

bsm² GmbH

Schumannstraße 1
67655 Kaiserslautern
Telefon +49 631 31190 249
Fax +49 631 31172 221

info@bsmm-kl.de
www.bsmm-kl.de

G-0099-01

vom 03.11.2020

Gutachterliche Stellungnahme

IST-Zustandsbewertung
Parkhaus Stadtmitte, Emmendingen

Gutachterliche Stellungnahme

IST-Zustandsbewertung Parkhaus Stadtmitte, Emmendingen

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

Ansprechpartner: Herr Weis (Planungsgruppe IngenieuriNG)

Auftragsdatum: 12.03.2020

Unsere Auftragsnummer: G-0099

Sachverständiger: Dipl.-Ing. (FH) Frank Schuler, M. Eng.

Ausgestellt am: 03.11.2020

Berichtsumfang: 33 Seiten inkl. Deckblatt
und 137 Seiten Anlagen

Kaiserslautern, 03.11.2020



Dipl.-Ing. (FH) Frank Schuler, M.Eng.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Breit

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang	5
2	Beschreibung und Umfang der Stellungnahme	5
3	Bezugsdokumente	5
4	Angaben zu den verwendeten Messverfahren	7
4.1	Ermittlung der Karbonatisierungstiefe	7
4.2	Art und Zustand der Bewehrung	7
4.3	Ortung der Bewehrung	7
4.4	Druckfestigkeit und Rohdichte	8
4.5	Bestimmung des Chloridgehaltes	9
5	Allgemeinzustand des Objektes	10
6	Untersuchungsergebnisse	18
7	Zusammenfassung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse	19
7.1	Allgemeines	19
7.2	Bodenflächen	19
7.3	Deckenuntersichten	22
7.4	Rampen und Schrammborde	23
7.5	Wände	24
8	Instandsetzungsbedarf	26
8.1	Bodenflächen	26
8.2	Deckenuntersichten	29
8.3	Rampen und Schrammborde	30
8.4	Wände	30
8.5	Entwässerung	33
9	Abschließende Bemerkung	33
10	Kostenschätzung	33

Anlage A	Lage der Untersuchungsstellen und Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse, Kataster	8 Seiten
Anlage B	Fotografische Dokumentation der Bohrkernabwicklungen	7 Seiten
Anlage C	Dokumentation der Abreißversuche	7 Seiten
Anlage D	Auswertung der zerstörungsfreien Ortung der Bewehrung	115 Seiten

1 Vorgang

Die Ingenieurgesellschaft bsm² GmbH, Kaiserslautern wurde basierend auf dem Angebot A-G-0099-01 vom 07.03.2020 am 12.03.2020 durch die Stadt Emmendingen mit der Erstellung einer IST-Zustandsermittlung des Parkhauses Stadtmitte in Emmendingen beauftragt.

Die Untersuchungen vor Ort wurden am 06.05.2020 durchgeführt.

2 Beschreibung und Umfang der Stellungnahme

Das Parkhaus „Stadtmitte“ in Emmendingen umfasst zwölf Halbggeschosse mit zwei frei bewitterten Parkebenen sowie zwei Tiefgeschossen.

Schwerpunktmäßig betrifft die beauftragte IST-Zustandsbewertung die Decken- und Rampenkonstruktion der Ebenen 1 - 10. Es zeigten sich an den Stahlträgern der Konstruktion deutliche Korrosionsspuren und Rissbildungen in den Halbfertigteileplatten sowie gerissene „Fugenabdichtungen“.

Folgende Untersuchungen wurden im Rahmen der gutachterlichen Stellungnahme durchgeführt:

- Dokumentation des Allgemeinzustandes des Objektes
- Erstellung eines Schadenskatasters (nur Dokumentation exemplarischer Schäden)
- Zerstörungsfreie Ermittlung der Betondeckung
- Entnahme von Bohrmehlproben zur Ermittlung des Chloridgehaltes
- Entnahme von Bohrkernen zur Ermittlung der Bauwerksdruckfestigkeit und Oberflächenzugfestigkeit
- Herstellung von Öffnungsstellen zur Ermittlung der Betondeckung, der Karbonatisierungstiefe sowie der Art und des Korrosionszustands der Bewehrung im Bereich der Stützen

Die gutachterliche Stellungnahme umfasst die Erstellung einer IST-Zustandsbewertung sowie die Erarbeitung eines Instandsetzungsvorschlags.

3 Bezugsdokumente

Literatur und Unterlagen

- [U1] Hilti Deutschland: Bedienungsanleitung PS 300, 2020
- [U2] 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
- [U3] 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

Regelwerke

- [R1] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Technische Regel – Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung), 2019-11
- [R2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, DAfStb-Richtlinie „Instandhaltung von Betonbauteilen

- (Instandhaltungsrichtlinie)“, Ausgabe 06/2018 (Entwurf)
- [R3] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie)“, Ausgabe 10/2001
 - [R4] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Sachstandbericht Bauen im Bestand – Teil II: Bestimmung charakteristischer Betondruckfestigkeiten und abgeleiteter Kenngrößen im Bestand, Heft 619, 2016
 - [R5] 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
 - [R6] 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, 2015
 - [R7] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.: DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen, 2018
 - [R8] DIN 18532-6:2017-07 Abdichtung von befahrbaren Verkehrsflächen aus Beton – Teil 6: Abdichtung mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen
 - [R9] DIN EN 1542:1999-07 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betonbauwerken, Prüfverfahren – Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch
 - [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 12390-3:2019-10 Prüfung von Festbeton - Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern
 - [R13] DIN EN 12390-7:2019-10 Prüfung von Festbeton – Teil 7: Dichte von Festbeton
 - [R14] DIN EN 12504-1:2019-09 Prüfung von Beton in Bauwerken – Teil 1: Bohrkernproben – Herstellung, Untersuchung und Prüfung der Druckfestigkeit
 - [R15] DIN EN 13791:2008-05 Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen
 - [R16] DIN EN 13791/A20:2017-02 Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen; Änderung A20
 - [R17] DIN EN 13791:2020-01 Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken und in Bauwerksteilen
 - [R18] MTBauBestVV:2020-01 Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB)
 - [R19] DIN EN 14629:2007-06 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung des Chloridgehaltes in Festbeton

- [R20] 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
- [R21] DIN EN ISO 8501-1:2007-12 Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftrag von Beschichtungsstoffen – Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit – Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen
- [R22] DIN EN ISO 12944-4:2018-04 Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung
- [R23] DIN EN ISO 12944-5:2020-03 Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 5: Beschichtungssysteme

4 Angaben zu den verwendeten Messverfahren

4.1 Ermittlung der Karbonatisierungstiefe

Durch die Reaktion des Kohlenstoffdioxids der Luft mit 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 [R20]. Ausschlaggebend für die Bewertung ist die Überdeckung der Bewehrung mit dem sie schützenden, nicht karbonatisierten Beton.

4.2 Art und Zustand der Bewehrung

Zur Bewertung des Bewehrungszustands und der Bewehrungsart müssen zerstörend 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.

4.3 Ortung der Bewehrung

Zur Ortung der Bewehrung und zur Feststellung der Betondeckung wurde ein zerstörungsfreies Verfahren gewählt. Verwendet wurde das Gerät Ferroscaan PS 300 der Firma Hilti [U1]. Dieses basiert auf einem Wirbelstromverfahren und ermöglicht sowohl Linien- als auch Flächenscans. Mithilfe eines

Wegaufnehmers wird bei einer linienförmigen Messung der gescannte Weg aufgezeichnet. Die Messdaten können in einem Weg-Betondeckungs-Diagramm dargestellt werden. Die Hochpunkte deuten auf das Vorhandensein eines Bewehrungsstahls hin. Nach Eingabe des Bewehrungsdurchmessers, der sofern nicht bekannt zerstörend ermittelt werden muss, kann die genaue Lage (Tiefe und Abstand) der Bewehrung bestimmt werden.

Die Software erlaubt bei einem unbekanntem Stabdurchmesser bzw. bei unterschiedlichen Stabdurchmessern in einer Messlinie die Auswahl eines Bereiches, in dem der Stabdurchmesser vermutet wird.

Die Messung erfolgt mittels fünf parallel arbeitender Sensoren. Abbildung 1 zeigt die fünf Messspuren, die für die Auswertung einzeln ausgewählt werden können. Die gezeigte Draufsicht der fünf Messlinien ermöglicht u. a. auch das Erkennen von diagonal verlaufenden Bewehrungsstäben.

