Übersicht

Der Bürgermeister
Hilden, den 13.10.2023
AZ.:

WP 20-25 SV 66/097

Beschlussvorlage

Bauwerkssanierung Lortzingstraße: Unterlagen nach § 13 KomHVO

Für eigene Aufzeichnungen: Abstimmungsergebnis			
	JA	NEIN	ENTH.
CDU			
SPD			
Grüne			
FDP			
AfD			
BA			
Allianz			
Ratsmitglied Erbe			

öffentlich

Finanzielle Auswirkungen	☒ ja	☐ nein	☐ noch nicht zu übersehen
Organisatorische Auswirkungen	☐ ja	☒ nein	☐ noch nicht zu übersehen

Beratungsfolge:

Ausschuss für Umwelt- und Klimaschutz	09.11.2023	Vorberatung
Ausschuss für Finanzen und Beteiligungen	29.11.2023	Entscheidung

Anlage 1_Einzugsgebiet
Anlage 2_Prüfbericht
Anlage 3_Instandsetzungskonzept
Anlage 4_Kostenberechnung
Anlage 5_Folgekosten
Stellungnahme BPA SV 66-097 Bauwerkssanierung Lortzingstraße §13 Unterlagen

Beschlussvorschlag:

Ausschuss für Umwelt und Klimaschutz:
Der Ausschuss für Umwelt- und Klimaschutz beschließt die Instandsetzung der Regenwasserbehandlungsanlagen Lortzingstraße gemäß der vorgelegten Planung.

Ausschuss für Finanzen und Beteiligungen:
Der Ausschuss für Finanzen und Beteiligungen berät nach Vorberatung im Ausschuss für Umwelt und Klimaschutz gemäß § 5a Nr. 7 der Zuständigkeitsordnung die nach § 13 KomHVO vorgelegten Unterlagen zur Instandsetzung der Regenwasserbehandlungsanlagen Lortzingstraße mit ermittelten Gesamtkosten in Höhe von 435.000,00 €.

Erläuterungen und Begründungen:
Das kombinierte Regenklär- und Regenrückhaltebecken Lortzingstraße ist als Stahlbetonbauwerk im Jahre 1978 erbaut worden. Es befindet sich unterhalb des Parkplatzes Nordmarkt. Das Einzugsgebiet des RKB/RRB ist in **Anlage 1** dargestellt. Das klärpflichtige Regenwasser wird dem Schmutzwasserkanal mittels einer Pumpe zugeführt, das nicht klärpflichtige Regenwasser gedrosselt in den Vorfluter (Biesenbach) eingeleitet. Die entsprechende Wasserrechtliche Erlaubnis (Az: 7022D400-346/08.Bo/Bi) liegt vor und ist bis zum 30.11.2034 gültig.

Die Stadt ist als Besitzer und Betreiber des Ingenieurbauwerks mindestens allerdings als Straßenbaulastträger des Nordmarktes für die Standsicherheit des darunterliegenden Ingenieurbauwerks zuständig. Hierzu muss in regelmäßigen Abständen eine Prüfung nach DIN 1076 durchgeführt werden. Im Zuge der letzten Bauwerksprüfung im Jahr 2021 wurden mehrere Schäden festgestellt und die Gesamt-Zustandsnote 2,8 (ausreichender Bauwerkszustand) vergeben. Der Prüfbericht ist dieser Sitzungsvorlage als **Anlage 2** beigefügt. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, das Bauwerk kurzfristig instand zu setzen.

Im Jahr 2022 wurde eine baustofftechnologische Untersuchung durchgeführt, um den Zustand des Stahlbetons zu analysieren und eine nachhaltige Instandsetzung durchführen zu können. Auf Basis der baustofftechnologischen Untersuchung wurde ein Instandsetzungskonzept erstellt. Durch die darin vorgeschlagenen Maßnahmen erhöht sich der Nutzungszeitraum des kombinierten Regenklär- und -rückhaltebeckens um weitere 30 Jahre. Darüber hinaus wird durch die Sanierung ein wesentlicher Wert geschaffen, sodass die weitreichende Bauwerkssanierung als Investitionsmaßnahme gewertet werden muss.

Im Rahmen der Instandsetzung soll der Beton an der Bauwerkssohle, den Wänden und Stützen teilweise abgetragen und nach dem Aufbringen entsprechender Haftbrücken neu aufgebracht werden, um die im Beton enthaltene Bewehrung vor Korrosion zu schützen. Gleichzeitig sollen die Fugen mit entsprechendem Fugendichtstoff erneuter werden. Risse und Fehlstellen im Beton werden lokal durch den Einsatz von Harzen instandgesetzt. Weitere technische Erläuterungen sind dem Instandsetzungskonzept des Ing.-Büros Fischer Teamplan GmbH (**Anlage 3**) zu entnehmen.

Die Herstellungskosten für die Instandsetzung der Regenwasserbehandlungsanlagen sind in der beigefügten Kostenberechnung dargestellt (**Anlage 4**). Die Gesamtkosten der Maßnahme betragen somit:

Baustofftechnologische Untersuchung	20.000,00 €	(bereits bezahlt)
Instandsetzungskonzept	25.000,00 €	
örtliche Bauleitung	15.000,00 €	
SiGeKo	10.000,00 €	
Vorbereitende Maßnahmen	15.000,00 €	
Baukosten aktualisiert	350.000,00 €	
Gesamtkosten (brutto)	435.000,00 €	

Die Maßnahme soll im Jahr 2024 durchgeführt werden. Die baustofftechnologische Untersuchung (ca. 20.000,00 €) ist bereits abgeschlossen. Die bisherigen Mittel wurden unter der Annahme, dass die Sanierung weniger umfangreich erfolgen würde, im Unterhaltungsbudget zur Verfügung gestellt.

Die Baukosten und die weiteren Planungskosten in Höhe von 415.000,00 € sollen nach dem Bauzeitenplan unter Beachtung der Zahlungswirksamkeit folgendermaßen bei IO66250074 veranschlagt werden:

Ansatz 2024: 415.000,00 €

Für die AEL sind folgende Ansätze zu veranschlagen:

Ansatz 2024 10.000,00 €

Der Ansatz für 2024 verringert sich durch die Spezifikation der erforderlichen Maßnahmen und entsprechende Aktualisierung der Kostenberechnung gegenüber dem Stand der Planung, der zur Mittelanmeldung in der Aufstellung des Haushalts vorlag. Die Änderungen der Mittelanmeldung ist gleichzeitig über die Änderungsliste erfasst.

Die Kosten werden durch Einstellung der Abschreibungen in die Gebührenkalkulation langfristig über die Abwasserbeseitigungsgebühr refinanziert.

Der Sitzungsvorlage sind folgende Anlagen beigefügt:

Anlage 1: Einzugsgebiete
Anlage 2: Prüfbericht
Anlage 3: Instandsetzungskonzept
Anlage 4: Kostenberechnung
Anlage 5: Folgekostenermittlung

gez.
Dr. Claus Pommer
Bürgermeister

Klimarelevanz:

Durch die Sanierung des Regenrückhalte- und Regenklärbeckens an der Lortzingstr. ergeben sich keine Auswirkungen auf das Klima.

Finanzielle Auswirkungen

Produktnummer / -bezeichnung	110302		Stadtentwässerung	
Investitions-Nr./ -bezeichnung:	IO66250074		Bauwerkssanierung Lortzingstraße	
Pflichtaufgabe oder freiwillige Leistung/Maßnahme	Pflicht-aufgabe	**X**	freiwillige Leistung	(hier ankreuzen)

Folgende Mittel sind im Haushaltsplanentwurf 2024 vorgesehen:
(Ertrag und Aufwand im Ergebnishaushalt / Einzahlungen und Auszahlungen bei Investitionen)

Haushaltsjahr	Produkt/ Investitions-Nr.	Konto	Bezeichnung	Betrag €
2024	110302 / IO66250074	785200	Auszahlung für Baumaßnahmen	700.000,00
2024	110302 / IO66250074	471100	Aktivierte Eigenleistung	0,00
2025 ff.	110302 / IO66250074	571230	Abschreibungen	23.334,00

Aus der Sitzungsvorlage ergeben sich folgende neue Ansätze:
(Ertrag und Aufwand im Ergebnishaushalt / Einzahlungen und Auszahlungen bei Investitionen)

Haushaltsjahr	Produkt/ Investitions-Nr.	Konto	Bezeichnung	Betrag €
2024	110302 / IO66250074	785200	Auszahlung für Baumaßnahmen	415.000,00
2024	110302 / IO66250074	471100	Aktivierte Eigenleistung	10.000,00
2025 ff.	110302 / IO66250074	571230	Abschreibungen	8.900,00

