisch kaum abgebaut. Bei den technisch eingesetzten PCB handelt es sich entsprechend der vorgesehenen Anwendung immer um Mischungen verschiedener



Congenere. Verwendet wurden PCB bei der sogenannten offenen Anwendung unter anderem als Weichmacher oder Brandverzögerer z.B. in Anstrichstoffen, Klebstoffen, Dichtungsmassen und Kunststoffen (z. B. Kabelummantelungen).

Geregelt ist das Inverkehrbringen, die Herstellung und die Verwendung von polychlorierten Biphenylen in der Chemikalien-Verbotsverordnung (ChemVerbotsV) [R13] sowie in der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [R15], gemäß derer ein grundsätzliches Verwendungsverbot für Erzeugnisse besteht, die Zubereitungen mit einer Gesamtkonzentration von mehr als 50 mg/kg PCB enthalten.

Analytisch bestimmt und angegeben werden gemäß der Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden (PCB-Richtlinie) [R16] die sechs Congenere (PCB Nr. 28, PCB Nr. 52, PCB Nr. 101, PCB Nr. 138, PCB Nr. 153, PCB Nr. 180), die schon in der Vergangenheit zur Beurteilung der Kontamination von festen und flüssigen Phasen standardmäßig herangezogen wurden.

Nach einer Empfehlung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) [R17], [R18] und [R19] wird der Gehalt der sechs Standardcongenere jeder Probe addiert und mit fünf multipliziert, um näherungsweise die PCB-Gesamtkonzentration abzuschätzen.

Die Aufbereitung der Beschichtungsprobe und die Auswertung der Untersuchung auf PAK erfolgte nach DIN ISO 18287 [R20] durch ein externes Labor.

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) umfassen weit über 100 Substanzen. PAK bestehen aus mehrgliedrigen Ringen aus Kohlenstoff und Wasserstoffatomen (meist Benzolringen), die über gemeinsame Seiten miteinander verbunden sind. Die kleinsten Verbindungen der Stoffgruppe bestehen aus zwei Ringen (z.B. Naphthalin), die größten aus sieben Ringen (z. B. Coronen).

Die Gruppe der PAK wird in „leichtere“ und „schwerere“ Verbindungen unterteilt. Die leichteren PAK-Verbindungen bestehen aus zwei bis drei Ringen, die schwereren PAK aus vier bis sieben Ringen. Die für den Menschen gefährlichsten Vertreter befinden sich in der Gruppe mit vier bis sieben Ringen. Die leichteren PAK sind flüchtig, d.h. sie gehen leicht in den gasförmigen Zustand über. Mit zunehmender Anzahl der Ringe nimmt die Flüchtigkeit aufgrund des steigenden Molekulargewichtes ab. PAK sind unpolare Substanzen, die sich schlecht in Wasser und gut in Fetten und Ölen lösen. Damit sind diese Verbindungen bioakkumulierend, d. h. sie reichern sich im Fettgewebe des Organismus an.

Viele Kunststoffprodukte sind PAK belastet. Dies rührt daher, dass PAK vor allem in speziellen Weichmacherölen, auch Teeröle genannt, vorkommen. Diese Weichmacheröle sind Beiprodukte der Kohle- oder Erdöldestillation. Sie werden verwendet, da sie Kunststoffe (z. B. Gummi, PVC) weich und biegsam machen. Auch schwarze Kunststoffe können PAK enthalten, da diese oft mit unbehandeltem Ruß versetzt sind

Da einzelne PAK immer gemeinsam mit hunderten anderen Verbindungen vorliegen, werden nur einzelne Vertreter bestimmt, die jeweils für die Gesamtgruppe repräsentativ sind. In der Praxis haben sich hier spezielle Vertreter (Leitsubstanzen) durchgesetzt, die gemeinsam bestimmt werden.

Am häufigsten wird die Summenbelastung von 16 PAK getestet, die erstmals in den 1980er Jahren von der Umweltbehörde der USA (EPA) vorgeschlagen wurden. Die EPA hat 15 PAK



benannt, die in Umweltproben herausragende Anteile am Gesamtgehalt der PAK haben. Zusätzlich wird Benzo(a)pyren (BaP), welches als besonders krebserzeugend gilt, in der analytischen und regulatorischen Praxis als Leitsubstanz verwendet.

Gemäß der Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall LAGA M20 (vgl. [R17], [R18] und [R19]) liegt der Grenzwert bei PAK-haltigem Bauabfall zur Abgrenzung von „nicht gefährlichem Bauabfall“ (Zuordnungswert: $\leq Z2$) zu „gefährlichem Bauabfall“ (Zuordnungswert: $> Z2$) bei einer Gesamt-Schadstoffkonzentration > 75 mg/kg TS (Summe der 16 PAK nach EPA).

Als weiteres Kriterium sind PAK-haltige Gefahrstoffe gemäß TRGS 905 [R21] als krebserzeugend im Sinne des § 2 Absatz 3 der GefStoffV [R15] anzusehen, sofern der Massengehalt an Benzo(a)pyren (BaP) ≥ 50 mg/kg beträgt.

Ergebnisse

Lediglich in dem Fugenmaterial in E2, Achse A, 7-8 konnten grenzwertüberschreitende PAK's festgestellt werden, die somit als gefährlicher Abfall einzustufen sind.

Die Ergebnisse können in den Planunterlagen der Anlage [A2] eingesehen werden.



4 Ermittlung Ist-Zustand

Die Ermittlung des Ist-Zustands des Bauwerks erfolgt unter Einbeziehung aller Ergebnisse der 2-stufigen Bauwerksuntersuchung sowie in der Sichtung und Auswertung der Bestandsunterlagen (siehe hierzu TR Instandhaltung Kapitel 3, Absatz 5 [R3])

Bodenflächen

Freidecks

Im Bereich des Freidecks (Ebene 10 und Ebene 11) weist die abgewitterte Betonoberfläche mit freiliegender Gesteinskörnung auf eine Frost-Tauwechsel- und/oder Frost-Tausalz-Einwirkung hin. Die ermittelte Oberflächenzugfestigkeit in Ebene 10 deutet auf eine oberflächennahe Schädigung des Betongefüges hin. Die Beschichtbarkeit der Betonoberfläche ist ohne eine ausreichende Untergrundvorbereitung und Abtrag der geschädigten Betonrandzone nicht gegeben.

Auf den Freidecks sind eine Vielzahl von Rissen ersichtlich. Offensichtlich wurden diese im Zuge einer früheren Instandsetzung überarbeitet. Auffällig ist hierbei, dass die verwendeten Bohrpacker in die Risse gesetzt wurden. Dies entspricht keiner fachgerechten Durchführung einer Rissverfüllung. Die Ausführungen im Abschnitt „Deckenuntersichten“ zeigen, dass die Risse nicht vollständig verfüllt wurden und teilweise wasserführend sind. Schadstellen in Form von Betonabplatzungen und/oder freiliegender Bewehrung waren nicht ersichtlich.

Anhand der Ergebnisse der Bauwerksuntersuchungen ist davon auszugehen, dass außerhalb von Rissen in Bereichen mit intaktem Betongefüge und ausreichender Betondeckung keine Bewehrungskorrosion vorliegt und die Chloridgehalte auf Höhe der Bewehrung nicht korrosionsauslösend sind. Lokal können infolge nicht ersichtlicher Schädigungen der Bodenfläche höhere Chloridgehalte vorliegen und örtlich begrenzt korrosionsaktiv sein.

Die ermittelten Chloridgehalte im Fußpunkt der Rampe mit maximal 0,15 M.-% weisen keinen korrosionsauslösenden Chloridgehalt aus. Aufgrund des Feuchteintrags im Bereich der Bodenflächen ist keine Karbonatisierung der Betonrandzone festzustellen. Die an den Öffnungsstellen freigelegte Bewehrung zeigt keine Korrosion.

Anhand der zerstörungsfrei ermittelten Betondeckung lassen sich 5 %-Quantilwerte ableiten, die entsprechend dem DBV-Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“ unterhalb der Mindestbetondeckung für die anzuwendende Expositionsklasse XD3 von $c_{\min} = 40\text{mm}$ liegen. Hieraus kann gemäß den einschlägigen Regelwerken [R3] und [R4] die Notwendigkeit einer Betondeckungserhöhung oder eines Oberflächenschutzes abgeleitet werden.

Zwischengeschosse

In allen Zwischengeschossen (Ebene 1 bis Ebene 9) wurde kein Oberflächenschutzsystem oder Abdichtungssystem appliziert. Eine Karbonatisierung der Betonrandzone ist mittels Indikatorprüfung (Phenolphthaleinlösung) nicht nachweisbar, sodass nicht von einer karbonatisierungsbedingten Bewehrungskorrosion auszugehen ist.

Mit steigender Geschosnummer nehmen die ermittelten Chloridgehalte aufgrund der geringer werdenden Frequentierung durch PKW's ab.



Infolge einer erhöhten Frequentierung in den Ebenen -1 bis 5 kann im Bereich von Rissen und Pfützenbildungen eine erhöhte Belastung durch chloridhaltiges Wasser in Größenordnungen eines kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehaltes nicht ausgeschlossen werden. Insbesondere in Ebene 1 ist aufgrund der besonders hohen Frequentierung von einem verstärkten Eintrag von Chlorid auszugehen. Die Prüfergebnisse in Ebene 1 (Rampe) zeigen einen Chloridgehalt im Bereich der Fuge von 1,39 M.-%/z auf Höhe der Bewehrung (20 mm bis 40 mm) und unterhalb der Fuge von 1,46 M.-%/z (5 mm bis 20 mm) auf. Die Chloridgehalte übersteigen den Schwellenwert von 0,5 M.-%/z und es ist davon auszugehen, dass ein korrosionsauslösender Chloridgehalt vorliegt. Die Ergebnisse der Potentialfeldmessung zeigt hier eine hohe Korrosionswahrscheinlichkeit, die im Rahmen von lokalen Öffnungsstellen über lochfraßgeschädigte Bewehrung verifiziert werden konnte.