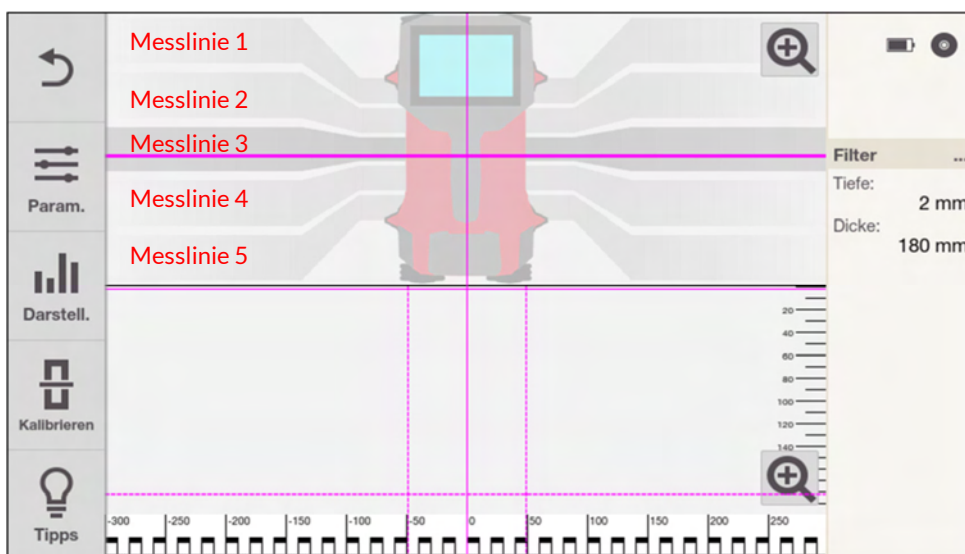


Abbildung 1: Darstellung der fünf Messspuren, Hilti PS 300 [U1]

Die Analysesoftware des Herstellers erlaubt nach Eingabe eines Zieldurchmessers (zerstörend ermittelt oder angenommen) die Erstellung eines Ergebnisprotokolls. Dabei muss für die Auswertung eine 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. [R6] muss eine Mindestanzahl an Messsignalen (d. h. erkannte Bewehrungsstäbe) je Messlinie vorliegen. Bei kurzen Messstrecken ist dies meist nicht möglich. Ist eine Ermittlung von Quantil-Werten möglich, sollten diese zur Bewertung herangezogen werden. Können aus der Analyse keine Quantil-Werte generiert werden, erfolgt die Bewertung durch den Sachverständigen auf Basis objektspezifischer Kriterien.

4.4 Druckfestigkeit und Rohdichte

Zur Bestimmung der Druckfestigkeit des Bauwerkbetons wurden Bohrkerne mit einem Durchmesser von $d = 50$ mm aus dem Bauteil entnommen. Im Labor erfolgte die Bestimmung der Druckfestigkeit des Festbetons gemäß DIN EN 12504-1 [R14] in Kombination mit DIN EN 12390-3 [R12]. In gleichem Umfang erfolgte die Ermittlung der Rohdichte des Festbetons gemäß DIN EN 12390-7 [R13]. Für die

Auswertung und Bewertung der Prüfergebnisse ist DIN EN 13791 [R15] sowie DIN EN 13791/A20 [R16] zu berücksichtigen. Die Anwendung von DIN EN 13791:2020-02 [R17] ist derzeit noch nicht möglich, da der zugehörige nationale Anhang noch in Vorbereitung ist. Aus diesem Grund werden in der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen [R18] die Normen DIN EN 13791:2008-05 [R15] und DIN EN 13791/A20:2017-02 [R16] in Bezug genommen.

Entsprechend DAfStb-Heft 619 [R4] wird empfohlen neun Bohrkerne für eine statistisch gesicherte Aussage der Stichprobe zu entnehmen (Ermittlung der charakteristischen Betondruckfestigkeit f_{ck} nach modifiziertem Ansatz A nach DIN EN 13791/A20). Als Mindestanzahl sollten fünf Bohrkerne mit einem Durchmesser von 50 mm und drei Bohrkerne mit einem Durchmesser von 100 mm vorgesehen werden.

Im vorliegenden Fall dienen die ermittelten Druckfestigkeiten lediglich der Einstufung in Altbetonklassen, die z. B. die Auswahl eines geeigneten Betonersatzes erlauben. Sollte eine statische Betrachtung bezüglich neuer/anderer Lastfälle (beispielsweise bei einer Umnutzung) erforderlich werden, müssen zusätzliche Bohrkerne für eine belastbare Bewertung der Bauwerksfestigkeit im Hinblick auf eine statische Bemessung entnommen werden.

4.5 Bestimmung 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. [U2] und [U3]).

Die gültigen Regelwerke [R3], [R2] und [R1] 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.

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 Schwellenwert 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 (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 ca. 2.300 kg/m^3 für die Bewertung angesetzt werden. Der Zementgehalt wurde mit 300 kg/m^3 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).

Im vorliegenden Fall wurde das entnommene Bohrmehl der Tiefenlage 0 – 5 mm verworfen und die beiden Tiefenstufen 5 – 20 mm und 20 – 40 mm analysiert. Dieses Vorgehen verhindert Beeinflussungen der Messergebnisse durch an der Oberfläche anhaftende Chloride und/oder Einflüsse aus der Beschichtung.

Das erstellte Chloridtiefenprofil gibt Aufschluss über das Eindringverhalten von Chloridionen in dem untersuchten Beton. Die Vorgehensweise ist in DIN EN 14629 [R19] bzw. in DAfStb-Heft 401 [R5] beschrieben.

Die Ergebnisse der Chloridanalysen sind in Abhängigkeit von der Lage der Bohrmehlentnahmestellen auszuwerten (bspw. Deckenunterseite, Stützenfuß, Gefällesituation, etc.).

5 Allgemeinzustand des Objektes

Im Folgenden werde Auffälligkeiten und Schäden, die den Allgemeinzustand des Objektes veranschaulichen, anhand einer fotografischen Dokumentation wiedergegeben. Eine Bewertung der für die Instandsetzung (insbesondere der Halbfertigteilplatten) relevanten „Schäden“ erfolgt in Abschnitt 7.

Freidecks (Ebene 10 bis Ebene 11)

Auf den beiden Freidecks zeigte sich eine vermutlich durch Frostschäden verwittrte Oberfläche, an der die Gesteinskörnung teilweise freiliegt (vgl. Abbildung 2). Die Abdeckungen der Fugen sowie die Fugenfüllungen wiesen Ablösungen und Rissbildungen auf (vgl. Abbildung 3 bis Abbildung 5).



Abbildung 2: verwitterte Oberfläche, kein erkennbarer Anstrich (Attika)

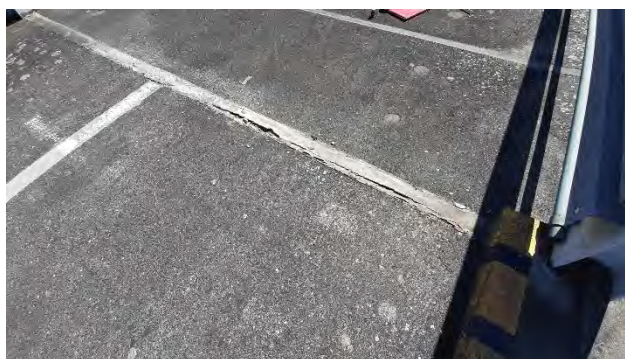


Abbildung 3: verwitterte Oberfläche, abgelöste und gerissen Fugenabdeckung



Abbildung 4: abgelöste und gerissen Fugenabdeckung



Abbildung 5: abgelöste und gerissen Fugenabdeckung

Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen beispielhaft einen behandelten Riss auf der Bodenfläche. Auf die Art und Weise der durchgeführten Rissbehandlung wird in den Abschnitten 7.2 und 7.3 näher eingegangen.



Abbildung 6: behandelter Riss, Bohrpacker in Riss gesetzt



Abbildung 7: behandelter Riss, Bohrpacker in Riss gesetzt, verfüllte Rissbreite

Es zeigte sich ein recht großer Abstand zwischen den Entwässerungsrinnen und der jeweiligen Bauteilkante. Das Fugenmaterial war auf der gesamten Länge gerissen bzw. von den Fugenflanken abgelöst und/oder nicht vorhanden (vgl. Abbildung 8). Am Übergang zu aufgehenden Bauteilen bestand ebenfalls keine funktionsfähige Fugenfüllung (vgl. Abbildung 9 bis Abbildung 11).



Abbildung 8: offene Fuge zwischen Rinne und Bauteilkante



Abbildung 9: Öffnungen in Bereichen aufgehender Bauteile



Abbildung 10: nicht funktionsfähige Fugenverfüllung im Eingangsbereich Treppenhaus



Abbildung 11: nicht funktionsfähige Fugenverfüllung im Bereich der Treppenhauswand

Analog zu den Bodenflächen wiesen die Schrammborde deutliche Verwitterungserscheinungen sowie einen massiven Moosbewuchs auf (vgl. Abbildung 12 und Abbildung 13). Im Bereich der Durchdringungen der aufgehenden Stahlträger sowie der Längsfuge der Schrammborde war ebenfalls keine funktionsfähige Fugenverfüllung ersichtlic.