Bei über-/außerplanmäßigem Aufwand oder investiver Auszahlung ist die Deckung gewährleistet durch:

Haushaltsjahr	Kostenträger/ Investitions-Nr.	Konto	Bezeichnung	Betrag €

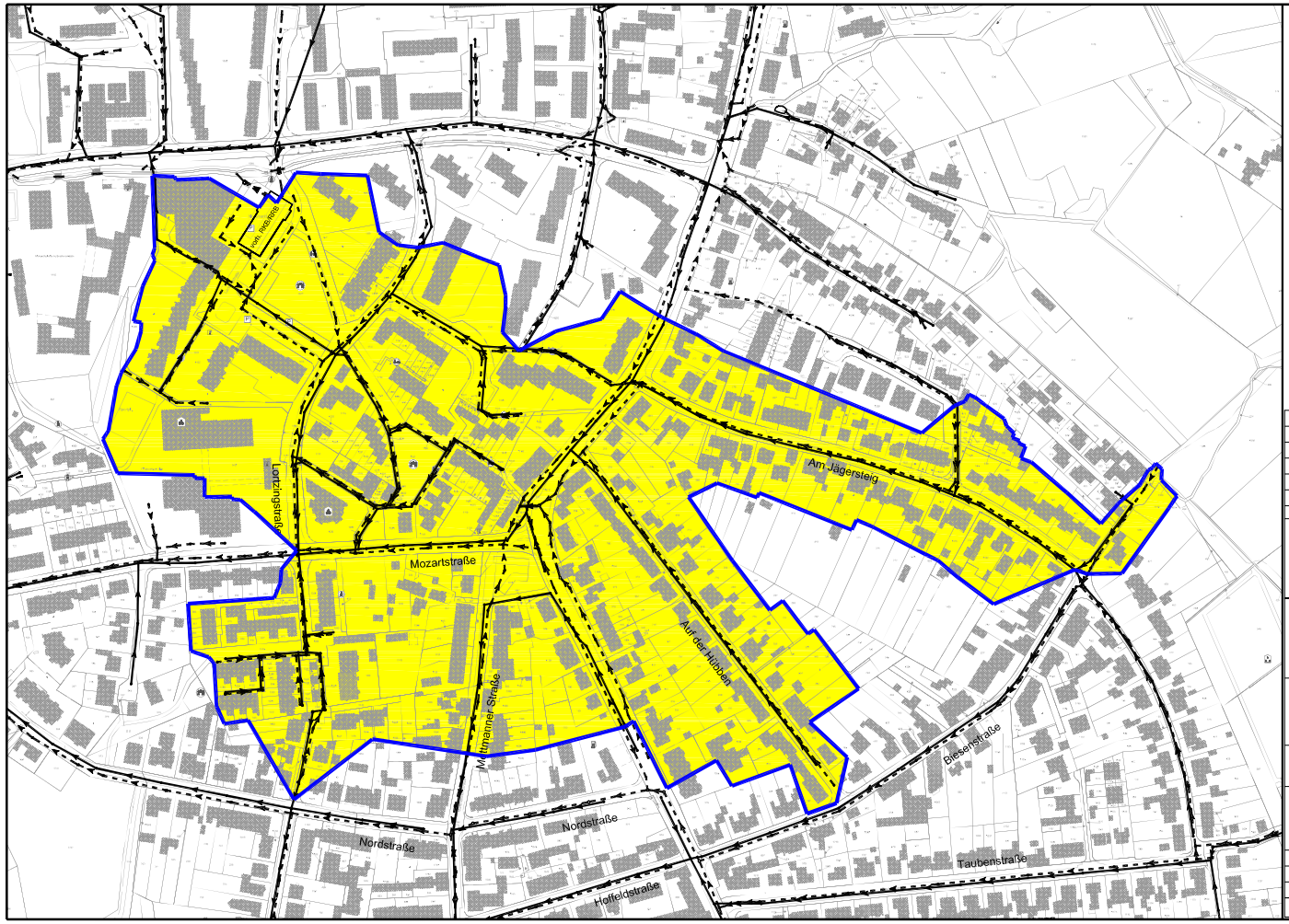
Stehen Mittel aus entsprechenden Programmen des Landes, Bundes oder der EU zur Verfügung? (ja/nein)	ja	nein **X**
Freiwillige wiederkehrende Maßnahmen sind auf drei Jahre befristet. Die Befristung endet am: (Monat/Jahr)		
Wurde die Zuschussgewährung Dritter durch den Antragsteller geprüft – siehe SV?	ja **X**	nein

Finanzierung/Vermerk Kämmerer

Die sich gegenüber dem Haushaltsplanentwurf 2024 ergebenden Veränderungen sind in der Änderungsliste der Verwaltung enthalten.

Gez. Stuhlträger

Anlage 1
SV 66/097



Legende:

N

Einzugsgebiet der RW-Behandlungsanlage

Fließrichtungspfeil

Entwässerungsverfahren:

- vorh. Regenwasserkanal
- vorh. Schmutzwasserkanal
- vorh. Mischwasserkanal
- vorh. Druckrohrleitung

NR.	ÄNDERUNG	DATUM	NAME

AUFTRAGGEBER

Stadt Hilden
Tiefbau- und Grünflächenamt

AUFTRAGNEHMER

DW-Ingenieure GmbH
Westicker Straße 30, 59174 Kamen
Tel.: 02307/9937-3 Fax: 9937-44

PROJEKT

Betriebsanleitung
Regenklärbecken/Regenrückhaltebecken
Lortzingstraße

TITEL

Übersichtsplan

DATUM
Kamen, März 2019

DATUM

BAUHERR

	GEZ.	BEARB.	GEPR.	MAßSTAB	ANLAGE	BLATT
NAME	BO			1: 2500	8	1
DATUM	20.03.2019					

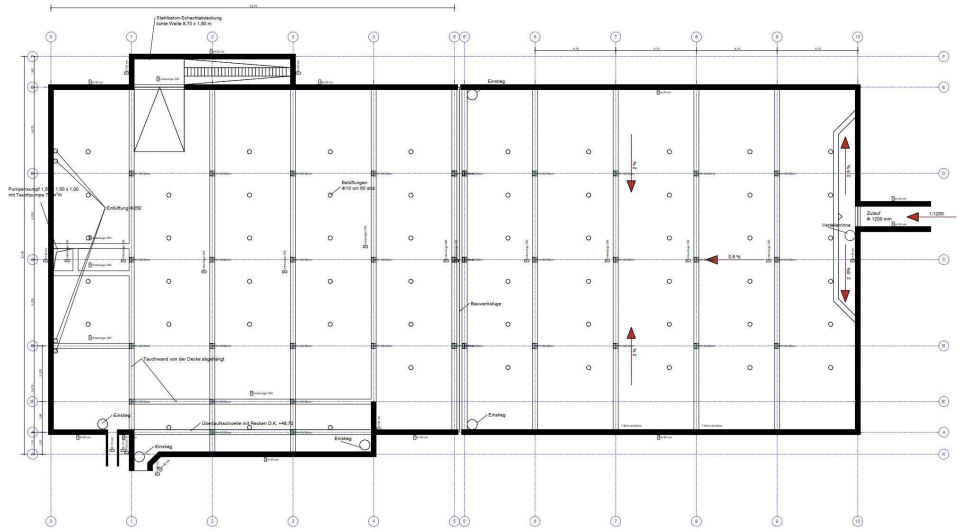
Stadt Hilden
Tiefbau- und Grünflächenamt
Fischer TEAMPLAN Ing-Büro GmbH

Teil-BW **RRB LO 0 (Lortzingstr.)**
Straße
Bw-Amt **Tiefbau- und Grünflächenamt**
AM/SM **Bauhof der Stadt Hilden**