In den Ebenen 6 bis 11 liegen zwar leicht erhöhte Chloridgehalte im Fugen- bzw. Rissbereich vor, ein aktiver Korrosionsprozess ist aktuell jedoch nicht zu befürchten. Infolge der im Rahmen der Bauwerksuntersuchung entnommenen begrenzten Anzahl an Bohrmehlproben (Chloridtiefenprofile) sollten im Rahmen der Instandsetzung begleitende Untersuchungen zur Abgrenzung der Instandsetzungsflächen eingeplant werden.

Die Bewehrung in den hergestellten Öffnungsstellen zeigt keine nennenswerten Korrosionserscheinungen. Die Kopfbolzendübel sowie die Flanschoberseiten der Stahlträger weisen nur oberflächige Korrosionsspuren auf. Der Beton der Deckenplatten zeigt ein homogenes Gefüge.

Die Wirksamkeit der Chloride wird in hohem Maße vom pH-Wert der Porenlösung im Zementstein beeinflusst. Bei nicht ausreichender Alkalität, wie es bei karbonatisiertem Beton der Fall ist, können freie Chloride bereits bei geringen Konzentrationen (deutlich unter dem vorgenannten Wert von 0,5 M.-%/z) korrosionsaktiv sein. Da keine Karbonatisierung der Betonrandzone stattgefunden hat, ist von ausreichenden Alkalität ohne Wechselwirkung mit den eingetragenen Chloriden auf Höhe der Bewehrung auszugehen.

Wie bereits für das Freideck beschrieben, ist in Bezug auf die Dauerhaftigkeit der Bewehrung eine Mindestbetondeckung bei XD3 von $c_{\min} = 40$ mm erforderlich. Anhand der flächig ermittelten Betonüberdeckungen konnten 5%-Quantile mit ca. 20 mm ermittelt werden, die die Mindestbetondeckung um 50 % unterschreiten. Auch hier muss gemäß den einschlägigen Regelwerken [R3] und [R4] die Notwendigkeit einer Betonüberdeckungserhöhung und/oder eine Applikation eines Oberflächenschutzsystems abgeleitet werden.

An den im Rahmen der Bauwerksuntersuchung entnommen Bohrkernen wurden die Oberflächenzugfestigkeiten und Druckfestigkeiten des Bauwerkbetons bestimmt. Unter Berücksichtigung der TR-Instandhaltung [R3] bzw. der DAfStb-Instandhaltungsrichtlinie [R2] kann der untersuchte Konstruktionsbeton aufgrund einer Abhängigkeit zwischen Druckfestigkeit und Oberflächenzugfestigkeit in bauteilbezogene Altbetonklassen eingeordnet werden (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).



	1	2	3	4
	Altbetonklasse	Druckfestigkeit ¹⁾	Oberflächenzugfestigkeit ²⁾	
			Mittelwert	Kleinster Einzelwert
		MPa	MPa	MPa
1	A1	≤ 10	< 0,8	< 0,5
2	A2	> 10	≥ 0,8	≥ 0,5
3	A3	> 20	≥ 1,2	≥ 0,8
4	A4	> 30	≥ 1,5	≥ 1,0
5	A5	> 75	≥ 2,5	≥ 2,0

¹⁾ Mittelwert der Druckfestigkeit (Bestimmung nach DIN EN 12504-1)
²⁾ Kleinster Einzelwert / Mittelwert (Bestimmung nach DIN EN 1542)

Tabelle 2 Einordnung von Konstruktionsbeton in Altbetonklassen (vgl.[R3],[R2])

Aufgrund der Ergebnisse der Betondruckfestigkeit (Mittelwert = 38 N/mm²) und der Oberflächenzugfestigkeit (kleinster Einzelwert = 2,0 N/mm², MW = 2,5 N/mm²) ergibt sich daher eine Einstufung des Konstruktionsbetons der Bodenflächen in eine Altbetonklasse A4.

Untergeschosse

In den Untergeschossen (Ebene 0 und Ebene -1) wurde ebenfalls kein Oberflächenschutzsystem oder Abdichtungssystem appliziert. Die Risse wurden bituminös verschlossen und weisen keine Ablösungen auf. Die Stahlbetonbodenplatte wurde in Ortbetonbauweise hergestellt.

Stoßbereich Decken-Fertigteile (Ebene 1 bis 11)

Die Auflager der Decken-Fertigteile erfolgt auf Verbundträgern. Hierzu wurde der Stoßbereich/Auflagerbereich nach Montage der Fertigteile kraftschlüssig vermörtelt. Eine obere Bewehrungslage zum Abtrag des auftretenden Stützmoments ist nicht vorhanden. In der Folge hat sich daher in den Stoßbereichen ein systematisches ausgeprägtes Rissbild eingestellt.

An allen Längsstößen (parallel zu den Buchstabenachsen) sind Abrisse mit einer Rissbreite von > 0,4 mm festzustellen. Die in Querrichtung zur Decken-Spannrichtung verlaufenden Stöße der Fertigteilfugen sind in allen Ebenen zu ca. 60 % gerissen und weisen Rissbreiten von > 0,3 mm auf.

Durch das ausgeprägte Rissbild ist in einem erheblichen Umfang Wasser in die Baukonstruktion eingedrungen und konnte die unterseitigen Stahlprofile in einem erheblichen Umfang schädigen. Da es sich hierbei um chloridhaltiges Wasser handelt, konnte hohe Chloridkonzentrationen ermittelt werden. Im Rahmen der Potentialfeldmessungen zeigten diese Bereiche bereits fortgeschrittene Korrosionsprozesse, die sich im Rahmen der Bauteilöffnungen anhand lochfraßgeschädigte Bewehrung verifizieren lassen konnten

Entwässerung der Bodenflächen

Die Entwässerung der Bodenflächen (Ebene 1 bis Ebene 11) erfolgt als Linienentwässerung in Längsrichtung als Abschluss der einzelnen Parkebenen. Das Gefälle wurde mit 1,0 % bis 1,5 % in Richtung der Entwässerungsrinne ausgeführt (mittels Messungen im Rahmen der



Bauwerksuntersuchung ermittelt), sodass das Wasser größtenteils abgeleitet werden kann. Da das Gefälle zu niedrig ausgebildet ist und die Ebenheit der Bodenfläche nicht einheitlich vorhanden ist, sind partielle Pfützen auf den Parkdecks wahrnehmbar. In Teilbereichen führen die in Längsrichtung ausgeführten, leicht erhöhten Bandagen dazu, dass eine Pfützenbildung nicht ausgeschlossen werden kann.

Entlang der Entwässerungsrinnen wurden in Teilbereichen zwischen Deckenplatte und Rinne eine dauerelastische Fuge ausgebildet. Diese weist jedoch in meisten Bereichen Risse und Ablösungen auf. In anderen Bereichen wurde keine dauerelastische Verfüllung ausgeführt. Anfallendes Wasser (mit und ohne Taumittel) wird somit nicht zielgerichtet in die Entwässerungsrinne abgeleitet, sondern kann über die offenen bzw. gerissenen Fugen ablaufen und sich an der Unterseite der Decke verteilen bzw. kapillar in das Porengefüge des Betons aufgenommen werden. Zudem sind die Entwässerungsrinnen in Teilbereichen durch Verunreinigungen verstopft, sodass sich bereits in die Entwässerungsrinne abgeleitetes Wasser rückstauen und entlang der Deckenplatten und Stahlträger in die Konstruktion eindringen kann.

In Ebene 9 wurde eine zusätzliche Entwässerungsrinne zur Verbindungsrampe des Freidecks (Abfahrt) angeordnet. Das Niederschlagswasser der Rampe kann so abgeleitet werden. Aufgrund einer nicht fachgerechten Anbindung an die Stahlbetonkonstruktion ist jedoch davon auszugehen, dass ein erhöhter Feuchteeintrag in die Konstruktion einwirken kann. Im Rahmen einer Instandsetzung sollte die Entwässerungsrinne erneuert werden.

In Ebene -1 und Ebene 0 wurden keine Entwässerungsrinnen angeordnet. In Längsrichtung (Achse K und Achse A/C) wurde entlang der Außenwände Vertiefungen in der Bodenplatte als Wasserablauf ausgebildet. Anfallendes Wasser (mit und ohne Taumittel) wird somit nicht zielgerichtet abgeleitet, sondern kann in Kombination mit Spritzwasser durch den Beton (Bodenbereich und Wandsockel) kapillar aufgenommen werden. An den aufgehenden Bauteilen sind Feuchtespuren festzustellen. Die Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit werden im Abschnitt „Wände“ näher erläutert.