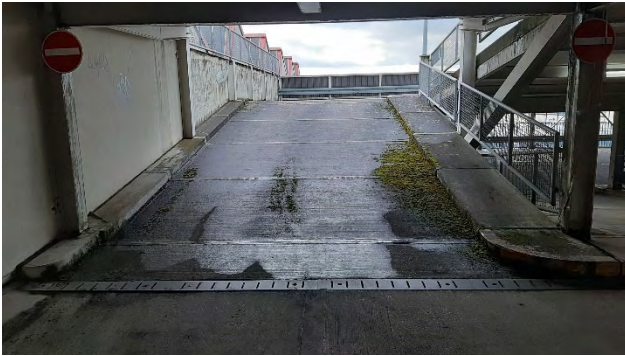


Abbildung 12: starker Moosbewuchs der Schramborde



Abbildung 13: starker Moosbewuchs der Schramborde

Zwischendecks (Ebene 1 bis Ebene 9)

Auf den Bodenflächen der oberen Parkebenen zeigte sich ebenfalls teilweise ein starker Moosbewuchs (vgl. Abbildung 14) sowie Rückstände aus großflächigen Pfützenbildungen vor der Entwässerungsrinne (vgl. Abbildung 15).



Abbildung 14: Vermoosung der Oberfläche

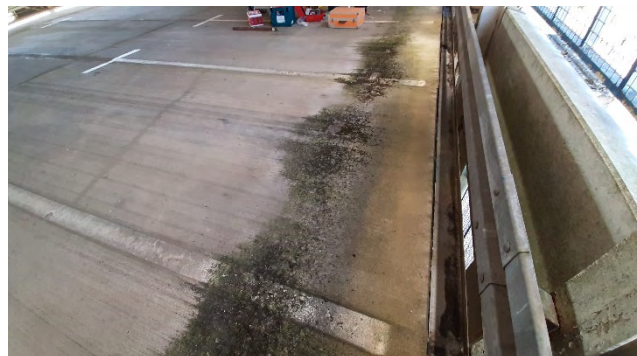


Abbildung 15: Vermoosung sowie Rückstände aus Pfützenbildung

An den Fußpunkten der Rampen, die vom Freideck (Ebene 10) in die erste „überdachte“ Ebene (Ebene 9) führen, wurden Entwässerungsrinnen angeordnet (vgl. Abbildung 16). Analog zu der Ausführung auf den Freidecks wurden nicht funktionsfähige Fugenverfüllungen an den aufgehenden Bauteilen vorgefunden (vgl. Abbildung 17).



Abbildung 16: Entwässerungsrinne am Rampenfußpunkt



Abbildung 17: defekte und/oder nicht vorhandene Fugenverfüllung (aufgehende Bauteile)

Auch in den Zwischenebenen zeigte sich ein Abstand von 5 mm – 20 mm zwischen Entwässerungsrinne und Bauteilkante. Die Fugenverfüllung war größtenteils von den Flanken abgerissen und/oder nichtmehr vorhanden (vgl. Abbildung 18). Die Entwässerungsrinne wurde im 1. Ortstermin während eines Regenereignisses entsprechend Abbildung 19 vorgefunden. Die Rinne war bis zum Überlaufen gefüllt.



Abbildung 18: offene Fuge zwischen Entwässerungsrinne und Bauteilkante

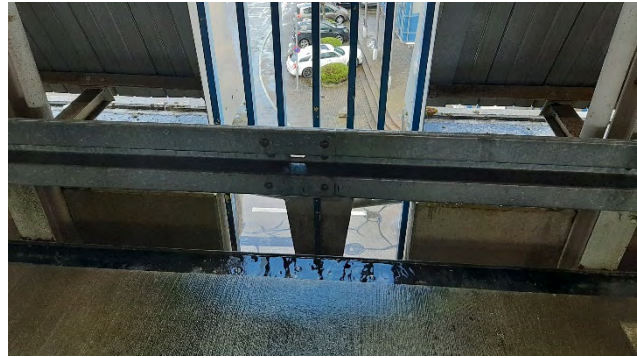


Abbildung 19: gefüllte und überlaufende Entwässerungsrinne (verstopft)

Nach dem Regenereignis konnten Pfützenbildungen festgestellt werden, die nicht vom Eintrag von Fahrzeugen herrührten. Abbildung 20 zeigt als Beispiel eine Pfützenbildung im Fußbereich einer Rampe. An den ungeschützten Rückseiten der Schramborde kann Wasser ungehindert auf die Stahlkonstruktion im Bereich der Rampen laufen (Abbildung 21 und Abbildung 22).



Abbildung 20: Pfützenbildung

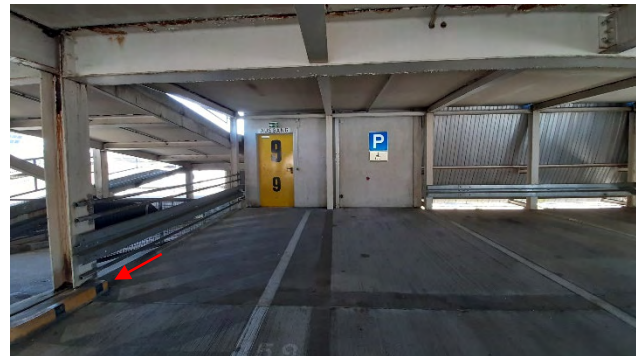


Abbildung 21: ungeschützte Rückseite der Schramborde

Sowohl die Fugenverfüllung der Längsfuge als auch der aufgehenden Bauteile sind von den Flanken abgerissen. An den Stahlstützen zeigen sich Korrosionsspuren (vgl. Abbildung 23).

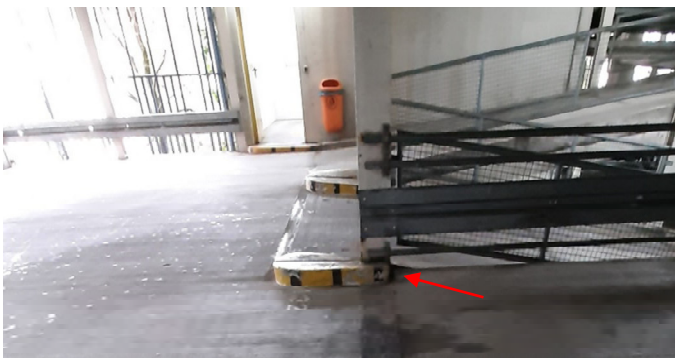


Abbildung 22: ungeschützte Rückseite der Schramborde



Abbildung 23: Schrammbord

An den Untersichten der Halbfertigteile im Bereich der darüberliegenden Freidecks (Ebene 8 und Ebene 9) zeigten sich Risse. Die Aussinterungen sowie feuchte Rissflanken deuten auf eine Wasserführung hin (vgl. Abbildung 24 bis Abbildung 27). Die Lage der Risse entspricht den auf den Freidecks festgestellten Risse, die offensichtlich nicht vollständig geschlossen wurden. Lokal zeigten sich auch an den Untersichten der Ebene 1 – 7 Risse.



Abbildung 24: Risse mit deutlichen Feuchtespuren



Abbildung 25: Risse mit deutlichen Feuchtespuren

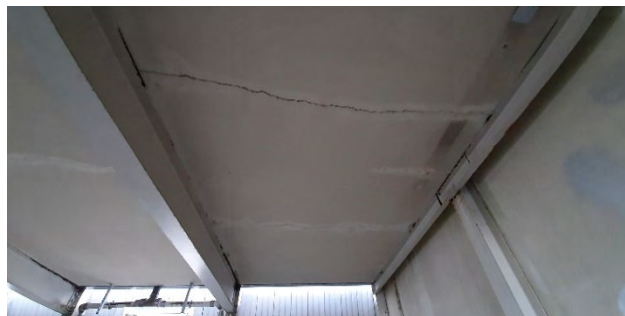


Abbildung 26: Risse mit deutlichen Feuchtespuren



Abbildung 27: Risse mit deutlichen Feuchtespuren

Auf allen Bodenflächen der Ebenen 1 bis 9 zeigten sich Risse und Ablösungen der Rissverfüllung und -abdeckung. Abbildung 28 zeigt Rissbildungen in der Längs- und Querfuge. Die vorgefundenen Risse der Längsfugen (vgl. Abbildung 29) gehen über die gesamte Länge der Fugen hindurch. Die Risse in der Querfuge zeigen deutlich den Verlauf der Plattenränder (Abbildung 30 und Abbildung 31).



Abbildung 28: Risse in Längs- und Querfugen



Abbildung 29: Riss in Längsfuge



Abbildung 30: Risse in Querfuge



Abbildung 31: Risse in Querfuge (Konstruktion der Plattenränder erkennbar)

Untergeschosse (Ebene -1 bis Ebene 0)

In den Unterschossen zeigten sich auf den Bodenflächen (Parkfläche und Rampen) Risse, die bituminös verfüllt wurden (Abbildung 32 und Abbildung 33).