Prüfbericht 2021 H

nach DIN 1076

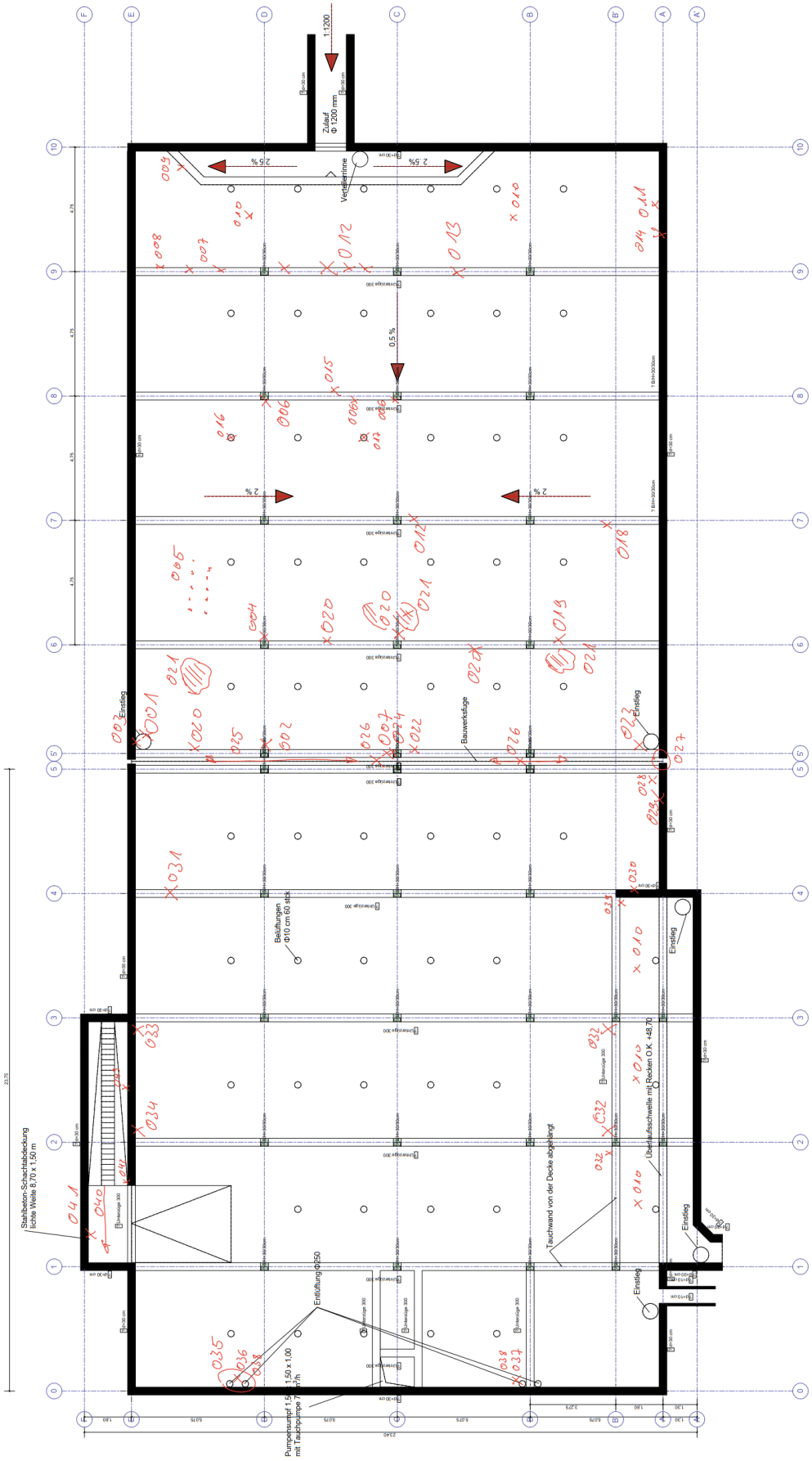
Bauwerksname	**RRB RKB Lortzingstraße**
Teilbauwerksname	**RRB RKB Lortzingstraße**
Kreis	**Mettmann**
Ort	**Stadt Hilden**
Bauwerksrichtung	
Bauwerksart	**Regenrückhalte- und Überlaufbecken**
Tragfähigkeit	
Baujahr	



Prüfrichtung	**von Achse 10 nach Achse 0**
Prüfer	**Dipl.-Ing. Thomas Jelen**
Prüfung vom	**13.10.2021** bis **13.10.2021**

Zustandsnote: 2,8

Schadenskataster



Schadensbeschreibung

Sonst. BW - Regenrückhalte- und Überlaufbecken

[26] S=0, V=0, D=3 BSP-ID 259-03
Sohle, Fugenfüllung der Raumfuge längs, Durchgehend, Nicht funktionsfähig, Achse Nr. 5, Quer durchgehend, Unten

026 NICHT MEHR INTAKTE FUGENABDICHTUNG

[27] S=0, V=0, D=3 BSP-ID 259-03
Außenwand, Fugenfüllung der Raumfuge längs, Durchgehend, Nicht funktionsfähig, Achse Nr. 5, Quer durchgehend, Senkrecht, Schaden infolge unterschiedlicher Setzungen beider Bauwerksteile, Wert 2 mm Unterschied in Achse A

027 NICHT MEHR INTAKTE FUGENABDICHTUNG ACHSE 5

[14] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Außenwand, Beton, Eine Stelle, Fehlstelle, Oben, Achse A, zwischen Achse 10 und 9

014 GROBSTELLE

[34] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Außenwand, Betonersatzsystem, Eine Stelle, Fehlstelle, Achse Nr. 2, Seitenfläche rechts

034 FEHLERHAFTE INSTANDSETZUNG ACHSE 2

[11] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Außenwand, Betonansichtsfläche, An allen Bauteilen, Ausgewaschen, 0,40 m ab Unterkante

011 WASCHBETONSTRUKTUR AUßENWÄNDE UMLAUFEND

Schadensbeschreibung

[33] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Außenwand, Beton, Eine Stelle, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Achse Nr. 3, Oben, Außenwand Achse E

033 BETONAPLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG

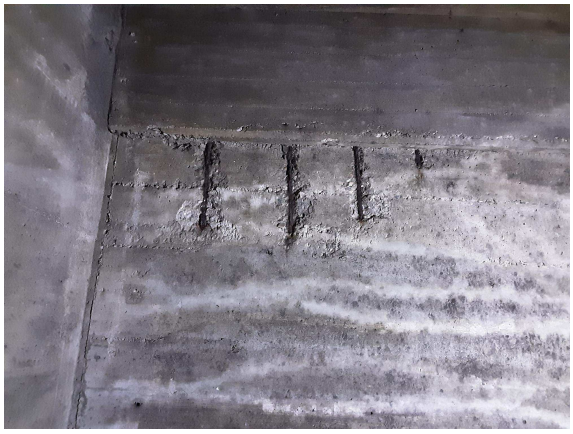
[29] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Außenwand, Beton, Mehrfach, Gerissen und hohl klingend, Oben, Achse A zwischen Achse 4 und 5

029 HOHLSTELLEN MEHRFACH AN AUßENWAND BEWEHRUNG

[43] S=1, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Innenwand, Betonansichtsfläche, Großflächig, Abgelöst, Rechts, Instandsetzung nicht dauerhaft, in Achse E

043 FEHLERHAFTE INSTANDSETZUNG

[30] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Innenwand, Beton, Mehrfach, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Achse Nr. 4, 1-tes Bauteil von links



030 BETONAPLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG ACHSE 4

[32] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Innenwand, Beton, Mehrfach, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Anzahl: 3 Stelle(n), im Innenraum in Achse B', zwischen Achse 1 und 3

032 BETONAPLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG TAUCHWAND

Schadensbeschreibung

[42] S=0, V=0, D=2 BSP-ID 999-99-99
Innenwand, Beton, Eine Stelle, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Rechts, Senkrecht, in Achse E

042 BETONPLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG SCHACHTAUFSTIEG

[39] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Innenwand, Beton, Bereichsweise, Gerissen und hohl klingend, Achse Nr. 4, Oben, im Innenbereich hinter der Tauchwand

039 BETONPLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG TAUCHWAND

[21] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Decke, Betonansichtsfläche, Großflächig, Kiesnest / Grobkornstelle, Achse Nr. 6, zwischen Achse B' und B

021 BETONOBERFLÄCHE FEHLSTELLE

[5] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Decke, Betonansichtsfläche, Punktuell, Rostfahne, Ausführungsfehler / Baumängel, verursacht durch Unterstützungkörbe für die obere Bewehrungslage, die direkt auf der Schalung aufliegen

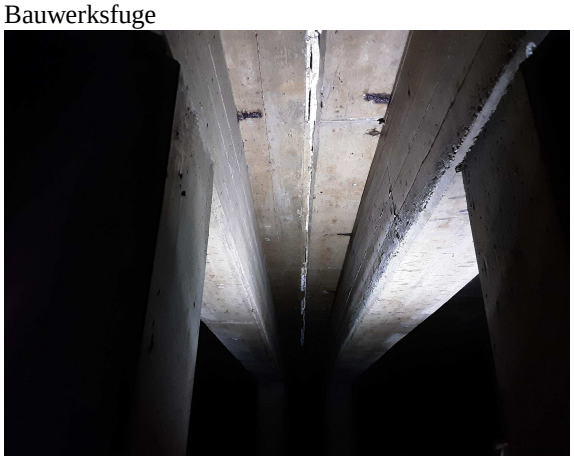
005 PUNKTUELLE KORROSION

[15] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Decke, Beton, Eine Stelle, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Achse Nr. 8, 2-tes Bauteil von rechts