Deckenuntersicht

Im Bereich der Freidecks zeigten sich Risse in den Untersichten der Deckenplatten parallel zu den Buchstabenachsen. Aussinterungen und augenscheinlich feuchte Bereiche weisen lokal auf eine Wasserführung hin. Die an repräsentativen Stellen gemessenen Rissbreiten betragen maximal 0,8 mm. Die Lage der offensichtlich an der Unterseite der Platten nicht verschlossenen Risse decken sich mit den auf den darüberliegenden Bodenflächen behandelten Rissen. Eine vollflächige Verfüllung der Risse ist offensichtlich nicht erfolgt. Die auf den Bodenflächen der Freidecks ersichtlichen Risse zeigen die Verwendung von Bohrpäckern, die in den Riss gesetzt wurden. Üblicherweise werden zur vollständigen Verfüllung Bohrpacker auf beiden Seiten des Risses versetzt angeordnet. Mit Bohrungen in einem 45°-Winkel werden die Rissflanken gekreuzt. Nach dem Setzen der Packer und der Verdämmung der Risse (oben und unten) wird das Verfüllmaterial unter Drucke eingebracht. Nur so ist eine vollständige Verfüllung der Risse möglich.

Die beschriebene Rissbildung an den Deckenuntersichten konnte in den unteren Geschossen nur an einzelnen Platten festgestellt werden.



Eine erhöhte Chloridkonzentration in den Rissbereichen wurde nicht festgestellt, kann aber lokal nicht ausgeschlossen werden.

Hinsichtlich der Verwendung von Stahlbeton-Fertigteilen kann von einer gewissen Gleichmäßigkeit/Homogenität bei der Fertigteilherstellung ausgegangen werden. Infolge dessen und der Fokussierung der Untersuchungen auf die Problematik der Stoßbereiche, wurde die Betondeckung und Karbonatisierungstiefe an den Deckenuntersichten nur lokal zerstörend festgestellt. Aufgrund der geringen Stichprobenzahl konnte keine statistische Auswertung der Betondeckung und Karbonatisierungstiefe durchgeführt werden. An den Untersichten der Fertigteilplatten wurde die Betondeckung an Öffnungsstellen im Mittel zu 28 mm festgestellt. Die maximal gemessene Karbonatisierungstiefe betrug 10 mm. Trotz der infolge des unterschiedlichen Zustands des Anstriches lokal möglichen höheren Karbonatisierungstiefen, kann aktuell davon ausgegangen werden, dass keine Korrosionspotential infolge Karbonatisierung des Betons vorhanden ist.

Stahlkonstruktion

Die Stahlträger der Konstruktion zeigen deutliche Korrosionsspuren insbesondere unterhalb des Stoßbereichs der Fertigteile sowie in einem erheblichen Umfang im Bereich der Anschlussbereiche. Augenscheinlich nimmt die Ausprägung der Korrosion mit zunehmender Frequentierung durch PKW's zu. Die Korrosionserscheinungen sind auf die vorhandenen Undichtigkeiten des darüber befindlichen Stoßbereich der Fertigteile zurückzuführen. Infolge von „Tiefpunkten“ der Konstruktion, kommt es in diesen Bereichen zu einer erhöhten Belastung durch Wasser mit und ohne Taumittel. In Ebene 8 und 9 sind deutliche Korrosionserscheinungen an den Stahlträgern aufgrund der Undichtigkeiten des Freidecks festzustellen.

Durch die Korrosionsschäden ist die Dauerhaftigkeit der Stahlkonstruktion nicht mehr gegeben. Ebenso ist die Standsicherheit, wie in der gutachterlichen Stellungnahme [U1] hierzu beschrieben, nicht mehr vollumfänglich gegeben.

Im Bereich der Auflager der Deckenplatten auf den Stahlträgern zeigten sich vereinzelt Reste von Neoprenstreifen, die als Auflager oder als Dichtung (Ausbetonieren der Fugen) dienen.

Rampen und Schrammborde

Die Rampen werden jeweils durch fünf Stoßbereiche unterteilt. Analog zu den Stoßbereichen der Etagendecken wiesen die Stoßbereiche der Rampen ebenfalls deutliche Rissbildungen auf. Am stärksten betroffen sind jeweils die Stoßbereiche im Ein- und Ausfahrtsbereich. Die drei in der Rampe liegenden Stoßbereiche zeigen geringere Schädigungen.

Die Untersuchungen im Bereich der beschädigten Stoßbereiche zeigen sowohl in der stark frequentierten Ebene 1 als auch auf dem Freideck nur einen geringen Chlorideintrag. Zudem konnte an der Bewehrung und den Kopfbolzen keine Korrosion festgestellt werden.

Infolge einer nicht geplanten/ausgeführten Wasserführung und/oder nicht funktionsfähigen Fugen, kommt es zu einer Wasseransammlung auf der Rückseite der Schrammborde. An dieser Stelle kommt es zu einem Wassereintrag mit und ohne Taumittel in die



Stahlträgerkonstruktion der Rampenaufleger und daraus folgend zu Korrosionserscheinungen an den Stahlträgern.

Die Fugen der Rampen sind in den Schrammborden fortgeführt. Die Rissbildungen und Ablösungen der Fugenverfüllung setzt sich in den Schrammborden fort.

Wände

Die aufgehenden Bauteile der Ebenen -1 bis Ebene 11 wurden mit einem Oberflächenschutzsystem (Anstrich) beschichtet. Zunächst erfolgt im Folgenden die Bewertung der Karbonatisierung der Betonrandzone.

Anhand der zerstörend bestimmten Karbonatisierungstiefe und dem Bauwerksalter kann der Bemessungswert der Karbonatisierungsrate in Anlehnung an [R2] abgeschätzt werden. Zur Prognose der weiteren Karbonatisierungstiefe von bestehenden Bauwerken wird entsprechend der nachfolgenden Gleichung ein Wurzel-Zeit-Gesetz verwendet. Mit zunehmender Umgebungsfeuchtigkeit liegt die Berechnung zunehmend auf der sicheren Seite.

$$k_d = \gamma_f \cdot k \cdot W = \gamma_f \cdot \frac{x_c(t_{\text{insp}})}{\sqrt{t_{\text{insp}}}} \quad (1)$$

mit

k_d	Bemessungswert der Karbonatisierungsrate [mm/Jahr ^{0,5}]
γ_f	Beiwert zur Sicherstellung der Zielzuverlässigkeit [-][R2] $\gamma_f = 1,25$ für XC1 (ständig nass), XC2 und XC4 ($\beta_0 = 1,5$) $\gamma_f = 0,70$ für XC3 ($\beta_0 = 0,5$)
k	Faktor zur Berücksichtigung der Einflüsse aus der Materialzusammensetzung, der Ausführungsart und -qualität und der Einwirkungsintensität auf den Karbonatisierungsfortschritt des Betons [mm/Jahr ^{0,5}]
W	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses aus den mesoklimatischen Feuchtebedingungen am Bauteil auf den Karbonatisierungsfortschritt des Betons [-]
$x_c(t_{\text{insp}})$	mittlere Karbonatisierungstiefe [mm] zum Untersuchungs-/Inspektionszeitpunkt t_{insp} [Jahr]

$$x_{c,d}(t) = \gamma_f \cdot k \cdot W \cdot \sqrt{t} \quad (2)$$

mit



$x_{c,d}(t)$ Bemessungswert der Karbonatisierungstiefe [mm] zum Zeitpunkt t [Jahr]

Das Parkhaus wurde 1986/1987 erbaut und ist zum Zeitpunkt der Probenentnahme (2020) 34 Jahre alt ($t_{\text{insp}} = 34$ Jahre).

Das Parkhaus im Bereich des Freidecks ist in Expositionsklasse XC4 (offen, nicht vor Beregnung geschützt) und die unteren Ebenen in Expositionsklasse XC3 (offen, vor direkter Beregnung geschützt) einzustufen. Der Beiwert zur Sicherstellung der Zielzuverlässigkeit ist bei XC4 mit $\gamma_f = 1,25$ und bei XC3 mit $0,70$ anzusetzen.

Unter Berücksichtigung einer mittleren Karbonatisierungstiefe des Treppenhauses im Bereich des Freidecks von $x_{c1}(t_{\text{insp}}) = 2,5$ mm liegt der Bemessungswert der Karbonatisierungsrate nach Gleichung (1) bei $k_d = 0,5$ mm/Jahr^{0,5}. Die Mindestbetondeckung im Außenbereich des Treppenhauses beträgt an der Öffnungsstelle $c_{\text{min}} = 28$ mm. In den nächsten 50 Jahren ist bei einem intakten Oberflächenschutzsystem nicht davon auszugehen, dass die Karbonatisierungstiefe die Bewehrung erreicht und demzufolge eine Korrosion der Bewehrung nicht zu erwarten ist.

In den Teilgeschossen (Ebene 1 bis Ebene 9) ist von einer mittleren Karbonatisierungstiefe von $x_{c1}(t_{\text{insp}}) = 8$ mm auszugehen. Bei XC3 ergibt sich ein Bemessungswert der Karbonatisierungsrate von $k_d = 1,0$ mm/Jahr^{0,5}. Bei einer Mindestbetondeckung im Bereich der Öffnungsstellen von $c_{\text{min}} = 13$ mm ist den nächsten 50 Jahren bei einem intakten Oberflächenschutzsystem nicht davon auszugehen, dass die Karbonatisierungstiefe die Bewehrung erreicht und demzufolge eine Korrosion der Bewehrung nicht zu erwarten ist.

In den Untergeschossen (Ebene 0 bis Ebene -1) hat die Karbonatisierung in Teilbereichen die Bewehrung bereits erreicht. Die Öffnungsstellen in diesen Bereichen zeigen eine aktive Bewehrungskorrosion.

Auch wenn in den Teilgeschossen nicht von einer karbonatisierungsbedingten Bewehrungskorrosion auszugehen ist, kann im Bereich der Parkbuchten, Durchfahrten und im Einfahrtbereich des Parkhauses aufgrund von chloridhaltigem Spritzwasser und Pfützenbildung Chlorid im Sockelbereich eingetragen werden. Im Rahmen der Instandsetzung sind diese Bereiche nochmals zu überprüfen.