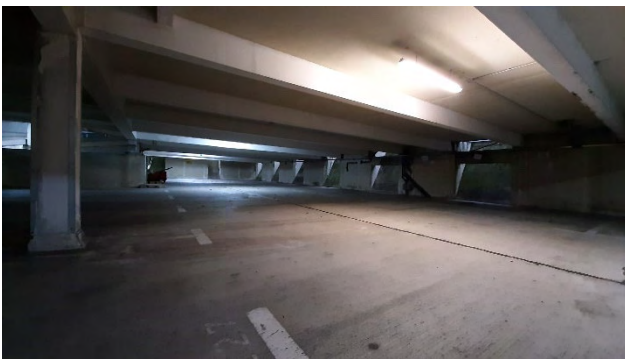


Abbildung 32: Parkfläche der Untergeschosse

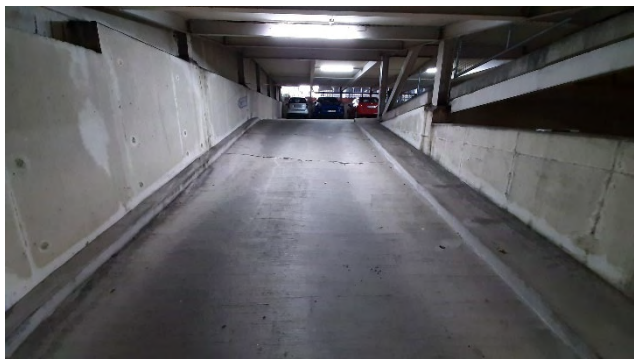


Abbildung 33: Rampe der Untergeschosse

Rampen (Ebene 1 bis Ebene 11)

Analog zu den Parkflächen zeigten sich auch auf den Rampen der Freidecks deutliche Abwitterungserscheinungen (vgl. Abbildung 34 und Abbildung 35), sowie Ablösungen und/oder starke Verwitterung der Fugenabdeckungen bzw.-füllungen (vgl. Abbildung 36).



Abbildung 34: Rampe Freideck



Abbildung 35: Rampe Freideck

Entsprechend der Abbildung 36 bis Abbildung 39 zeigen sich an den Rampen unterschiedlich stark ausgeprägte Schädigungen der Fugenabdeckungen und -füllungen.



Abbildung 36: Abgelöste und verwitterte Fugenabdeckung



Abbildung 37: Fußbereich Rampe



Abbildung 38: teilweise funktionsfähig

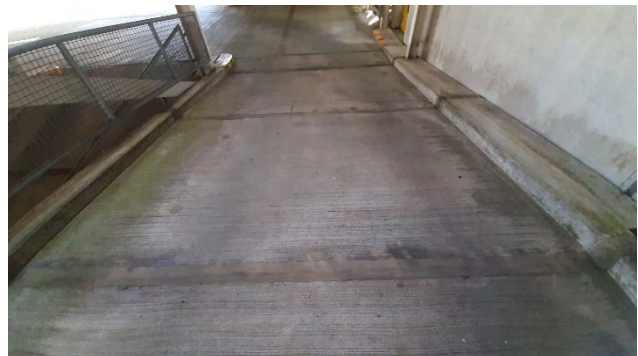


Abbildung 39: Rissbildung an den Flanken

Zustand der Stahlkonstruktion

Die Stahlträger zeigen insbesondere im Bereich der darüberliegenden Längsfugen und der Auflager deutliche Korrosionsspuren (vgl. Abbildung 40 und Abbildung 41).



Abbildung 40: Bereiche mit Korrosion unter den Längsfugen und im Auflagerbereich



Abbildung 41: Bereiche mit Korrosion unter den Längsfugen und im Auflagerbereich

Die offensichtlich größten Schädigungen befinden sich unterhalb der gerissenen Längsfugen (vgl. Abbildung 42). Jedoch zeigen sich korrodierte Stahlträger auch in Teilbereichen unterhalb gerissener Querfugen sowie an den seitlichen Auflagern (vgl. Abbildung 43 und Abbildung 44) und den Fußpunkten der Rampen (Abbildung 45).



Abbildung 42: korrodiertes Stahlträger unter gerissener Längsfuge



Abbildung 43: korrodiertes Stahlträger am seitlichen Auflager



Abbildung 44: korrodiertes Stahlträger unter gerissener Querfuge



Abbildung 45: korrodiertes Stahlträger im Fußpunkt einer Rampe

In den Untergeschossen zeigten sich ebenfalls deutliche Korrosionsspuren an den Stahlträgern (vgl. Abbildung 46 und Abbildung 47).



Abbildung 46: korrodiertes Stahlträger im Auflagerbereich



Abbildung 47: korrodiertes Fußbereich einer Stahlstütze

Aufgrund der vorhandenen Brandschutzverkleidung der Stahlkonstruktion in den Untergeschossen konnte der tatsächliche Zustand erst nach lokalem Entfernen der Brandschutzplatten begutachtet werden.



Abbildung 48: teilweise funktionsfähig



Abbildung 49: Rissbildung an den Flanken

6 Untersuchungsergebnisse

Anlage A enthält neben der fotografischen Dokumentation und der Lage der Untersuchungsstellen, die Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse. Die Dokumentation der Bohrkern B und die Dokumentation der Haftzugversuche Anlage C entnommen werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse zur Oberflächenzugfestigkeit und Druckfestigkeit zusammengefasst.

Die Versuche zur Ermittlung der Oberflächenzugfestigkeit wurden in Anlehnung an die Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [R3] und DIN EN 1542 [R9] durchgeführt. Die fotografische Dokumentation der Prüfstellen und der Stempel mit Bruchbild kann Anlage C entnommen werden.

Mithilfe eines Kernbohrgerätes wurde eine Ringnut ($d = 50 \text{ mm}$) in den Untergrund eingebracht.

In

Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Abreißversuche zusammengefasst. Nachfolgende Schichten werden dabei unterschieden: A = Beton, Y = Kleber und Z = Stempel (Bezeichnungen gemäß [R3]).

Tabelle 1: Messergebnisse der Oberflächenzugfestigkeit

Probestelle	Probekörper	Einzelwert [N/mm ²]	Mittelwert [N/mm ²]	Kohäsionsversagen		Adhäsionsversagen	
				A	Y	A/Y	Y/Z
Freideck, Ebene 10, Bodenfläche	BK 10	0,86	-	10 %		90 %	
Ebene 9, Bodenfläche	BK 13	1,98	2,47	100 %			
Ebene 1, Bodenfläche	BK 16	2,06		10 %		90 %	
Ebene 6, Bodenfläche	BK 2	2,77		80 %		20 %	
Ebene 1, Rampe Bodenfläche	BK 1	3,07		100 %	20 %	80 %	

Anhand der Bestimmung der Abreißfestigkeit wurde die Oberflächenzugfestigkeit der Betonrandzone (Bodenflächen) geprüft. Im Bereich des Freidecks wurde eine Oberflächenzugfestigkeit von $0,9 \text{ N/mm}^2$ ermittelt. Das Ergebnis weist aufgrund der abgewitterten Betonoberfläche auf eine verminderte oberflächennahe Zugfestigkeit hin.

Mit einem Mittelwert von $2,5 \text{ N/mm}^2$ und einem kleinsten Einzelwert von $2,0 \text{ N/mm}^2$ weisen die Bodenflächen der Zwischengeschosse auf eine ausreichende oberflächennahe Zugfestigkeit des Betons auf. Das geforderte Kriterium (Mittelwert $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$, Einzelwert $\geq 1,0 \text{ N/mm}^2$) wurde erfüllt. Die Lage des Versagens variierte in Abhängigkeit der Probestelle (siehe Tabelle 1).

Die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung der Bohrkern sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Der Bohrkern BK 16 (Ebene 1) wies Risse im Betongefüge auf, sodass das Prüfergebnis nicht in die Bewertung mitaufgenommen wird. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs und der Streuung der Ergebnisse wird auf eine Auswertung nach DIN EN 13791/A20 [R16] verzichtet. Der Mittelwert der Prüfergebnisse (BK 10.1 und BK 13) der Druckfestigkeit des Bauwerkbetons $f_{m(n),is}$ beträgt 38 N/mm^2 . Sollte zur statischen Nachrechnung eine Druckfestigkeitsklasse des Bauwerkbetons erforderlich sein, wird eine ergänzende Bohrkernentnahme ($n > 9$) empfohlen.