015 BETONABPLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG

Schadensbeschreibung

[25] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Decke, Beton, Zahlreich, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Achse Nr. 5, Unterseite, entlang der Bauwerksfuge



025 BETONABLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHREUNG

[28] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Decke, Beton, Eine Stelle, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Achse Nr. 5, 1-tes Bauteil von links

028 BETONABLATZUG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG ACHSE 5

[36] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Decke, Beton, Eine Stelle, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Achse Nr. 0, Am Ende des Bauwerks, Unterseite, an Achse D

036 BETONPLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG ROHRANBINDUNG

[16] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Deckenöffnung, Betonoberfläche, An allen Bauteilen, Schmutzablagerung

016 ALLE DECKÖFFNUNGEN VERSCHMUTZT

[17] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Deckenöffnung, Betonoberfläche, Eine Stelle, Verstopft, im Feld zwischen Achse 7 und 8, A und B

017 DECKENÖFFNUNG VERSTOPFT VERSCHLOSSEN

Schadensbeschreibung

[23] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Deckenöffnung, Beton, Eine Stelle, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Achse Nr. 5, am Einstieg Achspunkt A5'

023 BETONABLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG ACHSE 5

[19] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Träger / Balken, Beton, Bereichsweise, Kiesnest / Grobkornstelle, Achse Nr. 6, 1-tes Bauteil von links

019 BETONOBERFLÄCHE FEHLSTELLE ACHSE 6

[12] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Träger / Balken, Betonoberfläche, Mehrfach, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Anzahl: 3 Stelle(n), Achse Nr. 9, 2-tes Bauteil von rechts, Unterseite

012 BETONABPLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG ACHSE 9

[18] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Träger / Balken, Beton, Eine Stelle, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Achse Nr. 7, 1-tes Bauteil von links

018 BETONABLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG

[20] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Träger / Balken, Beton, Mehrfach, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Anzahl: 3 Stelle(n), Achse Nr. 6, Achse B bis D in den Seitenflächen

Schadensbeschreibung

020 BETONABPLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG ACHSE 6
[22] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Träger / Balken, Beton, Mehrfach, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Achse Nr. 5, 2-tes Bauteil von links, Achse 5'

031 BETONAPLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG IN LÄNGSRICHTUNG
[6] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Träger / Balken, Beton, Mehrfach, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Anzahl: 3 Stelle(n), Achse Nr. 8, 2-tes Bauteil von rechts

022 BETONABLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG ACHSE 5
[31] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Träger / Balken, Beton, Eine Stelle, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Länge: 28,0 cm, Achse Nr. 4, 1-tes Bauteil von rechts

006 BETONABPLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG ACHSE 8
[7] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Träger / Balken, Beton, Eine Stelle, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, Achse Nr. 9, 1-tes Bauteil von rechts, Unterseite

Schadensbeschreibung

007 BETONABLATZUNG MIT FREILIEGENDER BEWEHRUNG

[13] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Träger / Balken, Beton, Eine Stelle, Gerissen und hohl klingend, Achse Nr. 8, 2-tes Bauteil von links

013 HOHLSTELLE MIT BEGINNENDE KORROSION

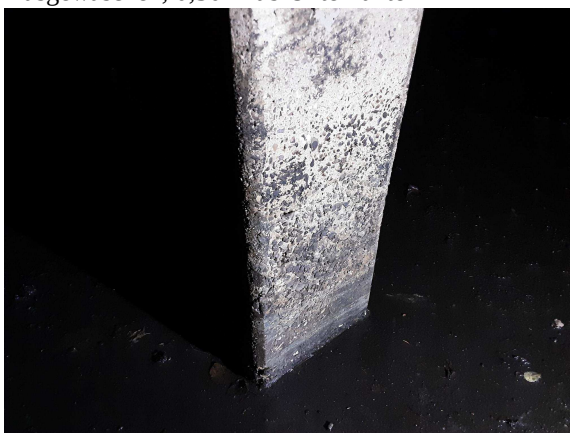
[8] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Träger / Balken, Beton, Eine Stelle, Gerissen und hohl klingend, Achse Nr. 9, 1-tes Bauteil von rechts

008 HOHLSTELLE SEITENFLÄCHE

[2] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Pfeiler, Betonoberfläche, Eine Stelle, Fremdkörpereinschluss, Achse Nr. 5

002 FREMDKÖRPEREINSCHLUSS

[4] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Pfeiler, Betonansichtsfläche, An allen Bauteilen, Ausgewaschen, 0,50 m ab Unterkante



004 WASCHBETONSTRUKTUR OBERFLÄCHE

[24] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 999-99-99
Pfeiler, Beton, Mehrfach, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, 3-tes Bauteil von links, Oben, Achse 5'

024 BETONABLATZUNG STÜTZE FREILIEGENDER BEWEHRUNG ACHSE 5

Schadensbeschreibung

Schutzeinrichtungen

[9] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 237-09
Aussparung / Durchbruch, Wandöffnung der Brüstung, Betonoberfläche, Eine Stelle, Verwittert, Achse Nr. 10, Unten

009 BETONOBERFLÄCHE VERWITTERT

[41] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 237-14
Deckenöffnung, Abdeckplatte, Eine Stelle, Bewachsen

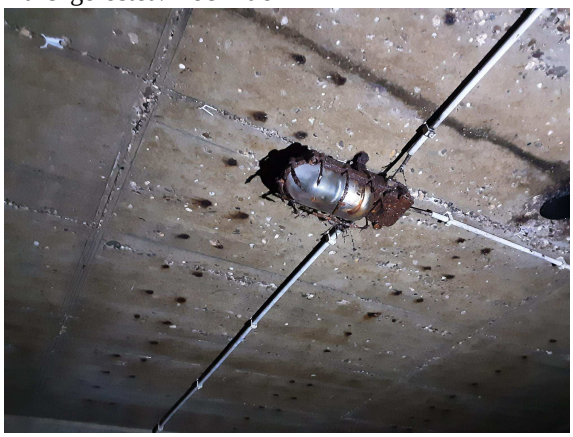
041 WURZELWERK SCHACHTEINSTIEG

Ausstattungen

[1] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 252-16
Deckenöffnung, Abdeckung des Schachtes, Stahl / Metall, Eine Stelle, Verrostet

001 SCHACHTEINSTIEG KORRODIERT

[10] S=0, V=2, D=0 BSP-ID 312-02
Lampenkörper, Stahl / Metall, An allen Bauteilen, Durchgerostet / Lochfraß



010 BELEUCHTUNGSKÖRPER STARK KORRODIERT

[3] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 254-04
Steigeisen, Stahl / Metall, Mehrfach, Angerostet, Achse Nr. 5, Durchgehend

003 EINTIEG KORRODIERT

Schadensbeschreibung

[40] S=0, V=0, D=2 BSP-ID 254-05
Deckenöffnung, Revisionsöffnung, Stahl / Metall, An allen Bauteilen, Verrostet mit Narbenbildung, Unterseite

040 UNTERSEITE DER SCACHTABDECKUNG KORRODIERT

Leitungen

[38] S=0, V=1, D=2 BSP-ID 261-13
Konsole des Rohrs, Eine Stelle, Verrostet, Achse Nr. 0, Am Ende des Bauwerks, Mitte hoch, an Achse B

038 KORRODIERTE BAUWERKSAUSSTATTUNG

[35] S=1, V=0, D=2 BSP-ID 261-01
Schelle des Rohrs, Mehrfach, Verrostet, Achse Nr. 0, Am Ende des Bauwerks, an Achse D

035 KORRODIERTES ROHR UND ROHRSCHELLEN

[37] S=1, V=0, D=2 BSP-ID 261-01
Schelle des Rohrs, Eine Stelle, Verrostet, Achse Nr. 0, Am Ende des Bauwerks, Mitte hoch, an Achse B

037 KORRODIERTE ROHRSCHELLEN

Bewertung

Standsicherheit (max S = 1)

Der Mangel/Schaden beeinträchtigt die Standsicherheit des Bauteils, hat jedoch keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauwerks. Schadensbeseitigung im Rahmen der Bauwerksunterhaltung.

Verkehrssicherheit (max V = 2)

Der Mangel/Schaden beeinträchtigt geringfügig die Verkehrssicherheit;
die Verkehrssicherheit ist jedoch noch gegeben.
Schadensbeseitigung oder Warnhinweis erforderlich.