In Ebene -1 wurden die aufgehenden Wände in Achse K in Augenschein genommen. Die Bewehrung zeigt deutliche Querschnittsverluste (bis zu 2 mm) sowie flächige Korrosionserscheinungen. Der Übergangsbereich zwischen Bodenfläche und aufgehendem Bauteil weist deutliche Lochkorrosion mit starken Querschnittsverlusten der Bügelbewehrung aufgrund von chloridinduzierter Korrosion auf. Die Chloridgehalte auf Höhe der Bewehrung sind mit $0,31$ M.-%/z bis $0,85$ M.-%/z korrosionsauslösend, da aufgrund der Karbonatisierung der Betonrandzone der chemisch gebundene Chloridanteil freigesetzt wurde.

Ein vergleichbarer Mechanismus ist in Ebene 0, Ache A festzustellen. chloridhaltiges Spritzwasser kann im Bereich der Parkplätze und über die Öffnungen des Parkhauses zum angrenzenden Gehweg eingetragen werden. In Kombination mit einer partiellen Karbonatisierung im Rissbereich des Betons können schon geringere Chloridgehalte als der



Schwellenwert von 0,5 M.-%/z korrosionsauslösend sein. Die Bewehrung in einer Öffnungsstelle in Achse A zeigte deutliche Korrosionsspuren mit Querschnittsverlust.

Brandschutz

Eine Bewertung des baulich vorhandenen Brandschutzes unter Berücksichtigung der Vorgaben der einschlägigen Regelwerke bzw. der Landebauordnung war nicht Gegenstand der Beauftragung und ist somit nicht Bestandteil dieses Instandsetzungskonzepts.

Es wird darauf hingewiesen, dass nach augenscheinlicher Bewertung Brandschutzmaßnahmen notwendig werden können.

Technische Gebäudeausstattung

Zu Beginn der Bearbeitung zu diesem Instandsetzungskonzept wurde vom Aufsteller dem Auftraggeber/Eigentümer die Erfassung und Bewertung der Technischen Gebäudeausstattung angeraten. Daraufhin wurde die Erfassung beauftragt, die parallel zur Bauwerksuntersuchung durchgeführt wurde (siehe [U3]).

Standsicherheit

Die Bewertung der Standsicherheit wurde aufgrund des umfangreichen Schädigungsgrads der Stahlkonstruktion notwendig. Hier zeigten sich bereits erheblich Korrosionsschäden mit Blattrostbildung und Querschnittsminderung. Auch konnten vereinzelte Anschlussbereiche lokalisiert werden, die erhebliche Schädigungen aufweisen.

Die SBU Ingenieure GmbH wurde daraufhin mit einer gutachterlichen Stellungnahme zur Feststellung der Tragfähigkeit beauftragt (siehe [U1]), die am 31.01.2021 an den Eigentümer übergeben wurde.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Ausnutzung der relevanten Bauteile in der Regel unterhalb der maximal zulässigen Ausnutzung liegen. Somit ergibt sich für das Tragwerk eine noch ausreichende Standsicherheit.

Unter Beachtung der Tragwerkskonstruktion und unter Berücksichtigung der korrosionsursächlichen Systemschäden (Deckenkonstruktion, Stoßbereich Fertigteilplatten) und Konstruktionsdefiziten (offene Fassade) muss darauf hingewiesen werden, dass aus Standsicherheitsaspekten eine weitere Reduzierung der Standsicherheit durch eine Schadensfortschreitung unter allen Umständen zeitnah verhindert werden muss.



5 Instandsetzungskonzept

5.1 Grundlagen

Das vorliegende Instandsetzungskonzept wird auf der Grundlage der gültigen Regelwerke, insbesondere der TR Instandhaltung (DIBt) [R3] sowie der Rili SiB (DAfStb) [R1] aufgestellt. Es wird darauf hingewiesen, dass die TR Instandhaltung [R3] aufgrund der derzeitigen Regelwerkssituation eine Übergangsregelwerk zur überarbeiteten DAfStb-Richtlinie [R2] darstellt.

Aufgrund der Gebäudefunktion als Parkhaus ist das Merkblatt des Deutschen Beton- und Bautechnik Vereins e.V. (DBV) „Parkhäuser und Tiefgaragen“, 2018 [R4] als Grundlagen-Regelwerk zu berücksichtigen.

Ein Bauwerk unterliegt in seiner Nutzungszeit/Lebensdauer unterschiedlichen Anforderungen. So werden durch äußere Prozesse wie z.B. Witterung oder durch die zum Zeitpunkt der Planung/Erstellung des Bauwerks angesetzten Nutzung aber auch durch eine spätere Umnutzung fortlaufende planbare Abnutzungen am Bauwerk entstehen. Dazu kommen Schädigungen, die unvorhersehbar bzw. außergewöhnlich und damit im Vorfeld schwer oder überhaupt nicht planbar sind. Aus diesen Abnutzungsprozessen kann abgeleitet werden, dass ein Bauwerk seine geplante Nutzungszeit/Lebensdauer nur erreichen kann, wenn eine entsprechende Instandhaltung ausgeführt wird. Hierzu sagt die DIN EN 1992-1-1 [R5] in Abschnitt 4.1(1) „Die Anforderung nach einem angemessen dauerhaften Tragwerk ist erfüllt, wenn dieses während der vorgesehenen Nutzungsdauer seine Funktion hinsichtlich der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit ohne wesentlichen Verlust der Nutzungseigenschaften bei einem angemessenen Instandhaltungsaufwand erfüllt.“ Die TR Instandhaltung [R3] definiert hier ebenfalls einen entsprechenden Instandhaltungsaufwand.

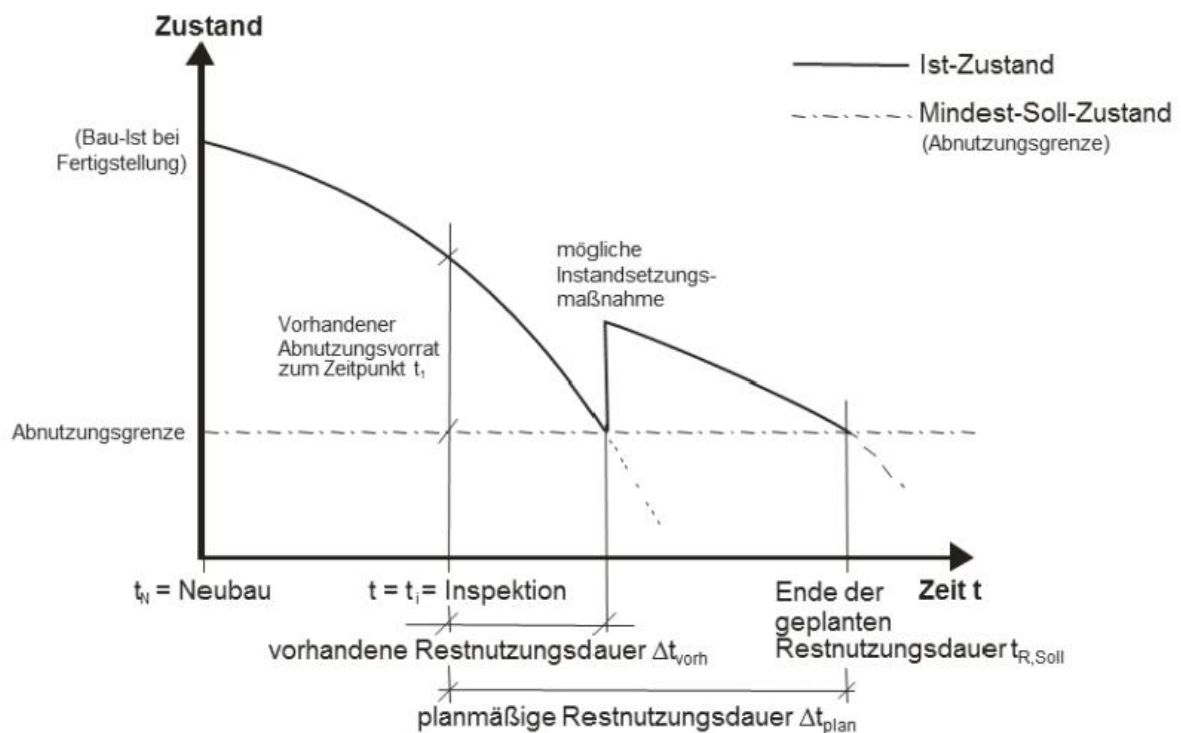
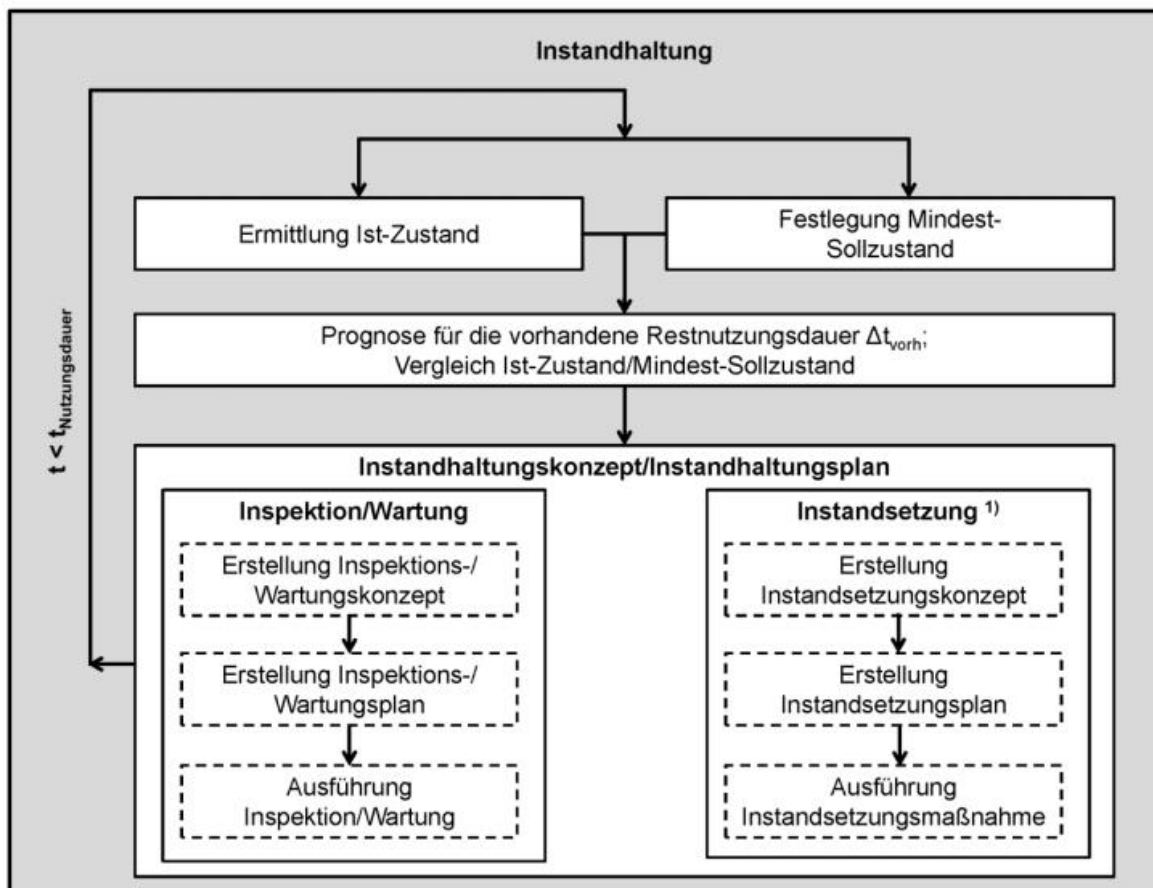