Tabelle 2: Messergebnisse Bauwerksdruckfestigkeit

Lage (Probestelle)	Probekörper Nr.	Höhe h_m [mm]	Durchmesser d_m [mm]	Verhältnis h_m/d_m	Höchstkraft beim Bruch F [N]	Druckfestigkeit $f_{c, is, Bohrkern}$ [N/mm ²]	Rohdichte D [kg/dm ³]
Ebene 10, Bodenfläche	BK 10.1	58	49	1,2	74.500	40,2	2,3
Ebene 9, Bodenfläche	BK 13	55	49	1,1	64.600	34,8	2,2
Ebene 1, Bodenfläche ¹⁾	BK 16	56	49	1,1	18.200	9,7	2,2

- 1) Ergebnis der Bauwerksdruckfestigkeit wird nicht in die Bewertung mitaufgenommen, da Risse im Betongefüge erkennbar waren

7 Zusammenfassung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse

7.1 Allgemeines

Hinsichtlich der Größe (Anzahl der Ebenen) des zu bewertenden Objektes wurde der Umfang der Bauwerksuntersuchung dahingehend festgelegt, dass dieser sowohl eine Reduzierung der Kosten als auch eine Aussage über die Instandsetzbarkeit der Geschossdecken ermöglichte. Insofern wurden die Untersuchungsstellen entsprechen dem visuell ersichtlichen Schadensbild gewählt, sodass eine Aussage über kritischen Bereich (Fugen, Rampenübergänge, ...) hinsichtlich des Zustandes und insbesondere der Instandsetzbarkeit möglich war.

Der Umfang durchgeführte Bauwerksuntersuchung kann nur der Erlangung von orientierenden Untersuchungsergebnissen zur Wahl einer umsetzbaren Instandsetzungsvariante dienen. Zur Eingrenzung von Instandsetzungsbereichen und/oder der Festlegung von Abtragstiefen müssen baubegleitend zusätzliche Untersuchungen durchgeführt werden (Chloridprofile, Potentialfeldmessung, ...).

7.2 Bodenflächen

Freidecks

Im Bereich des Freidecks (Ebene 10 und Ebene 11) weist die abgewitterte Betonoberfläche mit freiliegender Gesteinskörnung auf eine Frost- 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 in Abschnitt 7.3 „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 Bauzustandsanalyse 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 lässt sich ein 5 %-Quantilwert von $c_{5\%} = 18$ mm in Längsrichtung (parallel zu den Buchstabenachsen) und $c_{5\%} = 19$ mm in Querrichtung (parallel zu den Nummernachsen) ableiten. Entsprechend dem DBV-Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“ sind ohne flächiges Oberflächenschutzsystem oder ohne Abdichtung die befahrenen Flächen aus Stahlbeton der Expositionsklasse XD3 (wechselnd nass und trocken, Chloride aus Taumitteln) zuzuordnen. Daraus ergibt sich aus Gründen der Dauerhaftigkeit eine Mindestbetondeckung von $c_{\min} = 40$ mm.

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 PKWs ab.

Infolge einer erhöhten Frequentierung in den Ebenen -1 bis 5 kann im Bereich von Rissen und Pfützenbildungen eine erhöhte Belastung durch taumittelhaltiges 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.

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. Das Betongefüge 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 zerstörungsfrei ermittelten Betondeckung (Ebene 6/Ebene 7) konnte ein 5 %-Quantilwert von $c_{5\%} = 12$ mm in Längsrichtung (parallel zu den Buchstabenachsen) und $c_{5\%} = 17$ mm in Querrichtung (parallel zu den Nummernachsen) bestimmt werden.

An den im Rahmen der Bauwerksuntersuchung entnommen Bohrkernen wurden die Oberflächenzugfestigkeiten und Druckfestigkeiten des Bauwerkbetons bestimmt. Unter Berücksichtigung der Instandhaltungs-Richtlinie (Gelbdruck) [R2] und der TR-Instandhaltung [R1] kann der untersuchte Konstruktionsbeton aufgrund einer Abhängigkeit zwischen Druckfestigkeit und Oberflächenzugfestigkeit in bauteilbezogene Altbetonklassen eingeordnet werden (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Einordnung von Konstruktionsbeton in Altbetonklassen (vgl. [R1], [R2])

	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)

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 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 nicht wie zuvor die Geschosdecken als Fertigteilplatte, sondern in Ortbetonbauweise (Bodenplatte) hergestellt.

Fugenausführung (Ebene 1 bis 11)

Zwischen den einzelnen Fertigteilplatten (Fugen) sind zum Teil begrenzt dehnfähige und/oder starre Bandagen auf der Betonoberfläche in Quer- und Längsrichtung aufgebracht worden. An allen Längsfugen (parallel zu den Buchstabenachsen) sind Abrisse mit einer Rissbreite von > 0,4 mm festzustellen. Die in Querrichtung verlaufenden Fugen der Fertigteilfugen sind in allen Ebenen zu ca. 60 % gerissen und weisen Rissbreiten von > 0,3 mm auf.

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. 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 rückerstauen 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 unter „Wände“ näher erläutert.

7.3 Deckenuntersichten

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 Halbfertigteilen kann von einer gewissen Gleichmäßigkeit bei der Herstellung ausgegangen werden. Infolge dessen und der Fokussierung der Untersuchungen auf die Problematik der Fugen, 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 Halbfertigteilplatten 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.

Die Stahlträger der Konstruktion zeigen deutliche Korrosionsspuren unterhalb der Längsfugen (parallel zu den Buchstabenachsen) und der Auflager. Augenscheinlich nimmt die Ausprägung der Korrosion mit zunehmender Frequentierung durch PKWs zu. Die Korrosionserscheinungen sind auf die vorhandenen Undichtigkeiten (nicht intakte Fugenverfüllungen) 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.

Eine erhöhte Chloridkonzentration im Bereich der Stahlträger (Beton) konnte nicht festgestellt werden. Jedoch kann, insbesondere in den stark frequentierten Ebenen 1 – 5, eine Chloridbelastung lokal nicht ausgeschlossen werden (vgl. Ausführungen zu den Bodenflächen, Fugenbereiche).

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.

7.4 Rampen und Schrammborde

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

Die Untersuchungen im Bereich der beschädigten Fugen 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 (vgl. Abbildung 50) und/oder nicht funktionsfähigen Fugen, kommt es zu einer Wasseransammlung auf der Rückseite der Schrammborde. An dieser Stelle kommt es zu einem Wassereintrag (vgl. Abbildung 50) mit und ohne Taumittel in die Stahlträgerkonstruktion der Rampenaullager und daraus folgend zu Korrosionserscheinungen an den Stahlträgern.

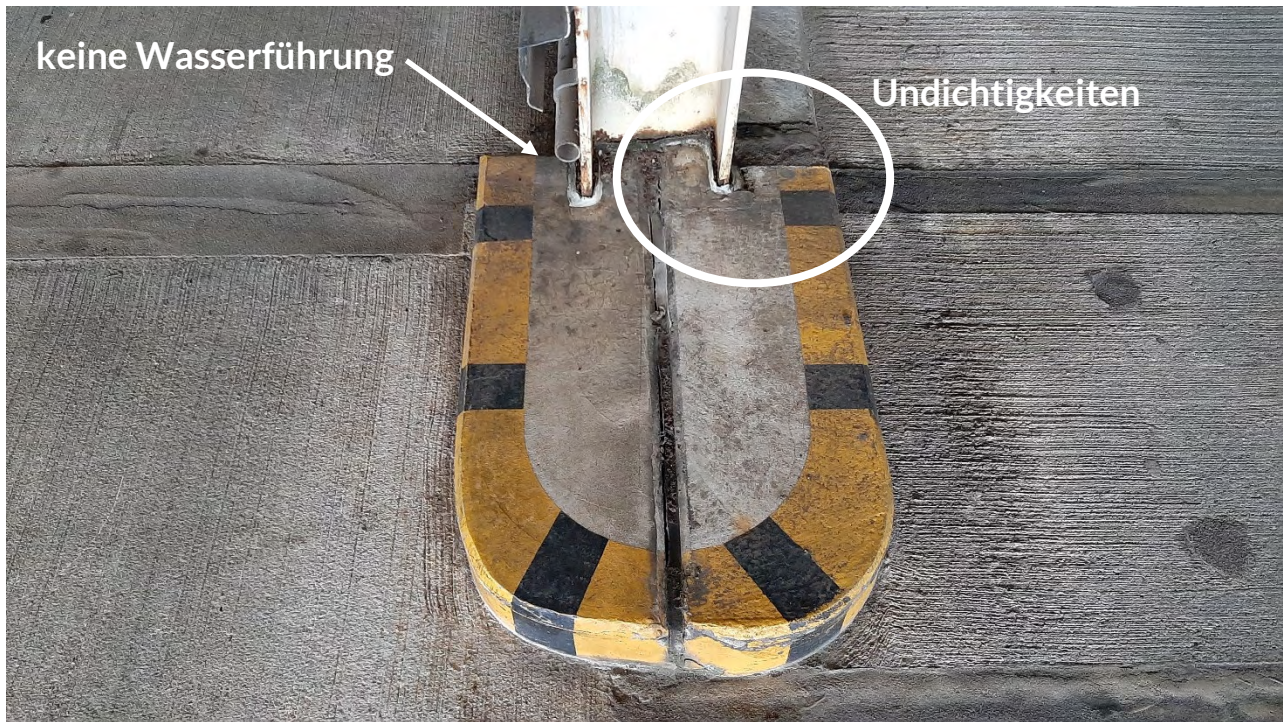


Abbildung 50: Schrammbord

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

7.5 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 Karbonisierungstiefe und dem Bauwerksalter kann der Bemessungswert der Karbonisierungsrate in Anlehnung an [R2] abgeschätzt werden. Zur Prognose der weiteren Karbonisierungstiefe 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 Karbonisierungsrate [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 Karbonisierungsfortschritt des Betons [mm/Jahr ^{0,5}]

W	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses aus den meso-klimatischen 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 Einfahrtsbereich 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, Achse 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.