Dauerhaftigkeit (max D = 3)

Der Mangel/Schaden beeinträchtigt die Dauerhaftigkeit des Bauteils und führt mittelfristig zur Beeinträchtigung der Dauerhaftigkeit des Bauwerks. Eine Schadensausbreitung oder Folgeschädigung anderer Bauteile ist zu erwarten.
Schadensbeseitigung kurzfristig erforderlich.

Zustandsnote: 2,8

Prüfungstext

Zustandsnotenbereich: 2,5 - 2,9 - ausreichender Bauwerkszustand

Das bedeutet nach RI-EBW-PRÜF:

Die Standsicherheit des Bauwerks ist gegeben.

Die Verkehrssicherheit des Bauwerks kann beeinträchtigt sein.

Die Standsicherheit und/oder Dauerhaftigkeit mindestens einer Bauteilgruppe können beeinträchtigt sein.

Die Dauerhaftigkeit des Bauwerks kann beeinträchtigt sein. Eine Schadensausbreitung oder Folgeschädigung des Bauwerks, die mittelfristig zu erheblichen Standsicherheits- und/oder Verkehrssicherheitsbeeinträchtigungen oder erhöhtem Verschleiß führt, ist dann zu erwarten.

Laufende Unterhaltung erforderlich.

Kurzfristig Instandsetzung erforderlich.

Maßnahmen zur Schadensbeseitigung oder Warnhinweise zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit können kurzfristig erforderlich sein.

Erftstadt, 13.10.2021

[redacted]

(Dipl.-Ing. Thomas F. Jelen; Zert.-Nr. R0531)

VEREIN DER INGENIEURE DER BAUWERKSPRÜFUNG
Dipl.-Ing. Thomas Franz Jelen
VFIB
Zertifikats-Nr. R0531

Anlage 3
SV 66/097

Hilden

Regenklär- und Regenrückhaltebecken Lortzingstraße

Auswertung von Bauwerksuntersuchungen und Instandsetzungskonzept

Erläuterungsbericht

FISCHER TEAMPLAN

Im Auftrag der

Stadtverwaltung Hilden

Tiefbau- und Grünflächenamt

bearbeitet durch

Fischer Teamplan Ingenieurbüro GmbH, Josef-Lammerting-Allee 25, 50933 Köln

[redacted]

João Lobão, M.Sc.

[redacted]

Yannick Baldus, M.Eng.

Köln, im August 2023

© Fischer Teamplan Ingenieurbüro GmbH

INHALTSVERZEICHNIS

1.	**Veranlassung und Aufgabenstellung**	**2**
2.	**Herangehensweise**	**3**
3.	**Planunterlagen / Berichte / Literatur**	**3**
3.1.	Bauwerksunterlagen	3
3.2.	Prüfungs- und Untersuchungsberichte	4
3.3.	Literatur	4
4.	**Bauwerksbeschreibung**	**5**
5.	**Feststellung des Ist-Zustandes**	**7**
5.1.	Bauwerksaußenseite	7
5.2.	Bauwerksinnenseite	7
5.2.1.	Bauwerksprüfung	7
5.2.1.1.	Erste Begehung	7
5.2.1.2.	Zweite Begehung	18
5.2.1.3.	Schlussfolgerungen	21
5.2.2.	Bauwerksuntersuchungen	22
5.2.2.1.	Ersteinschätzung	22
5.2.2.2.	Weitere Untersuchungen	41
5.2.2.3.	Schlussfolgerungen	45
6.	**Einstufung der Einwirkungen aus der Umgebung und dem Untergrund**	**47**
6.1.	Einwirkungen aus der Umgebung	47
6.1.1.	Bauwerksaußenseite	47
6.1.2.	Bauwerksinnenseite	48
6.1.2.1.	Unterhalb der Wasserwechselzone	48
6.1.2.2.	Oberhalb der Wasserwechselzone	48
6.2.	Einwirkungen aus dem Untergrund	49
6.2.1.1.	Unterhalb der Wasserwechselzone	49
6.2.1.2.	Oberhalb der Wasserwechselzone	49
7.	**Einstufung in Altbetonklasse**	**50**
8.	**Vergleich Ist-Zustand / Mindest-Sollzustand, vorhandene Restnutzungsdauer und geplante Restnutzungsdauer**	**51**
8.1.	Vergleich Ist-Zustand / Mindest-Sollzustand	52
8.2.	Prognose für die vorhandene Restnutzungsdauer (Δt_{vorh})	52
8.2.1.	Betonkorrosion	52
8.2.2.	Bewehrungskorrosion	52
8.2.3.	Vorhandene Schäden	54

8.2.4.	Zusammenfassung	54
8.3.	Festlegung der geplanten Restnutzungsdauer (Δt_{plan})	55
9.	**Instandsetzungsplanung**	**56**
9.1.	Allgemeines	56
9.2.	Bauablauf	56
9.3.	Betonabtrag	57
9.3.1.	Bodenplatten	57
9.3.2.	Wände und Stützen	57
9.3.3.	Träger und Deckenplatten	58
9.4.	Instandsetzungsmaßnahmen zur Erzielung geplanten Restnutzungsdauer	59
9.4.1.	Instandsetzung der Hohlräume	59
9.4.1.1.	Kleine Hohlräume (w < 25 mm)	59
9.4.1.2.	Größere Hohlräume (w ≥ 25 mm)	66
9.4.2.	Querschnittsergänzung und Reprofilierung	66
9.4.2.1.	Dicke der Ergänzung mit Betonersatz	69
9.4.2.2.	Geeignete Produkte/Systeme	73
9.4.2.3.	Anforderungen an die Betondeckung	76
9.4.2.4.	Indikative Mindestfestigkeit des Betonersatzes	78
9.4.2.5.	Anforderungen an den Betonuntergrund	79
9.4.2.6.	Anforderungen an den Betonersatz	81
9.4.2.7.	Witterungsbedingungen	87
9.4.2.8.	Temperatur des Betonuntergrundes und der unmittelbar überlagernden Luftschicht	87
9.4.2.9.	Erschütterungen	88
9.4.2.10.	Bemessung der Vorsatzschale	88
9.4.3.	Bauwerksfugen	89
9.4.3.1.	Geeignete Produkte/Systeme	90
9.4.3.2.	Anforderungen an den Füllstoff der Fugen	91
9.4.3.3.	Anforderungen an die Injektionsgeräte	93
9.4.3.4.	Anforderungen an die Packer	93
9.4.4.	Beschichtung / Beschichtungssystem	94
9.4.4.1.	Geeignete Produkte/Systeme	97
9.4.4.2.	Anforderungen an den Untergrund	98
9.4.4.3.	Witterungsbedingungen	99
9.4.4.4.	Temperatur des Betonersatzes und der unmittelbar überlagernden Luftschicht	100
9.4.4.5.	Erschütterungen	100
9.4.4.6.	Anforderungen an die minimale Schichtdicke	100
9.4.4.7.	Anforderung an die Rissüberbrückungsfähigkeit	101

9.4.4.8. Anforderungen an die Beschichtung / das Beschichtungssystem 102
9.4.5. Bauwerksaustattungen 105
9.4.6. Steigbügel 105
10. Zusammenfassung 105
11. Anforderungen an die Qualifikation von ausführenden Unternehmen 106
12. Allgemeine Anforderungen an die zu verwendeten Stoffe und Stoffsysteme 106