Abbildung 7 Instandsetzungszyklus während der Lebensdauer eines Tragwerks, dessen Zustand durch Instandhaltungsmaßnahmen beeinflusst wird nach [R3]

Abbildung 7 zeigt der zwingend notwendige Einfluss einer Instandsetzungsmaßnahme für das Erreichen einer geplanten Nutzungsdauer bzw. für eine vom Bauherrn definierten Restnutzungsdauer.

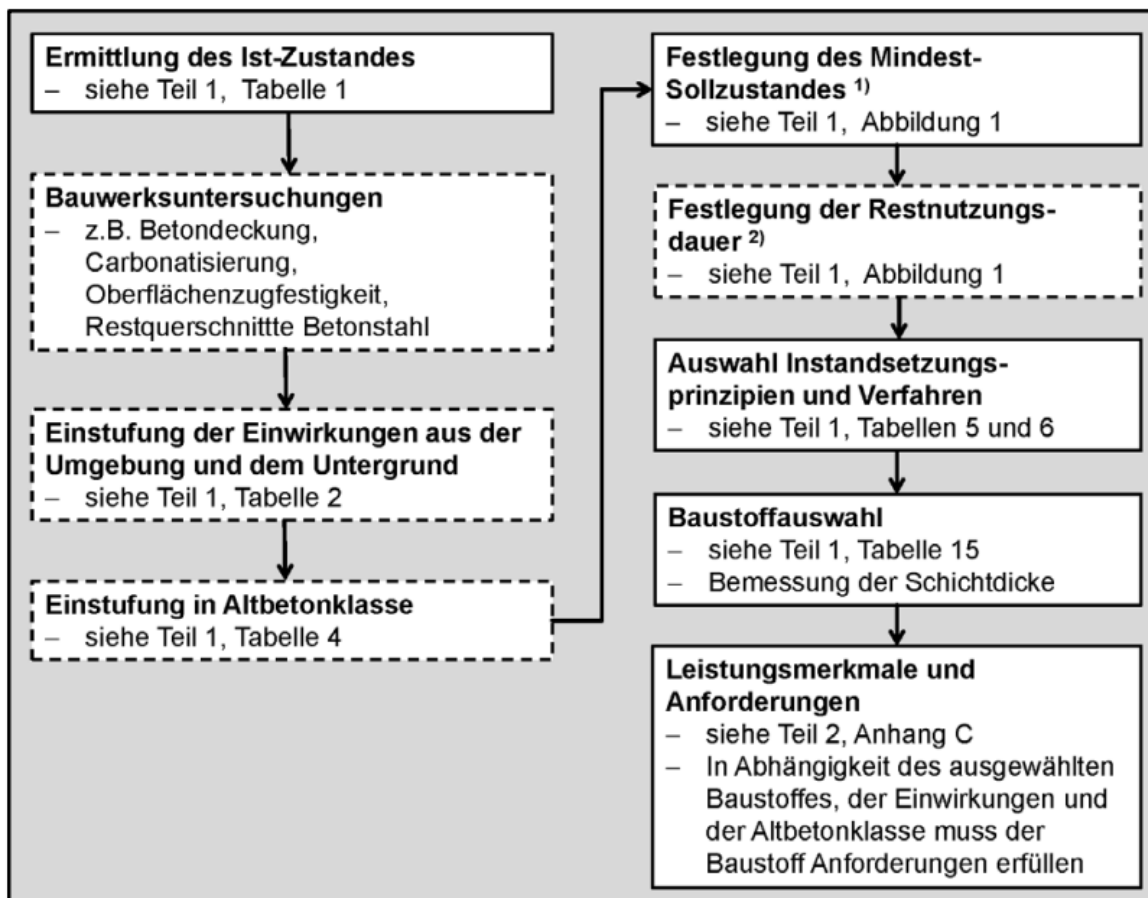
Die Abbildung 8 zeigt die grundsätzliche Vorgehensweise und Zusammenhänge im Hinblick auf eine notwendige Instandsetzungsmaßnahme. Hierbei soll insbesondere die Ermittlung des Ist-Zustand im Zusammenhang eines Mindest-Sollzustands bzw. der Prognose einer vorhandenen einer Restnutzungsdauer als Basis einer Planung der Instandhaltungsmaßnahme herausgestellt werden.



¹⁾ umfasst auch Maßnahmen zur Verbesserung

Abbildung 8 Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Planung und Ausführung von Instandhaltungsmaßnahmen; [R3]

Die TR Instandhaltung [R3] als Grundlagen-Regelwerk zeigt bereits in ihrem Aufbau den Wegweiser einer zielgerichteten Planung beginnend von der Ermittlung des Ist-Zustands über die Festlegung der Instandsetzungsprinzipien und -verfahren bis zur Auswahl der hierzu notwendigen Anforderungen und Leistungsmerkmale der einzusetzenden Baustoffe. Hierzu gibt [R3] in Abbildung 9 einen entsprechenden Überblick.



1) Der Mindest-Sollzustand ist aus den Anforderungen an Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit, Verkehrssicherheit und Brandschutz zwischen SKP und Auftraggeber festzulegen und darf während der Restnutzungsdauer nicht unterschritten werden.

2) Anhand des Vergleichs des Ist-Zustands mit dem (Mindest-)Soll-Zustand ist der Abnutzungsvorrat zu ermitteln. Dieser darf während der Nutzungsdauer zu keinem Zeitpunkt aufgebraucht werden. Auf Basis des ermittelten Ist-Zustandes zu einem oder mehreren Zeitpunkten sowie der anstehenden bzw. voraussehbaren dauerhaftigkeitsrelevanten Einwirkungen und statischen Belastungen ist eine Abschätzung der Restnutzungsdauer des Bauwerkes bzw. Bauteiles, gegebenenfalls unter Berücksichtigung von vorhandenen Schutzschichten oder -maßnahmen, vorzunehmen.

Abbildung 9 Vorgehensweise bei der Planung und Ausführung am Beispiel einer Instandsetzungsmaßnahme mittels Betonersatz; [R3]



5.2 Zielsetzung

Im Rahmen einer Erstbewertung der Untersuchungsergebnisse nach der 2. Stufe der Bauwerksuntersuchung wurde mit dem Auftraggeber/Eigentümer eine Einschätzung der Zielsetzung dieses Instandsetzungskonzepts abgestimmt. Grundlage hierfür war der ermittelte Schädigungsgrad sowie die prinzipielle Ausführbarkeit der Instandsetzung. Demnach muss festgestellt werden, dass die untersuchten systembedingten Schäden nicht ursächlich instandgesetzt werden können. Das bedeutet, dass die Schadensursache, z.B. aufgrund der fehlenden oberen Bewehrung im Auflagerbereich der Deckenplatten und der damit einhergehenden massiven Rissbildung, nicht vollumfänglich behoben werden können. Vielmehr kann es bei vereinzelt Instandsetzungsmaßnahmen lediglich um ein mittelfristiges Beheben der Schäden bzw. um das Verhindern einer weiteren Schadenausbreitung handeln.

Das Instandsetzungsziel wurde daher vom Auftraggeber/Bauherr mit einer Restnutzungsdauer von 30 Jahre angesetzt.