8 Instandsetzungsbedarf

8.1 Bodenflächen

Fugenbehandlung - Ebene 1 bis Ebene 5

Basierend auf den im Rahmen der Zustandserfassung ermittelten erhöhten Chloridgehalte im Bereich der Fugen und Risse wird empfohlen alle Längsfugen bis in Ebene 5 sowie Teilbereiche der Quersfugen zu überarbeiten. In Ebene 6 bis 11 wird nur in Bereichen aktiver Korrosion bzw. Schadstellen eine partielle Betoninstandsetzung wie folgt empfohlen.

Entsprechend den Vorgaben der Instandsetzungsrichtlinie [R3] kann das Verfahren R-Cl oder nach Instandhaltungsrichtlinie [R2] (und/oder [R1]) das Verfahren 7.2 „Ersatz von chloridhaltigem oder karbonatisiertem Beton“ angewendet werden. Folgende Verfahrensschritte sind entsprechend der Instandhaltungsrichtlinie vorzusehen. Der Beton mit Chloridgehalten 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. Die Stahloberflächen sind zu behandeln, so dass im gesamten freigelegten Bereich mindestens ein Oberflächenvorbereitungsgrad Sa 2 nach DIN EN ISO 8501-1 [R21] erreicht wird. Anschließend sind die freigelegten und vorbereiteten Bereiche mit einem geeigneten Betonersatz zu reprofiliert.

Fugenprofile, Längsfugen - Ebene 1 bis Ebene 11

Die Rissbreiten von bis zu 2 mm weisen auf kontinuierliche, erhöhte Fugenbewegungen zwischen den Fertigteilplatten hin. Die bisher starre Verfüllung der Übergänge zwischen den Fertigteilplatten erscheint für die Konstruktion ungeeignet. Es wird empfohlen bei allen Längsfugen Fugenprofile auszuführen, damit einerseits Chloride nicht mehr in die Konstruktion eindringen können und andererseits die Bewegung durch das Fugenprofil aufgenommen werden kann. Hierfür eignen sich Fugenprofile aus nichtrostendem, chloridbeständigem Stahl. Da eine Gefahr der Pfützenbildung im Bereich der Fugenprofile besteht, ist insbesondere in Achse E und Achse G eine Gefälleanpassung vorzunehmen.

Zu beachten ist, dass aufgrund von möglichen Einbauhöhen des Profils die bestehende, starre und in Teilbereichen auch elastische Fugenverfüllung entfernt und zum Einbau des Fugenprofils der Beton in diesen Bereichen ausgebaut werden muss.

Die Auswahl des Fugenprofils sollte in Abstimmung mit einem Tragwerksplaner erfolgen, damit die zu erwartenden Riss- bzw. Fugenbewegungen überbrückt werden können (insbesondere Temperatur- und Verkehrsbelastung).

Die Anschlussdetails der Fugenprofile an ein Oberflächenschutzsystem oder Abdichtungssystem sind von einem sachkundigen Planer zu planen.

Aufgrund der Rissbreiten wird eine Ausführung von Rissbandagen nicht empfohlen, da die Gefahr besteht, dass innerhalb weniger Jahre sich erneut Risse bilden können.

Rissbandagen, Querfugen – Ebene 1 bis Ebene 11

Im Bereich der Querfugen ist die vorhandene starre Verfüllung soweit zu entfernen (einfräsen bis ca. 5 mm), dass der Aufbau einer Rissbandage möglich ist. Rissbandagen sind bei rissgefährdeten Bereichen als lokale Maßnahmen zu verstehen, die vor dem Eintrag von schädlichen Medien dauerhaft schützen. Der Aufbau an diesen Stellen weicht hierbei von dem flächigen Oberflächenschutzsystem ab. Die Bandagen sollen so ausgeführt werden, dass sie mit dem späteren, flächigen Schutzsystem abschließen und somit Wasseransammlungen vermieden werden können. Die Mindestbreite der Rissbandage sollte 200 mm betragen und über den Querfugen angeordnet werden. In Abstimmung mit einem Tragwerksplaner sollten die zu erwartenden Riss- bzw. Fugenbewegungen abgeschätzt werden (insbesondere Temperatur- und Verkehrsbelastung). Es eignet sich ein rissüberbrückendes Oberflächenschutzsystem OS 10 oder OS 11. Üblicherweise können gemäß DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ [R3] OS 10-Systeme Rissbreiten dynamisch bis 0,3 mm und statisch bis 1,0 mm sowie OS 11-Systeme dynamisch ca. 0,2 mm und statisch 0,3 mm überbrücken.

Risse Geschossdecken/Bodenplatte – Ebene 1 bis Ebene 11

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, sodass in lokalen Bereichen mit erhöhten Chloridkonzentrationen der kontaminierte Beton entfernt werden kann. Diese Bereiche müssen vor der Rissbehandlung reprofiliert werden.

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

Schutz der befahrenen Parkflächen

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“ [R7] können prinzipiell drei Ausführungsvarianten (A, B, C) differenziert werden (vgl. Abbildung 1).

Aufgrund der zu geringen Mindestbetondeckung (~ 20 mm) wird zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit über die gesamte Restnutzungsdauer der Auftrag eines flächigen Oberflächenschutzsystems (Variante B) oder flächigen Abdichtungssystems (Variante C) empfohlen. 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 und ggf. zu Einschränkungen in der Durchfahrthöhe führen. Ein sachkundiger Planer sollte im Rahmen der Entwurfs-/Ausführungsplanung gemeinsam mit dem Bauherrn und dem Tragwerksplaner diesen Aspekt abstimmen. Bei der Ausführung von Variante C könnte auf eine zusätzliche Erhöhung der Betondeckung verzichtet werden, da die Ausführung einer Abdichtung zur Zuordnung der Expositions-klasse XC3 führt.

	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 C_{min}	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 51: Ausführungsvarianten für befahrene Parkflächen aus Stahlbeton und Spannbeton [R7]

Im Folgenden wird auf die möglichen Oberflächenschutzsysteme/Abdichtungssysteme geschossbezogen eingegangen:

- *Oberflächenschutzsystem – Ebene 10 und Ebene 11*

Entsprechend den Vorgaben des DBV-Merkblatts „Parkhäuser und Tiefgaragen“ [R7] eignen sich die Varianten B2 (außer OS 11 b), C1 und C2. Aufgrund der Frequentierung des Parkhauses wird von der Ausführung einer OS 11 a abgeraten. Ein sachkundiger Planer sollte im Rahmen der Entwurfs-/Ausführungsplanung gemeinsam mit einem Tragwerksplaner die zusätzliche Deckenlast abstimmen.

Die Rissbildungen sind größtenteils auf temperaturbedingte Verformungen zurückzuführen. Bei einer nachträglichen Überdachung der beiden Freidecks könnten die Ausführung analog zu den Ebenen 1 bis 9 erfolgen.

- *Oberflächenschutzsystem – Ebene 1 bis Ebene 9*

Entsprechend den Vorgaben des DBV-Merkblatts „Parkhäuser und Tiefgaragen“ [R7] eignen sich für Zwischengeschosse die Abdichtung nach Variante C1 und C2, die starre Beschichtungsvariante B1 mit begleitender Rissbehandlung oder die rissüberbrückende Variante B2.

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 Durchfahrtshöhe 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 wird aufgrund der stark beanspruchten Kurvenbereichen und der hohen Frequentierung nicht empfohlen.

Als geeignetes Oberflächenschutzsystem wird die Variante B1 angesehen. Diese besteht aus einer starren OS 8-Beschichtung mit begleitender Rissbehandlung. Die mechanische Widerstandsfähigkeit ist auch bei hoher Frequentierung des Parkhauses gegeben.