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1.1: Auszug aus dem Lageplan 2
Abb. 4.1: Längs- und Querschnitt des RKB/RRBs, Auszug aus den Bauwerksunterlagen 5
Abb. 4.2: Draufsicht des RKB/RRBs, Auszug aus den Bauwerksunterlagen 6
Abb. 5.1: Schadenskataster; Informationen zur Schadensnummer und -beschreibung finden sich in [1] 8
Abb. 5.2: Umlaufende Waschbetonstruktur auf ca. 40 cm Höhe an den Wänden 9
Abb. 5.3: Umlaufende Waschbetonstruktur auf ca. 50 cm Höhe an allen Stützen 9
Abb. 5.4: Fehlende Betondeckung 10
Abb. 5.5: Korrosionsflecken auf der Betonoberfläche 10
Abb. 5.6: Fehlstellen der Betonoberfläche (hier Achse 6) 11
Abb. 5.7: Betonabplatzungen mit freiliegender Bewehrung an der Unterseite des Unterzuges (hier Achse 9) 11
Abb. 5.8: Hohlstellen 12
Abb. 5.9: Betonabplatzungen mit freiliegender Bewehrung 12
Abb. 5.10: Schachteinstieg korrodiert 13
Abb. 5.11: Stahlteile der Schachtabdeckungen der Rampe korrodiert 13
Abb. 5.12: Fehlerhafte Instandsetzungsmaßnahme 14
Abb. 5.13: Betonabplatzungen mit freiliegender Bewehrung 15
Abb. 5.14: Nicht mehr intakte Fugenabdichtung 16
Abb. 5.15: Belüftungsöffnungen verstopft, nicht funktionsfähig 16
Abb. 5.16: Halterung der Beleuchtung korrodiert 17
Abb. 5.17: Rohrbefestigung korrodiert 17
Abb. 5.18: Korrosionsflecken auf der Betonoberfläche 18
Abb. 5.19: Rohrbefestigung korrodiert 19
Abb. 5.20: Halterung der Beleuchtung korrodiert 19
Abb. 5.21: Bauwerksausstattung sehr stark korrodiert 20
Abb. 5.22: Umlaufende Waschbetonstruktur auf ca. 40 cm Höhe an den Wänden 20
Abb. 5.23: Untersuchungsorte, Draufsicht, Auszug aus [2] 23
Abb. 5.24: Untersuchungsorte, Schnitt 1-1, Auszug aus [2] 24
Abb. 5.25: Untersuchungsorte, Schnitt 2-2, Auszug aus [2] 24
Abb. 5.26: Untersuchungsorte, Schnitt 3-3, Auszug aus [2] 24
Abb. 5.27: Untersuchungsorte, Schnitt 4-4, Auszug aus [2] 24
Abb. 5.28: Untersuchungsorte, Schnitt 5-5, Auszug aus [2] 24
Abb. 5.29: Untersuchungsorte, Schnitt 6-6, Auszug aus [2] 25
Abb. 5.30: Untersuchungsorte, Schnitt 7-7, Auszug aus [2] 25
Abb. 5.31: Untersuchungsorte, Schnitt 8-8, Auszug aus [2] 25
Abb. 5.32: Untersuchungsorte, Schnitt 9-9, Auszug aus [2] 25

Abb. 5.33: Hochstzulassiger Chloridgehalt von Beton, Auszug aus DIN 1045-2:2008 31

Abb. 5.34: Mikroskopischen Analyse des Betongefüges (Stelle mit hohem Sulfatgehalt), Auszüge aus [3] 42

Abb. 5.35: Festigkeits- und Formänderungskennwerte für Beton, Auszug aus DIN EN 1992-1-1:2004 43

Abb. 5.36: Idealisiertes Spannungs-Dehnungs-Verhältnis des Betons 44

Abb. 5.37: Zeitintervalle zur Bewertung der Restlebensdauer eines Bauwerks auf der Grundlage der Korrosion der Bewehrung, [8] 45

Abb. 6.1: Einwirkung aus der Umgebung, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 47

Abb. 6.2: Einwirkung aus dem Betonuntergrund, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 49

Abb. 7.1: Einordnung des Altbetons im Bereich der Instandsetzungsebene, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 50

Abb. 8.1: Zustands-Zeit-Diagramm mit einem möglichen Ist-Zustandsverlauf der durch Instandhaltungsmaßnahmen beeinflusst wird, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 51

Abb. 8.2: Karbonatisierungstiefe über die Zeit in Jahren auf Grundlage der maximalen ermittelten Karbonatisierungstiefe (in der Unterseite der Deckenplatten und Trägern), Betondeckung (kleinster ermittelter Wert in den Deckenplatten und Trägern) 53

Abb. 9.1: Schematische Darstellung der Instandsetzungsmaßnahmen von kleinen Hohlräumen 60

Abb. 9.2: Anforderungen an den Bestandsteile des Füllstoffes der Hohlräume, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 61

Abb. 9.3: Anforderungen an dem nicht erhärteten und erhärteten Füllstoff der Hohlräume, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 61

Abb. 9.4: Anforderungen an dem nicht erhärteten und erhärteten Füllstoff der Hohlräume (Fortsetzung), Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 62

Abb. 9.5: Anordnung der Klepacker, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 64

Abb. 9.6: Anordnung der Bohrpacker, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 65

Abb. 9.7: Schematische Darstellung der Erhöhung bzw. Teilersatz der Betondeckung mit zusätzlichem Mörtel oder Beton 67

Abb. 9.8: Schematische Darstellung des Ersatzes von karbonatisiertem Beton 68

Abb. 9.9: Schematische Darstellung der Ergänzung mit Betonersatz – Wände und Stützen 70

Abb. 9.10: Schematische Darstellung der Ergänzung mit Betonersatz – Träger und Deckenplatten 72

Abb. 9.11: Indikative Mindestfestigkeitsklassen, Auszug aus DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 78

Abb. 9.12: Anforderungen an die Rauheit des Betonuntergrundes bei Adhäsionsverbund, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 79

Abb. 9.13: Rautiefeklassen, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 79

Abb. 9.14: Anforderungen an die Oberflächenzugfestigkeiten, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 80

Abb. 9.15: Anforderungen an die Ausgangsstoffe des RC-A4, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 81

Abb. 9.16: Anforderungen an den RC-A4, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 81

Abb. 9.17: Anforderungen an den RC-A4 (Fortsetzung), Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 82

Abb. 9.18: Anforderungen an den RC-A4 (Fortsetzung), Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 83

Abb. 9.19: Anforderungen an die Ausgangsstoffe des SRC-A4, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 83

Abb. 9.20: Anforderungen an den SRC-A4, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 84

Abb. 9.21: Anforderungen an den SRC-A4 (Fortsetzung), Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 85

Abb. 9.22: Anforderungen an den SRC-A4 (Fortsetzung), Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 86

Abb. 9.23: Witterungsbedingungen, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 87

Abb. 9.24: Grenztemperaturen des Betonuntergrundes und der unmittelbar überlagernden Luftschicht, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 87

Abb. 9.25: Schematische Darstellung der Instandsetzungsmaßnahmen von Bauwerksfugen 90

Abb. 9.26: Anforderungen an den Bestandsteile des Füllstoffes der Fugen, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 91

Abb. 9.27: Anforderungen an dem nicht erhärteten und erhärteten Füllstoff der Fugen, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 92

Abb. 9.28: Anforderungen an dem nicht erhärteten und erhärteten Füllstoff der Fugen (Fortsetzung), Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 93

Abb. 9.29: Schematische Darstellung der Bedingungen für das Verfahren „Beschichtung“ – Bodenplatten, Wände und Stützen 95

Abb. 9.30: Schematische Darstellung der Bedingungen für das Verfahren „Beschichtung“ – Träger und Deckenplatten 96

Abb. 9.31: Anforderungen an die Oberflächenzugfestigkeiten, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 98

Abb. 9.32: Anforderungen an die Rauheit des Untergrundes bei Adhäsionsverbund, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 98

Abb. 9.33: Rautiefeklassen, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 98

Abb. 9.34: Witterungsbedingungen, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 99

Abb. 9.35: Grenztemperaturen des Betonersatzes und der unmittelbar überlagernden Luftschicht, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 100

Abb. 9.36: Mindestschichtdicken $d_{min,S}$ der hauptsächlich wirksamen Oberflächenschutzschicht (hwO) für Oberflächenschutzsysteme, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 100

Abb. 9.37: Anforderungen an den Bestandsteile des Oberflächenschutzsystems, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 102

Abb. 9.38: Anforderungen am frischen Gemisch und Festmörtel des Oberflächenschutzsystems, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 103

Abb. 9.39: Anforderungen an dem Oberflächenschutzsystems, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020 104

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 5.1: Lage der Probenahmestellen 26
Tabelle 5.2: Betondeckungen, Auszug aus [2] 27
Tabelle 5.3: Karbonatisierungstiefen, Auszug aus [2] 29
Tabelle 5.4: Chloridgehalte, Auszug aus [2] 30
Tabelle 5.5: Sulfatgehalte, Ergebnisse aus [2] 32
Tabelle 5.6: Verteilung in Bereiche auf der Grundlage des Sulfatgehalts 34
Tabelle 5.7: Nitratgehalte, Ergebnisse aus [2] 35
Tabelle 5.8: Druckfestigkeit des Bauwerksbetons, Auszug aus [2] 37
Tabelle 5.9: Charakteristische Druckfestigkeit des Bauwerksbetons 38
Tabelle 5.10: Rohdichte des Bauwerksbetons, Auszug aus [2] 39
Tabelle 5.11: Oberflächenzugfestigkeit des Bauwerksbetons, Ergebnisse aus [2] 40
Tabelle 5.12: E-Modul des Bauwerksbetons, Auszüge aus [3] 43

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Stadt Hilden betreibt das Regenklär- und Regenrückhaltebecken Lortzingstraße. Das im Jahr 1978 gebaute unterirdische Becken aus Stahlbeton hat die Funktion, das verschmutzte Regenwasser bei starken Regenereignissen zu halten.