Unter Vorweggriff der nachfolgend festgelegten und erläuterten Instandsetzungsmaßnahmen muss aufgrund des vorgenannten Sachverhalts, wonach eine ursächliche Instandsetzung bei vielen Schadensmechanismen nicht möglich ist, eine Einschränkung des Instandsetzungsziels angezeigt werden. Dieses ist vollumfänglich nur zu erreichen, wenn zum einen jährliche Inspektionen durchgeführt werden und zum anderen im Laufe der Restnutzungsdauer weitere kleine Instandhaltungsmaßnahmen erfolgen. Zur Durchführung der jährlichen Inspektionen, die auch das DBW-Merkblatt [R4] vorsieht, sollte ein entsprechender Wartungsvertrag geschlossen werden.

5.3 Instandsetzungsmaßnahmen

Die hier im Rahmen eines Instandsetzungskonzepts festgelegten Instandsetzungsmaßnahmen sollen eine konzeptionelle Behebung der festgestellten Schäden und nach Möglichkeit deren Ursache aufzeigen. Im weiteren Verlauf ist darauf aufbauend eine detaillierte Ausführungsplanung der Instandsetzung notwendig.

Alle Instandsetzungsmaßnahmen sind in den Instandsetzungspläne IK01-IK03 [A3] dargestellt.

Bodenflächen

Stoßbereich Fertigteil

Aufgrund der nicht zu behebenden Schadensursache mit einer fehlenden Bewehrungslage zur Aufnahme der Zugkräfte aus dem Stützmoment kann eine dauerhafte Behebung der Schäden (Risse) nicht erfolgen. Zielsetzung der Instandsetzungsmaßnahme ist daher eine Reduzierung der Schäden bei gleichzeitiger fortlaufender Kontrolle, Wartung und Nachbearbeitung der Schäden.

Gemäß den vorliegenden Untersuchungsergebnissen können die Stoßerbeiche der Fertigteile in 3 Schädigungsbereiche mit 3 Instandsetzungsvarianten unterteilt werden:



Instandsetzungsvariante 1

Im Rahmen der Instandsetzungsvariante 1 werden die gerissenen Stoßbereiche quer zur Decken-Spannrichtung ohne Chloridbelastung mit einer abdichteten Rissverpressung geschlossen. Die Risse werden hierbei in einem Injektionshochdruckverfahren begrenzt dehnfähig verpresst. Infolge der augenscheinlich meist feuchten Rissflanken sollte als Injektionsmaterial ein Polyurethan (PU) eingesetzt werden.

Zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit wird der Stoßbereich nach erfolgter Rissverpressung mit einer Rissbandage ($b > 200$ mm) abgedeckt.

Instandsetzungsvariante 2

Die Instandsetzungsvariante 2 kommt in stark gerissenen und mit einer hohen Chloridkonzentration mit Lochfraßbildung an der Bewehrung der quer zur Decken-Spannrichtung verlaufenden Stoßbereiche zum Einsatz. Diese liegen insbesondere auf den Ebenen 1 – 5 vor.

Die Instandsetzung erfolgt nach Prinzip 7, Verfahren 7.2 „Ersatz von chloridhaltigem oder karbonatisiertem Beton“ der Instandhaltungsrichtlinie [R3].

Der Stoßbereich mit dem chloridkontaminierten Beton bestehend aus dem Vergussmörtel und dem angrenzenden Kopfbereich der Fertigteile werden hierbei mittels Höchstdruckwasserstraßen (HDW) entfernt. Nach entsprechender Bearbeitung erfolgt die Reprofilierung mit Beton oder RM/RC-Mörtel.

Zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit wird der Stoßbereich nach erfolgter Instandsetzung mit einer Rissbandage ($b > 200$ mm) abgedeckt.

Da im Zuge der Instandsetzungsmaßnahme das Deckenauflager vollumfänglich zurückgebaut wird, bedarf es zusätzlicher Abstützungsmaßnahmen. Auf eine kontrollierte Lastableitung ist hierbei zu achten.

Instandsetzungsvariante 3

Die Instandsetzungsvariante 3 bezieht sich auf die Stoßbereiche, die längs zur Decken-Spannrichtung verlaufen. Aufgrund der verkehrsbedingten unterschiedlichen 2-achsigen Deckendurchbiegung kommt es hier zu großen Rissbreiten. Da diese verkehrsbedingten Verformungen weiterhin kontinuierlich auftreten werden, können die Bereiche nicht, wie in der Instandsetzungsvariante 2 dargestellt, bearbeitet werden. Vielmehr muss zukünftig sichergestellt werden, dass sich die Vorformungen schadfrei einstellen können. Aus diesem Grund wird nach erfolgter Instandsetzung, die wie bei der Instandsetzungsvariante 2 zum Einsatz kommende Rissbandage gegen ein befahrbares Fugenprofil ersetzt. Die Anarbeitung des Gefällemörtels und der Oberflächenschutz-Beschichtung erfolgt nach Systemvorgaben.

Risse Geschossdecken/Bodenplatten

Die in den Deckenplatten festgestellten Risse (vermehrt auf den Freidecks) müssen vollständig verfüllt werden. Hinsichtlich einer möglichen Belastung durch Chloride sollten



baubegleitend zusätzliche Untersuchungen (Entnahme von Bohrmehlproben) durchgeführt werden.

Die Risse werden in einem Injektionshochdruckverfahren begrenzt dehnfähig verpresst. Infolge der augenscheinlich meist feuchten Rissflanken sollte als Injektionsmaterial ein Polyurethan (PU) eingesetzt werden.

Gerissene Bereiche mit erhöhter Chloridkonzentration über dem Schwellenwert nach [R1], [R2], [R3] werden im Prinzip 7, Verfahren 7.2 „Ersatz von chloridhaltigem oder karbonatisiertem Beton“ der Instandhaltungsrichtlinie [R3] instandgesetzt. Hierzu erfolgt ein Ausbau des chloridhaltigen Betons (siehe Abbildung 11)

Folgende Verfahrensschritte sind entsprechend der Instandhaltungsrichtlinie [R3] vorzusehen. Der chloridhaltige Beton oberhalb des kritischen, korrosionsauslösenden Schwellenwertes ist vollständig zu entfernen. Bei den vorliegenden Chlorideindringtiefen muss der Beton mindestens bis 30 mm hinter der Bewehrung entfernt werden. In diesem Fall darf der Chloridgehalt im verbleibenden Altbeton 1,5 M.-% bezogen auf den Zementgehalt nicht überschreiten. Höhere, verbleibende Chloridgehalte im Altbeton sind nur bei entsprechenden Nachweisen zulässig. Ist die Standsicherheit des Deckenfeldes durch den Betonabtrag gefährdet, sind entsprechenden Unterstützungsmaßnahmen auszuführen. Auf eine kontrollierte Lastabtragung ist hierbei zu achten.

Die Stahloberflächen sind zu behandeln, so dass im gesamten freigelegten Bereich mindestens ein Oberflächenvorbereitungsgrad Sa 2 nach DIN EN ISO 8501-1 erreicht wird. Die zerstörte bzw. geschädigte Bewehrung wird durch neue Bewehrung ersetzt. Dies ist in den Beton einzukleben/zu verankern.

Die Öffnungsstelle wird mit einem kunststoffmodifizierten Mörtel (RM/RC) geschlossen.

Schutz der befahrenen Parkfläche

Bei Parkhäusern muss planmäßig sichergestellt werden, dass grundsätzlich kein chloridhaltiges Wasser in Risse oder Arbeitsfugen eindringt und bis zur Bewehrung gelangt. Dementsprechend muss je nach Expositionsklasse und Bauart das Abdichtungs- bzw. Oberflächenschutzsystem auf die maximal zu erwartende Rissbreite und Rissbreitenänderung abgestimmt werden. Gemäß DBV-Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“ [R4] können prinzipiell drei Ausführungsvarianten (A, B, C) differenziert werden (vgl. Abbildung 10).

Aufgrund der zu geringen Mindestbetondeckung (~ 20 mm) kommt zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit über die gesamte Restnutzungsdauer der Auftrag eines flächigen Oberflächenschutzsystems (Variante B) zur Anwendung. Zu beachten ist, dass aufgrund der Dauerhaftigkeitsaspekte entsprechend der Vorgaben der Expositionsklasse XD1 (mit Oberflächenschutzsystem) eine Erhöhung der Betondeckung erforderlich wäre. Eine Erhöhung der Betondeckung von mind. 20 mm würde zusätzliche Lasten auf die Geschossdecken bringen, die bei vollem Ansatz der einzuhaltenden Mindestbetondeckung ($c_{min}=40\text{mm}$) auf Grund der Ergebnisse der statischen Nachrechnung [U1] zu einer Überschreitung der zulässigen Ausnutzung führen würden (siehe hierzu auch Abschnitt „Gefälle“).