- *Oberflächenschutzsystem – Ebene -1 und Ebene 0*

Für die Auswahl eines geeigneten Oberflächenschutzsystems ist zu prüfen, ob die Bodenplatte als WU-Bauteil ausgeführt wurde und ob mit einem Wasserdruck zu rechnen ist. In der Regel ist die Ausführung der Variante B1 (OS 8 mit begleitender Rissbehandlung) möglich.

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“ [R7] ist ein ausreichendes Gefälle ($\geq 2,5\%$) zu planen bzw. ohne ausreichendes Gefälle ein entsprechender Sockelschutz zu beachten.

Sollte eine Erhöhung der Betondeckung in Betracht gezogen werden, sollte in diesem Zuge flächig ein zielgerichtetes Gefälle ausgeführt werden. Sollte keine Anpassung der aktuellen Gefällesituation in Erwägung gezogen werden, ist damit zu rechnen, dass die Gefahr der Pfützenbildung weiterhin besteht.

8.2 Deckenuntersichten

Der Vergleich der vorhandenen Betondeckung mit der Karbonisierungstiefe hatte gezeigt, dass aktuell keine Bewehrungskorrosion aufgrund einer Karbonisierung 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 (Karbonisierungsbremse) 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. Ausgleichsspachtel) 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 8.1 „Bodenflächen“ besprochen.

Die Stahlträger müssen mit einem neuen Korrosionsschutz behandelt werden. Das bestehende Anstrichsystem ist abzutragen und der Stahlträger ist mindestens in einem Oberflächenvorbereitungsgrad Sa 2 ½ nach DIN EN ISO 12944-4 [R22] vorzubereiten. Das aufzubringende Beschichtungssystem gemäß DIN EN ISO 12944-5 [R23] sollte folgende Schichten beinhalten: Grundbeschichtung (GB), Zwischenbeschichtung (ZB) und Deckbeschichtung (DB). Als Beschichtungsmaterialien eignen

sich Alkydharz-Beschichtungsstoffe (AK) oder eine Kombination aus Epoxidharz (EP) und Polyurethan-Beschichtungen (PUR). Eine Deckbeschichtung auf Epoxidharz-Basis ist ungeeignet, da eine eingeschränkte UV-Stabilität zum Kreiden der Oberfläche führen kann.

Die Bemessung von eventuell nötigen „Querschnittsergänzungen“ im Bereich von Korrosionsschäden, die die Tragfähigkeit beeinträchtigen, müssen durch den Tragwerksplaner/Stahlbauer erfolgen.

Des Weiteren muss in einem gemeinsamen Dialog die Behandlung der betonberührten Flanschoberseiten geklärt werden. Zumindest sollten in Bereichen mit deutlicher Korrosion der Stahlträgerflache, diese freigelegt werden (Entfernung des Betons), um eine oberseitige Behandlung zu gewährleisten. Hinsichtlich der ausfallenden Tragwirkung der Deckenscheiben bei der Freilegung können nach Angaben des Tragwerksplaner Unterstützungsmaßnahmen notwendig werden. Sollte eine Unterstützung der Deckenplatten aus technischer Sicht nicht möglich sein wäre eine Instandsetzung im Pilgerschrittverfahren möglich.

8.3 Rampen und Schrammborde

Die Rampen bestehen aus jeweils vier einzelnen Platten, an denen jeweils am Rampenanfang- und -ende eine „kleine“ Deckenplatte vorgelagert ist. Diess Platten werden den befahrenen Parkflächen zugeordnet und in dem entsprechenden Abschnitt behandelt.

Die Fugen am Anfang und Ende der Rampen sollten infolge der höheren Belastung durch Wasser mit und ohne Taumittel analog zu den Längsfugen der befahrenen Parkflächen überarbeitet und mit Fugenprofilen ausgeführt werden. Die Fugen in den Rampen können gemäß den Ausführungen zu den Quersfugen der befahrenen Parkflächen mit Rissbandagen überarbeitet werden.

Entsprechend den Vorgaben des DBV-Merkblatts „Parkhäuser und Tiefgaragen“ [R7] eignen sich für Zwischengeschosse die Abdichtung nach Variante C1 und C2, die starre Beschichtungsvariante B1 mit begleitender Rissbehandlung oder die rissüberbrückende Variante B2.

Die aus den Rampenplatten in die Schrammborde fortgeführten Fugen müssen in die Überarbeitung aufgenommen sowie stark geschädigte Bereich der Schrammborde ersetzt werden. Für die rückseitig offenen Bereiche muss eine Detaillösung erarbeitet werden. Aufgrund der Vielzahl der Schäden und Zwangspunkte hinsichtlich der Schrammborde sollte über einen Ersatz dieser nachgedacht werden.

8.4 Wände

Basierend auf der im Rahmen der Zustandserfassung ermittelten Chloridgehalte im Spritzwasserbereich der Bauteile und der festgestellten chloridinduzierten Korrosion an der Bügelbewehrung sowie der ermittelten fortgeschrittenen Karbonatisierung, wird empfohlen die Sockelbereiche der Wandflächen in Ebene -1 und Ebene 0 instand zu setzen. In den Ebenen 1 bis Ebene 11 wird nur in Bereichen aktiver Korrosion bzw. Schadstellen eine lokale Betoninstandsetzung wie folgt empfohlen.

Entsprechend den Vorgaben der Instandsetzungsrichtlinie [R3] kann das Verfahren R-CI oder nach Instandhaltungsrichtlinie [R2] (bzw. [R1]) das Verfahren 7.2 „Ersatz von chloridhaltigem oder karbonatisiertem Beton“ angewendet werden (vgl. Abbildung 41). Folgende Verfahrensschritte sind entsprechend der Instandhaltungsrichtlinie vorzusehen. Der Beton mit Chloridgehalten oberhalb des kritischen, korrosionsauslösenden Schwellenwertes ist vollständig zu entfernen. Bei den vorliegenden Chlorideindringtiefen muss der Beton mindestens bis 30 mm hinter der Bewehrung entfernt wer-

den. In diesem Fall darf der Chloridgehalt im verbleibenden Altbeton 1,5 M.-% bezogen auf den Zementgehalt nicht überschreiten. Höhere, verbleibende Chlorigehalte im Altbeton sind nur bei entsprechenden Nachweisen zulässig. Da die Druckzone der Wände durch diese Maßnahme geschwächt wird, sollte zuvor nach Vorgaben des einzubeziehenden Tragwerksplaners ein Abstützungskonzept geplant und umgesetzt werden.

Die Stahloberflächen sind zu behandeln, so dass im gesamten freigelegten Bereich mindestens ein Oberflächenvorbereitungsgrad Sa 2 nach DIN EN ISO 8501-1 [R21] erreicht wird. Ein Tragwerksplaner muss anhand der tatsächlichen Querschnittsverluste beurteilen, inwieweit eine Zulagebewehrung erforderlich ist. 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 50 Jahren deskriptiv auf Basis der relevanten Expositionsklassen XC und XD unter Einhaltung der Anforderungen an die Mindestbetondeckung nach DIN EN 1992-1.1/NA [R11] sowie der Anforderungen an Baustoffe und Bauausführung der entsprechenden Normen festzulegen.

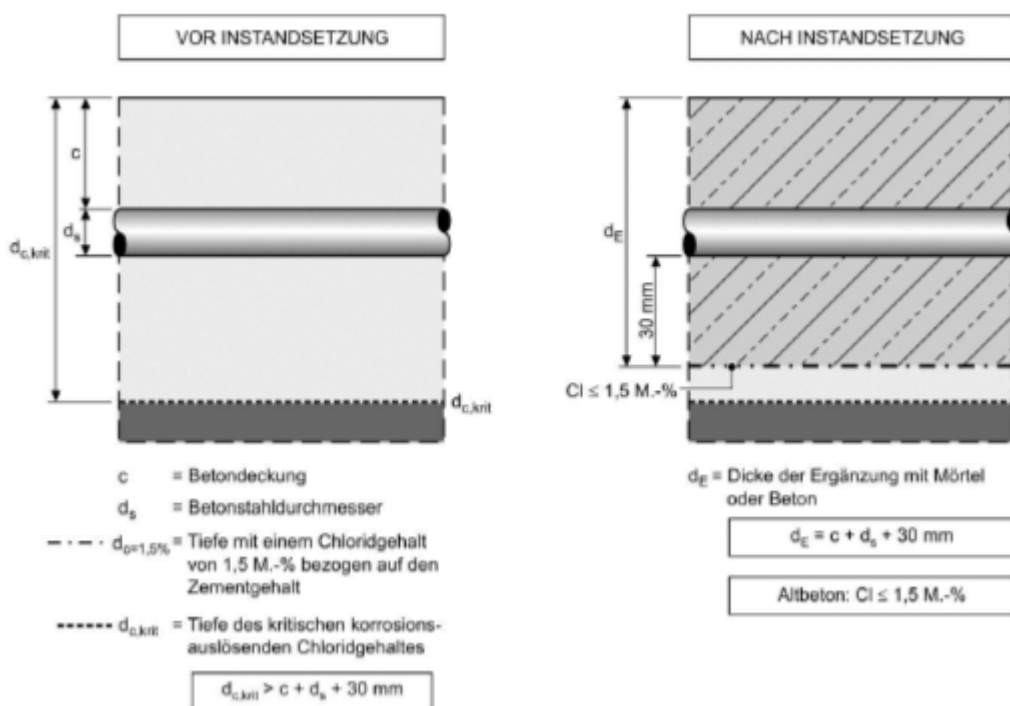


Abbildung 52: Schematische Darstellung der Bedingungen für das Verfahren 7.2 [R2]

Im Anschluss an die Betoninstandsetzung sollten entsprechend den Vorgaben des DBV-Merkblattes „Parkhäuser und Tiefgaragen“ [R7] folgende Richtwerte bei der Ausführung von aufgehenden Bauteilen (Stützen und Wände) umgesetzt werden, damit die Dauerhaftigkeit der Bauteile gewährleistet wird.