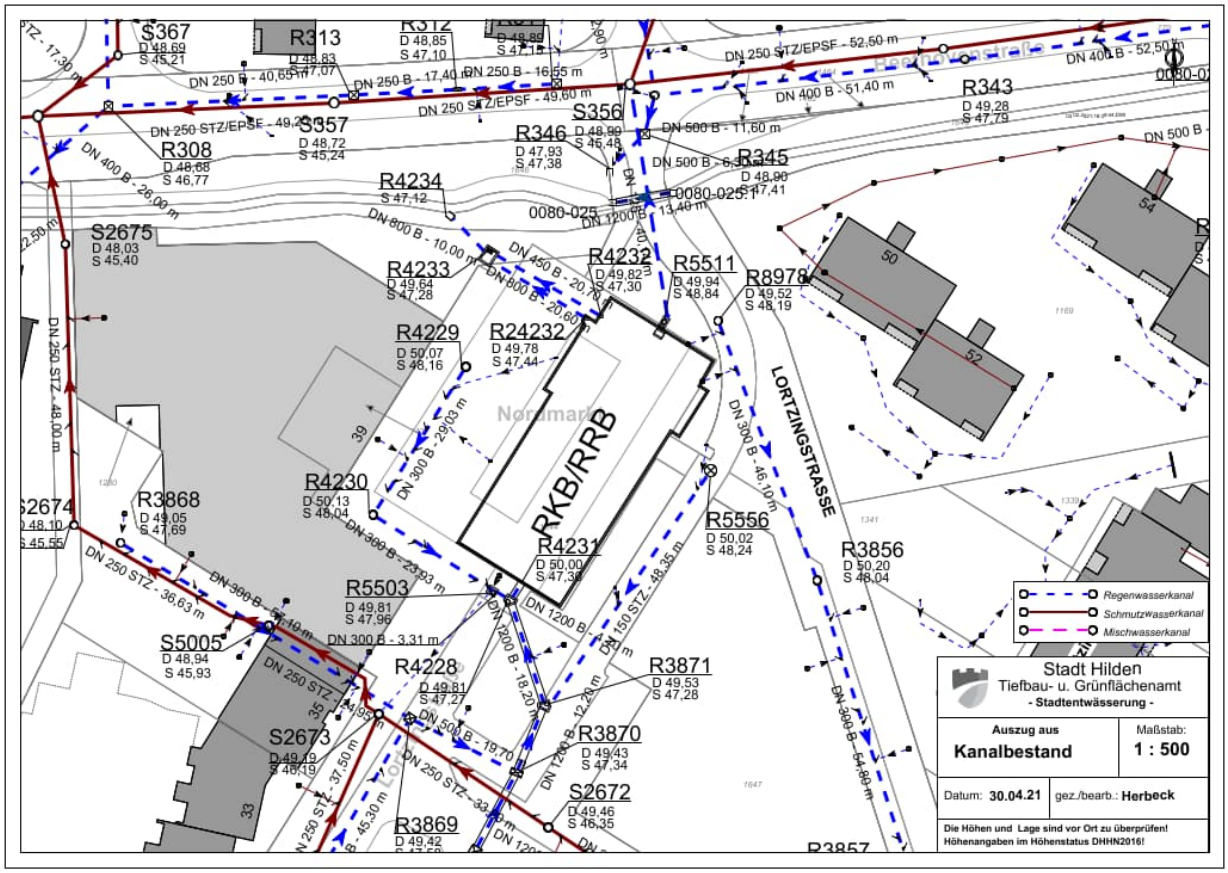


Abb. 1.1: Auszug aus dem Lageplan

Da die Lebens- und Nutzungsdauer des Bauwerks bald 50 Jahre erreicht hat, soll die Notwendigkeit von Instandsetzungsmaßnahmen auf der Grundlage des Vergleichs, zwischen dem Ist- und dem Mindest-Soll-Zustand, beurteilt werden.

2. Herangehensweise

Das Bauwerk wurde am 13.10.2021 nach DIN 1076 handnah geprüft (Hauptprüfung). Hierbei wurden verschiedene Schäden festgestellt.

Im weiteren Schritt wurde ein Untersuchungsprogramm aufgestellt und dieses durch das Unternehmen Finette + Schönborn ausgeführt.

Die Untersuchungen hatte zum Zweck, die Eigenschaften des Bauwerksbetons, die Schadstoffmenge im Bauwerksbeton sowie die Betondeckung und Bewehrungsmenge der verschiedenen Bauteile zu bestimmen.

Anhand der Auswertung der Ergebnisse der Bauwerksuntersuchung und die Erkenntnisse der Hauptprüfung wurde der Ist-Zustand des Bauwerks ermittelt.

Auf der Grundlage der geplanten Restnutzungsdauer des Bauwerks und unter der Prämisse, dass der Ist-Zustand des Bauwerks innerhalb dieses Zeitraums über dem Mindest-Sollzustand liegen soll, wurden Instandsetzungsmaßnahmen und Handlungsempfehlungen im Rahmen des vorliegenden Berichtes erarbeitet.

3. Planunterlagen / Berichte / Literatur

Bei der Erstellung dieses Berichts wurden folgende Unterlagen herangezogen:

3.1. Bauwerksunterlagen

- Lageplan, Franz Fischer Ingenieurbüro,
- Bauwerkspläne der Stadt Hilden aus dem Jahr 1978,
- Bewehrungspläne vom Ingenieurbüro für Bauwesen – Dipl.-Ing. Manfred Decker und Dipl.-Ing. H.-J. Nagelschmidt, Wuppertal aus dem Jahr 1977.

3.2. Prüfungs- und Untersuchungsberichte

- [1] Prüfbericht 2021 H nach DIN 1076 vom 13.10.2021, Fischer Teamplan Ingenieurbüro,
- [2] BV: 1315-027; Instandsetzung RRB/RKB Lortzingstraße, 40724 Hilden, Stichprobenhafte betontechnologische Bauwerksuntersuchung, Prüfbericht-Nr. 832, Stand 25.11.2022, Finette + Schönborn - Ingenieurbüro für Betontechnologie und Bauwerksuntersuchung,
- [3] BV: 1315-027; Instandsetzung RRB/RKB Lortzingstraße, 40724 Hilden, Stichprobenhafte betontechnologische Bauwerksuntersuchung, Prüfbericht-Nr. 478, Stand 09.08.2023, Finette + Schönborn - Ingenieurbüro für Betontechnologie und Bauwerksuntersuchung.

3.3. Literatur

- [4] Bargmann, Historische Bautabellen, Normen und Konstruktionshinweise 1870-1960, 5. Auflage,
- [5] Fingerloos, Historische technische Regelwerke für den Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau, 2. Auflage,
- [6] Endbericht zum Forschungsprojekt „Ermittlung des kritischen Sulfatgehaltes von Beton“ (FFG Projekt 839199), Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft; Autoren: J. Tritthart, F. Mittermayr, D.Klammer, A. Saxer; August 2014,
- [7] Forschungsbericht „Schädigungspotential infolge erhöhtem Sulfatgehalt bei Verwendung alkalifreier Erstarrungsbeschleuniger“, T 3156; Frauenhofer IRB Verlag; Autoren: Prof. Dr.-Ing. R. Breitenbücher, Prof. Dr.-Ing. habil. J. Stark, Dipl.-Ing. B. Siebert, Dr.rer.nat.P.Nobst; 2008,
- [8] Tuuti, K., Corrosion of Steel in Concrete, 1982,
- [9] Pepenar, I., An overview of nitrates-induced corrosion of reinforced concrete structures: case studies, laboratory investigations and corrosion mechanisms, Civil and Environmental Research, Vol.5 2013 Special Issue for International Congress on Materials & Structural Stability, Rabat, Morocco, 2013,
- [10] Levtchitch, V., Kvasha, V., Boussalis, H., Chassiakos, A., Kosmatopoulos, E., Seismic Performance Capacities of Old Concrete, Paper No. 2182, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, 2004,
- [11] Hohmann, Reinner, Fugenabdichtung bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton, 2. Auflage.

4. Bauwerksbeschreibung

Das RKB/RRB Lortzingstraße ist aus dem Jahr 1978 in Stahlbetonbauweise errichtet worden. Die Außenabmessungen betragen ca. 47 m x 20 m x 2,5 m und im Inneren des Bauwerks befinden sich Stützen mit den Abmessungen 30x30cm (in einem Raster von 4,75m). In Querrichtung des Bauwerks verlaufen Unterzüge mit einer Höhe von insgesamt 70 cm (inklusive der Decke mit 27 cm). Unter den Stützen befinden sich Einzelfundamente.

Im nordwestlichen Bereich befindet sich der Drossel- bzw. der Notablauf. Um Schwimmstoffe abzuhalten sind diese beiden Abläufe von einer Tauchwand umschlossen.