1	2	3	4	5	6	7	
1	Variante	Variante A		Variante B		Variante C	
2	Beschreibung	ohne flächiges Oberflächenschutzsystem oder ohne Abdichtung (jedoch mit besonderer Maßnahme bei Rissen und Fugen)		mit flächigem Oberflächenschutzsystem ^{d)}		mit flächiger, rissüberbrückender Abdichtung und Schutzschicht ^{d)}	
3	Untervariante	A1	A2	B1	B2	C1	C2
		rissvermeidende Bauweise	lokaler Schutz der Risse und Fugen ^{b)} (z. B. rissüberbrückende Bandage)	vollflächig starr beschichtet: OS 8 mit begleitender Rissbehandlung ^{b)} (z. B. rissüberbrückende Bandage)	vollflächig rissüberbrückend beschichtet: OS 10 mit Nuttschicht oder OS 11	OS 10 oder unterlauf-sichere ^{c)} bahnenförmige Abdichtung, jeweils mit Dichtungs- und Schutzschicht aus Gussasphalt	unterlauf-sichere ^{c)} zweilagige bahnenförmige Abdichtung mit Schutzschicht
4	Entwurfsgrundsatz	a	c	c	b	a, b	a, b
5	Expositions- und Feuchtigkeitsklasse	XD3, XC4, WA (ggf. XF2 oder XF4)		XD1, XC3, WF (ggf. XF1)		XC3, WF (ggf. XF1)	
6	Mindestbetondeckung <i>C_{min}</i>	Betonstahl 40 mm Spannstahl 50 mm		Betonstahl 40 mm Spannstahl 50 mm		Betonstahl 20 mm Spannstahl 30 mm	
7	Inspektion ^{a)}	jährlich in den ersten 5 Jahren, danach mindestens:					
		alle 2 Jahre	jährlich	jährlich	jährlich	alle 2 Jahre	alle 2 Jahre

Abbildung 10 Ausführungsvarianten für befahrene Parkflächen aus Stahlbeton und Spannbeton [R4]

Im Folgenden wird auf die zur Anwendung kommenden Oberflächenschutzsysteme/Abdichtungssysteme geschossbezogen eingegangen:

Oberflächenschutzsystem – Ebene 10 und Ebene 11

Entsprechend den Vorgaben des DBV-Merkblatts „Parkhäuser und Tiefgaragen“ [R4] eignen sich die Varianten B2 (außer OS 11 b), C1 und C2.

Da die Variante C u. a. aus mindestens einem einlagigen Gussasphaltbelag besteht (Nennstärke 35 mm) führt die Ausführung dieser Variante zu zusätzlichen Lasten auf den Geschossdecken. Zudem kann der Aufbau ggf. zu Einschränkungen in der Durchfahrthöhe führen. Auch wenn die Ausführungsvariante C von allen Möglichkeiten die langlebigste und dauerhafteste Variante darstellt, ist gleichzeitig die Ausführung auch die kostenintensivste.

Die Ausführung der rissüberbrückenden Variante B2 mit einem Oberflächensystem OS10 stellt unter allen gegebenen Randbedingungen die technisch vernünftigste und wirtschaftlichste Variante da.

Oberflächenschutzsystem – Ebene 1 bis Ebene 9 sowie Ebene -1 und Ebene 0

Entsprechend den Vorgaben des DBV-Merkblatts „Parkhäuser und Tiefgaragen“ [R4] eignen sich für Zwischengeschosse die Abdichtung nach Variante C1 und C2, die starre Beschichtungsvariante B1 mit begleitender Rissbehandlung oder die rissüberbrückende Variante B2.

Aus dem oben genannten Gründen der Ebenen 10 und 11 kommt auch hier die Variante B2 mit einem Oberflächenschutzsystem OS 10 zum Einsatz.



Aufgrund der möglichen rückwertigen Durchfeuchtung der Bodenplatte der Ebenen 0 und -1 muss die Grundierung des Oberflächenschutzsystems 2-fach mit einem hierfür getesteten Epoxidharz ausgeführt werden.

Gefälle

Zur Vermeidung von Pfützen ist ein funktionierendes Entwässerungssystem erforderlich. Dazu zählen eine flächendeckende Gefälleausbildung, eine darauf abgestimmte Dimensionierung von Rinnen und Abläufen sowie deren fachgerechter Einbau. Gemäß DBV-Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“ [R4] ist ein ausreichendes Gefälle ($\geq 2,5\%$) zu planen bzw. ohne ausreichendes Gefälle ein entsprechender Sockelschutz zu beachten.

Auf der Grundlage der Ergebnisse der statischen Nachrechnung [U1] wurde ein maximal aufzubringender Estrichmörtelschichtdicke (Eigengewichtserhöhung) von 8 cm – 10 cm ermittelt. Hiermit kann das vorhandene Gefälle von 1 – 1,5 % um 0,5 % auf 1,5 – 2,0 % angehoben werden. Somit kann zwar die oben dargestellte Regelwerksanforderung nicht vollumfänglich erfüllt werden, aber die Flächenentwässerungssituation wesentlich verbessert werden. Gleichzeitig kann die zu niedrig Betondeckung (siehe oben) erhöht werden.

Zur Sicherstellung der Vermeidung von beton-/bewehrungsangreifenden Substanzen durch Pfützenbildung und damit zur Aufrechterhaltung der Dauerhaftigkeit ist die oben beschriebene Oberflächenschutz-Beschichtung existentiell.

Deckenuntersichten

Der Vergleich der vorhandenen Betondeckung mit der Karbonatisierungstiefe hatte gezeigt, dass aktuell keine Bewehrungskorrosion aufgrund einer Karbonatisierung des Betons zu befürchten ist. Für einen dauerhaften Schutz wird der Auftrag eines Oberflächenschutzsystems empfohlen. Das aufzubringende Oberflächenschutzsystem soll den weiteren Eintrag von CO_2 (Karbonatisierungsbremse) bzw. Feuchtigkeit (Grundvoraussetzung für Korrosion) verhindern. Als Beschichtung wird ein Oberflächenschutzsystem OS 4 (Beschichtung mit erhöhter Dichtigkeit für nicht begeh- und befahrbare Flächen mit Kratz- bzw. Ausgleichspachtel) gemäß [R3] empfohlen.

Hierzu muss zunächst der vorhandene Altanstrich mittels Feststoffstrahlen vollständig entfernt werden. Durch das hierdurch ebenfalls erfolgte „Anstrahlen“ der Risse, sind diese besser erkennbar, sodass auch momentan nicht erkannte Risse sichtbar werden. Die Behandlung der an den Untersichten der Deckenplatten ersichtlichen Risse werden in Abschnitt „Bodenflächen“ besprochen.

Wände

Basierend auf der im Rahmen der Zustandserfassung ermittelten Chloridgehalte im Spritzwasserbereich der Bauteile und der festgestellten chloridinduzierten Korrosion an der Bewehrung sowie der ermittelten fortgeschrittenen Karbonatisierung, wird der Sockelbereiche der Wandflächen in Ebene -1 und Ebene 0 instandgesetzt. In den Ebenen 1 bis Ebene 11 wird

nur in Bereichen aktiver Korrosion bzw. Schadstellen eine lokale Betoninstandsetzung wie folgt empfohlen.

Entsprechend den Vorgaben Instandhaltungsrichtlinie [R3] das Prinzip 7, Verfahren 7.2 „Ersatz von chloridhaltigem oder karbonatisiertem Beton“ angewendet werden (siehe Abbildung 11).

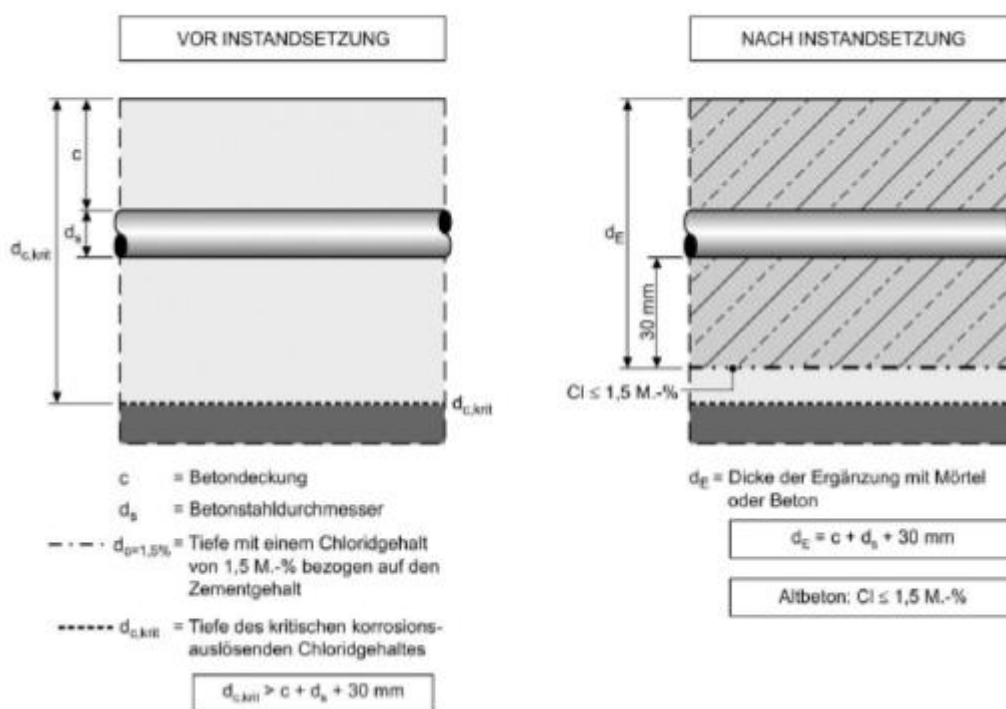


Abbildung 11 Schematische Darstellung der Bedingungen für das Verfahren 7.2 [R3]

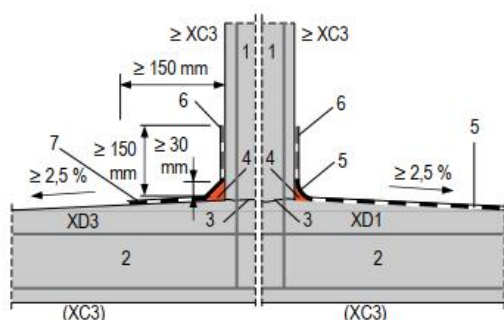
Folgende Verfahrensschritte sind entsprechend der Instandhaltungsrichtlinie [R3] vorzusehen. Der chloridhaltige Beton oberhalb des kritischen, korrosionsauslösenden Schwellenwertes über dem Schwellenwert nach [R1], [R2], [R3] ist vollständig zu entfernen ($t > 5 \text{ cm}$). Bei den vorliegenden Chlorideindringtiefen muss der Beton mindestens bis 30 mm hinter der Bewehrung entfernt werden. In diesem Fall darf der Chloridgehalt im verbleibenden Altbeton 1,5 M.-% bezogen auf den Zementgehalt nicht überschreiten. Höhere, verbleibende Chloridgehalte im Altbeton sind nur bei entsprechenden Nachweisen zulässig. Da die Druckzone der Wände durch diese Maßnahme geschwächt wird, muss die Ausführung abschnittsweise erfolgen.