1. Ausführungsvariante: unbeschichtete aufgehende Bauteile

Unbeschichtete aufgehende Bauteile sind im Sockelbereich i. d. R. in die Expositionsklasse XD2 einzuordnen. Damit die Bewehrung vor Korrosion geschützt wird, ist entsprechend der Expositionsklasse eine Mindestbetondeckung $c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma}$ von 40 mm nach DIN EN 1992-1.1/NA [R11] einzuhalten. Die Mindestbetondruckfestigkeit C35/45 ist zudem als Mindestfestigkeitsklasse maßgebend.

Die im Rahmen der Bauwerksanalyse erfasste Betondeckung liegt zwischen 13 mm und 38 mm. Die Ausführungsvariante 1 gemäß DBV-Merkblatt wird somit nicht empfohlen, da eine Mindestbetondeckung von 40 mm nicht eingehalten werden kann. Von einer Erhöhung der Betondeckung wird aufgrund von Parkplatzverkleinerungen abgeraten.

2. Ausführungsvariante: beschichtete aufgehende Bauteile

Über die Art der ausgeführten Sockelbeschichtung der Wandflächen liegen den Unterzeichnern keine Dokumentationsunterlagen vor. Auf Grundlage der vor Ort durchgeführten Begutachtung ist die Ausführung einer hochgeführten OS 8- oder OS 5-Beschichtung sowie einer Flüssigabdichtung mit Vlieseinlage nicht zu empfehlen. Aufgrund der geringen Schichtdicke der bestehenden Stützenbeschichtung ist von einem OS 2-System (Anstrich) auszugehen, welches nicht als Schutz vor dem Eintrag von chloridhaltigem Wasser geeignet ist. Zum Schutz der Arbeitsfuge wurde an den Wänden keine Dreiecks- bzw. Hohlkehle ausgeführt.

Wenn durch ein geeignetes Oberflächenschutzsystem oder durch eine Abdichtung der Eintrag von chloridhaltigem Spritzwasser ausgeschlossen werden kann, brauchen die aufgehenden Bauteile nicht in Expositionsklasse XD2, sondern können in Expositionsklasse XC3 eingeordnet werden. Entsprechend DIN EN 1992-1-1/NA [R11] resultiert eine Mindestbetondeckung $c_{\min, \text{dur}} + \Delta c_{\text{dur}, \gamma}$ von 20 mm. Die Mindestdruckfestigkeitsklasse C20/25 ist anzuwenden.

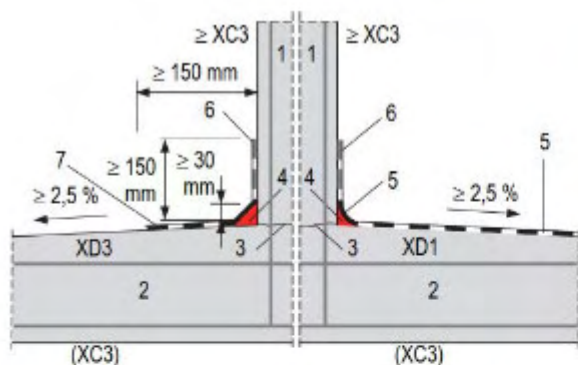
Die vorliegende Mindestbetondeckung liegt bei ca. 13 mm, sodass die Vorgaben des DBV-Merkblatts nicht bei allen Bauteilen erreicht werden können. Aufgrund der geringen Karbonisierungstiefen und einem unauffälligen Betongefüge, kann bei Applikation eines geeigneten Oberflächenschutzsystems im Sockelbereich davon ausgegangen werden, dass ein weiterer Chlorideintrag ausgeschlossen werden kann.

Als Schwachstelle ist die Arbeitsfuge zwischen horizontalem und aufgehendem Bauteil anzusetzen und somit ist entsprechend der in Abbildung 53 dargestellten Ausführung die Arbeitsfuge und das Bauteil zu schützen. Dabei ist in einem mindestens 150 mm breiten Streifen um die Stütze herum sowie an den Wandflächen eine Beschichtung aufzubringen und eine Dreiecks- bzw. Hohlkehle auszuführen. Die Beschichtung ist mindestens 150 mm an den aufgehenden Bauteilen hochzuführen, damit eine Hinterläufigkeit ausgeschlossen werden kann.

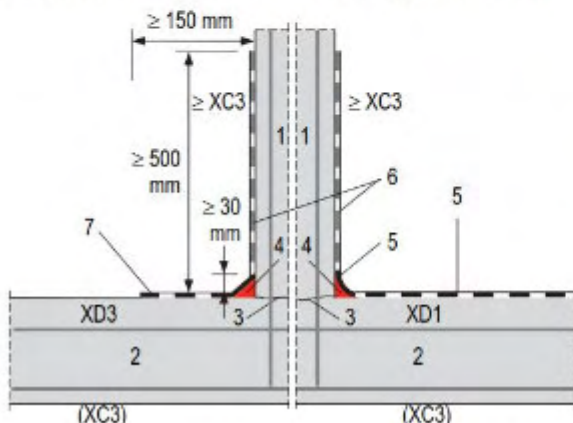
Befinden sich die aufgehenden Bauteile in der Nähe von Fahrgassen ohne oder nur mit geringem Gefälle (geplant < 2,5 %), ist mit chloridhaltigem Spritzwasser aus dem Durchfahren möglicher Pfützen zu rechnen. Aus diesem Grund sollte die Beschichtung mindestens 500 mm hochgezogen werden. Die Beschichtung muss dauerhaft gegen mechanische Einwirkungen, Feuchte und Chloridbeanspruchung beständig sein. Hierfür sind folgende Systeme geeignet:

- Lunker- und Porenpachtelung, Grundierung mit 2-facher Kopf- bzw. Deckversiegelung (jeweils auf Reaktionsharzbasis) eines OS 8- oder OS 11-Systems
- oder OS 5b-System
- oder Flüssigabdichtung mit Vlieseinlage nach DIN 18532-6 [R8]

Da auf den Bodenflächen die Ausführung einer OS 8-Beschichtung empfohlen wird, sollten die Sockelflächen und Schrammborde bis in eine Höhe von 500 mm mit dem gleichen System (Lunker- und Porenpachtelung, Grundierung mit 2-facher Kopf- bzw. Deckversiegelung) beschichtet werden.



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 53: Ausführung von beschichteten aufgehenden Bauteilen [R7]

8.5 Entwässerung

Wie zuvor geschildert ist die Funktionsfähigkeit der Entwässerung, insbesondere der Rinnen, stark eingeschränkt. Anfallendes Wasser kann ungehindert an Bauteilkanten ablaufen. Das gesamte Entwässerungskonzept sollte überplant werden.

9 Abschließende Bemerkung

Hinsichtlich der benötigten Betondeckung und des Schutzes der Stahlträger müssen auch Aspekte des Brandschutzes berücksichtigt werden.

Um eine planmäßige Nutzungsdauer der Tiefgarage sicherstellen zu können, bedarf es in der Nutzungsphase einer zielgerichteten und bedarfsgerechten Instandhaltung. Kernelemente dieser Instandhaltung sind regelmäßige Inspektionen und Wartungen zur Aufrechterhaltung des Sollzustandes. Einsparungen in Planung und Realisierung von Instandsetzungsmaßnahmen können bei frühzeitigem Erkennen von Schäden durch einen sachkundigen Planer, ermöglicht werden. Entsprechend des DBV-Merkblattes „Parkhäuser und Tiefgaragen“ wird eine jährliche Inspektion empfohlen.

10 Kostenschätzung

Nach Feststellung des IST-Zustands kann in enger Abstimmung mit Tragwerksplaner und Betreiber das gewünschte Vorgehen zur Instandsetzung des Parkhauses besprochen und im Folgenden eine grobe Kostenschätzung erstellt werden.