Die Stahloberflächen sind zu behandeln, so dass im gesamten freigelegten Bereich mindestens ein Oberflächenvorbereitungsgrad Sa 2 nach DIN EN ISO 8501-1 erreicht wird. Die zerstörte bzw. geschädigte Bewehrung wird durch neue Bewehrung ersetzt. Dies ist in den Beton einzukleben/zu verankern. Bei der Expositionsklasse XD ist die Bemessung der Dicke des Betonersatzes im Hinblick auf den kritischen, korrosionsauslösenden Chloridgehalt am einseitig exponierten Einschichtsystem durchzuführen. Dabei sind die Betondeckungen für eine Nutzungsdauer von 30 Jahren deskriptiv auf Basis der relevanten Expositionsklassen XC und XD unter Einhaltung der Anforderungen an die Mindestbetondeckung nach DIN EN 1992-

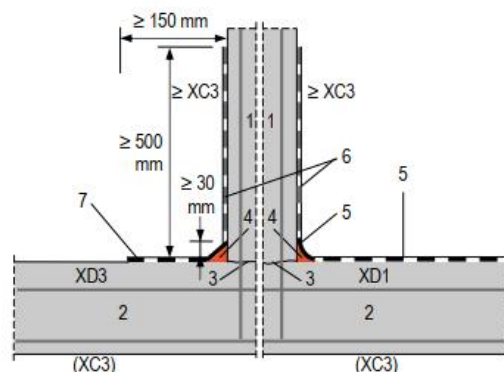
1.1/NA [R5] sowie der Anforderungen an Baustoffe und Bauausführung der entsprechenden Normen festzulegen.

Zum Schutz des Betons und zum Erreichen der Restnutzungsdauer wird auf die gesamte Oberfläche ein Oberflächenschutzsystem OS 2 gemäß [R3] aufgetragen.

Alle Sockelbereichen von aufgehenden Stahlbeton- und Mauerwerksbauteilen werden gemäß DBV-Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“ [R4] nach Abbildung 12, Variante b in die Beschichtung der Bodenfläche eingebunden.



a) Ausschluss von Spritzwasser z. B. durch geplantes Gefälle



b) wenn Spritzwasser nicht auszuschließen ist (ohne Gefälle)

Legende

- 1 Stütze/Wand (min XC3 ^{a)})
 - 2 Parkdeck (gemäß Tab. 5)
 - 3 Arbeitsfuge
 - 4 Dreiecks- oder Hohlkehle (gefügedicht)
 - 5 horizontales Oberflächenschutzsystem bis OK Kehle
 - 6 vertikaler Sockelschutz (Stütze/Wand min XC3):
 - Spachtelung, Grundierung mit 2-facher Kopfversiegelung (jeweils auf Reaktionsharzbasis) eines OS 8 oder OS 11
 - oder OS 5b
 - oder Flüssigabdichtung mit Vlieseinlage nach DIN 18532-6
 - 7 Oberflächenschutzsystem zum Schutz der Arbeitsfuge ^{a)}
- ^{a)} Wenn Stütze/Wand min XD2: nur Schutz der Arbeitsfuge erforderlich (min 150 mm hoch)

Abbildung 12 Anschlussbereich zwischen Parkdeck und aufgehende Bauteile (Beton)

Korrosionsschutz

Der in Teilbereichen erheblich geschädigten Korrosionsschutz muss erneuert werden. Die stark geschädigten Bereiche, wie z.B. Schraubanschlüsse oder Bereiche der Entwässerung, werden vollerneuert. Hierbei wird die ggf. noch in Teilbereichen vorhandenen Beschichtung mittels Feststoffstrahlen abgetragen bzw. die Stahloberfläche in einem Oberflächenvorbereitungsgrad SA 2½ nach DIN EN ISO 12944-4 [R22] vorbereitet. Das nachfolgende aufgebraute Beschichtungssystem nach DIN EN ISO 12944-5 [R23] wird in einer Grundbeschichtung (GB), Zwischenbeschichtung (ZB) und einer Deckbeschichtung (DB) appliziert. Als Beschichtungsstoffe kommt eine Kombination aus Epoxidharzen (EP) in Grund- und Zwischenbeschichtung und Polyurethanen (PUR) in der Deckbeschichtung zum Einsatz.

In den nur leicht geschädigten Bereichen kommt eine Teilerneuerung des Korrosionsschutzes zur Anwendung. Nach einer Reaktivierung der Beschichtungsoberfläche durch Feststoffstrahlen (Sweepen) nach DIN EN ISO 12944-4 [R22] erfolgt eine Applikation einer



Zwischenbeschichtung (EP) und Deckbeschichtung (PUR) auf der Grundlage der DIN EN ISO 12944-5 [R23]. Der Haftverbund zwischen der Altbeschichtung und des neuen Beschichtungssystem muss im Rahmen der Ausführungsplanung anhand von Probestellen überprüft werden. Hierbei ist neben unterschiedlichen Beschichtungssystem auch die Art und der Grad der Oberflächenvorbereitung zu variieren und zu beproben.

Stahlbau

Im Rahmen der statischen Nachrechnung zur Feststellung der vorhandenen Standsicherheit [U1] wurden Bereiche des Stahlbaus festgestellt, die aufgrund des hohen Schädigungsgrads und einer damit einhergehenden Überschreitung der maximal zulässigen statischen Ausnutzung ertüchtigt werden müssen. Hierbei handelt es sich um den Austausch einzelner Profil-/Querschnittsteile, Schraubverbindungen oder Anschlussbleche. Im Rahmen der Ausführung muss zur Sicherstellung der lokalen Standsicherheit der zu bearbeiteten Bauteile eine temporäre Sicherung/Unterstützung aufgestellt werden. Auf einen kontrollierten Lastabtrag ist zu achten.

Der Umfang der Arbeiten mit der konkreten Festlegung der zu ertüchtigten Bereiche/Anschluss sowie der Umfang der hierfür notwendigen Arbeiten und Dimensionierung der neu einzubauenden Stahlteile kann erst im weiteren Planungsverlauf im Rahmen der Ausführungsplanung festgelegt werden.

Entwässerung

Die Funktionsfähigkeit des Entwässerungssystems bestehend aus den Längsrinnen auf den Parkebenen entlang der Fassade und den jeweiligen Fallleitung ist wieder herzustellen. Hierbei ist das komplette System zu reinigen und partielle zu Erneuern. Um eine schadfreie Einleitung des Parkflächen-Oberflächenwassers in die Entwässerungsrinne zu ermöglichen, wird ein gekantetes Blech in den neu aufzutragenden Bodenaufbau (Gefälleerhöhung + OS10-Beschichtung) eingearbeitet.

Allgemeine Arbeiten

Zur Durchführung der Instandsetzungsmaßnahme sind folgende allgemeine Arbeiten/Nebenleistungen notwendig:

- Baustelleneinrichtung, -vorhaltung, -rückbau
- Baubegleitende Baustoffuntersuchung
- Sicherungs-/Schutzmaßnahmen
- Entfernung Grünwuchs an den Fassadenflächen
- Markierungsarbeiten



5.4 Kosten

Die Kosten der Instandsetzungsmaßnahme gemäß Kostenberechnung (siehe [A4]) belaufen sich auf

Netto	2.002.135,00 €
+ 19 MwSt	<u>380.405,65 €</u>
Brutto	2.382.540,65 €

Anmerkung

Die Kostenberechnung basiert auf dem Preis-/Kostenniveau von 02/2022. Erfahrungsgemäß kann es aufgrund der aktuellen wirtschaftlichen Situation zu erheblichen Schwankungen kommen. Ebenso sind jährliche Preisanpassungen zu berücksichtigen.

Im Zuge einer nachfolgenden, auf diesem Instandsetzungskonzept aufbauenden Instandsetzungsplanung ist die vorliegende Kostenberechnung fortzuschreiben. Aufgrund der fortschreitenden Planungstiefe (konkrete Festlegung der Massen, Detailplanung, usw.) ist mit einer Kostenanpassung zurechnen.

Eine Kostenschätzung nach DIN 276 für den Neubau des Parkhauses auf der Grundlage des BKI 2020 (siehe [A5]) wurde als Ermittlung der anrechenbaren Kosten im Zuge der Honorierung der Gutachtenerstellung zu Ermittlung der Standsicherheit aufgestellt. Diese belaufen sich auf 2.812.700,00 € (Brutto). Hierbei muss berücksichtigt werden, dass der Rückbau und weitere flankierende Maßnahmen wie z.B. Versorgungsleitungen nicht in diesen Kosten enthalten sind.