Die Deckenoberseite sowie die Sohle sind geneigt. Die Deckenoberseite liegt bei ca. 50 m NHN und die Sohle liegt bei ca. 46,75 m NHN. Am nördlichen Ende des Bauwerks befindet sich ein Pumpensumpf.

Auszüge aus den Bauwerksunterlagen sind in den *Abb.4.1* und *Abb. 4.2* zu sehen.

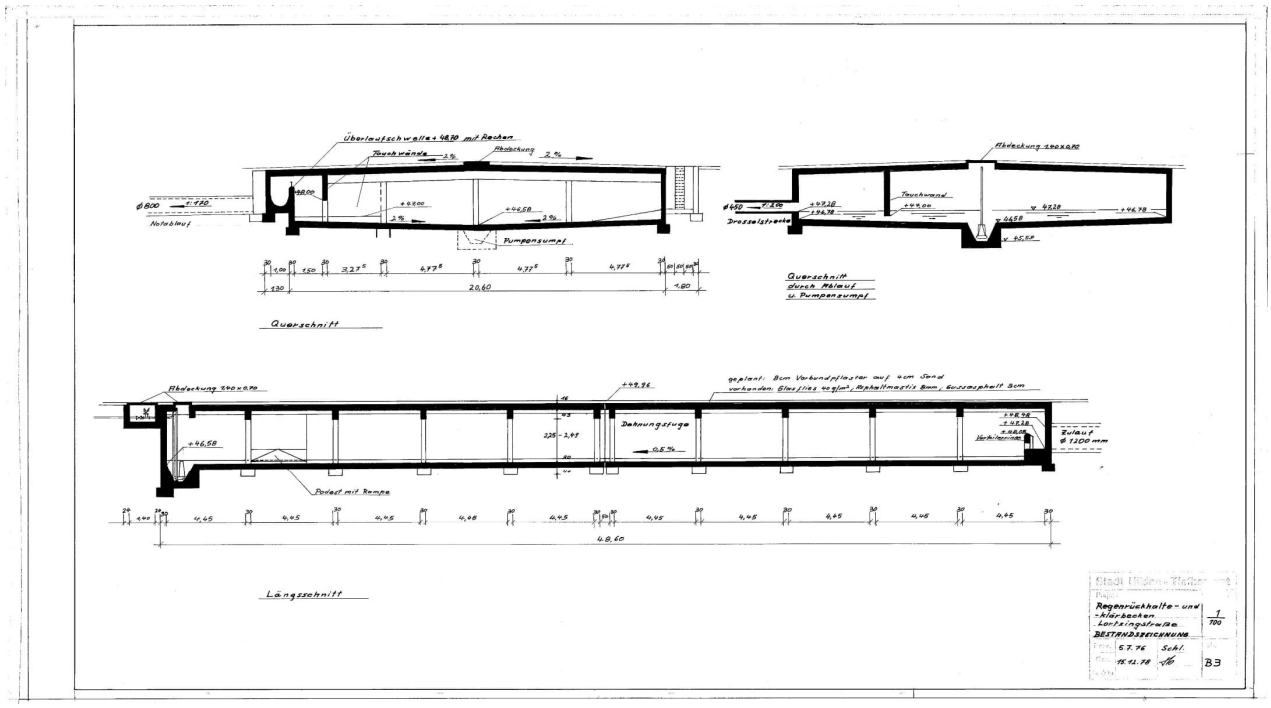


Abb. 4.1: Längs- und Querschnitt des RKB/RRBs, Auszug aus den Bauwerksunterlagen

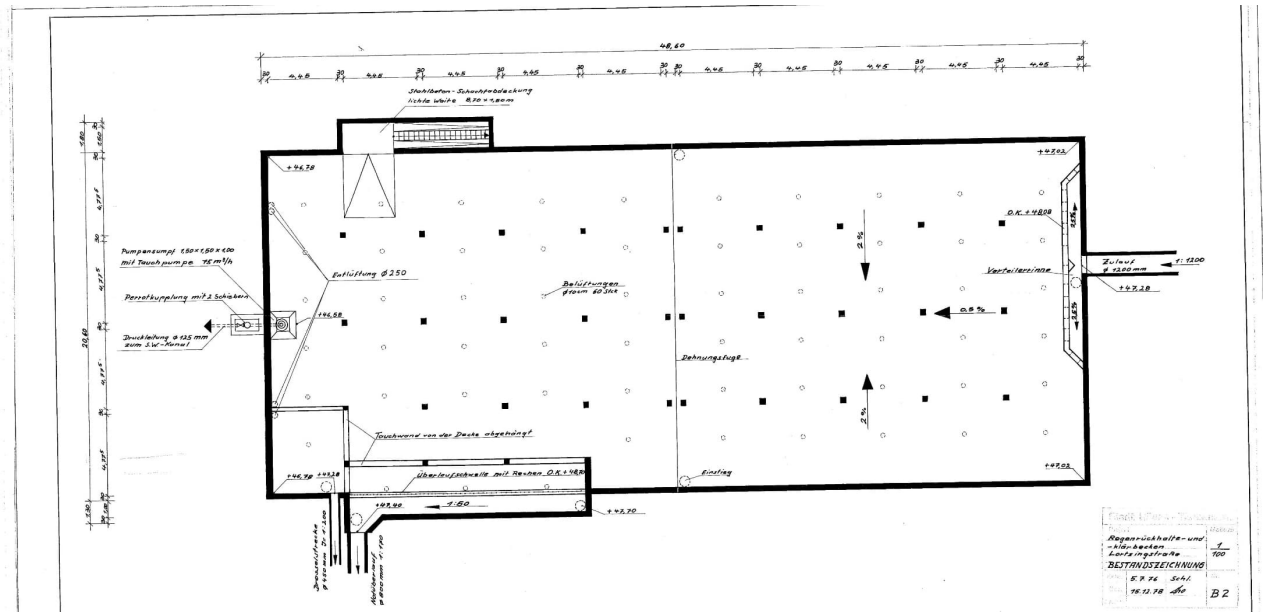


Abb. 4.2: Draufsicht des RKB/RRBs, Auszug aus den Bauwerksunterlagen

Alle Betonoberflächen im inneren des Bauwerks sind nicht bekleidet oder beschichtet.

Gemäß den vorliegenden Unterlagen wurden folgende Baustoffe verwendet:

- Beton Bn 250 bzw. Bn 350
- Betonstahl III k, IV R
- Formstahl St. 37

Die angegebenen Baustoffe geben Rückschluss darauf, dass das Bauwerk nach der DIN 1045:1972-01 bemessen worden ist.

Zum Zeitpunkt der Feststellung des Ist-Zustandes im Jahr 2022 weist das Bauwerk ein Alter (bezogen auf des Jahr 1978) von ca. 44 Jahren auf.

5. Feststellung des Ist-Zustandes

5.1. Bauwerksaußenseite

Oberhalb des Bauwerks befindet sich ein gepflasteter Parkplatz. Schadstoffbelastete Medien werden über die versiegelte Fläche direkt in den Kanal eingeleitet und kommen nicht mit der Bauwerksaußenseite in Kontakt. Des Weiteren ist das Bauwerk vollständig im Erdreich eingebettet und schädigende Prozesse, wie z.B. Karbonatisierung, schreiten langsamer voran als bei frei bewitterten Bauteilen. Eine umfassende Begutachtung der Außenseite ist zum derzeitigen Zeitpunkt daher nicht notwendig und ist nicht Bestandteil des vorliegenden Berichts.

5.2. Bauwerksinnenseite

5.2.1. Bauwerksprüfung

5.2.1.1. Erste Begehung

Das Becken wurde am 13.10.2021 durch einen Ingenieur der Bauwerksprüfung begangen und die frei zugänglichen Bauwerksteile handnah geprüft (Hauptprüfung).

Die Ergebnisse wurden nach der aktuellen Fassung der Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (kurz: RI-EBW-PRUEF) 02/2017 bewertet. Die Bewertung der Ergebnisse der Bauwerksprüfung ist die Zustandsnote **2,8** und entspricht für einen **ausreichenden Bauwerkszustand**.

Festgestellte Schäden und Befunde wurden in einem Bericht ([1]) festgehalten.

Die vorgefundenen Schäden werden getrennt nach folgenden Bereichen aufgeführt:

- Allgemeiner Innenbereich,
- Nördliches Bauwerk,
- Südliches Bauwerk,
- Schachteinstieg und Einstieg mit Rampe,
- Ablauf mit Tauchwand,
- Bauwerksfuge und Bauwerksausstattung.

Folgend werden die markanten Bauwerksschäden dargestellt.

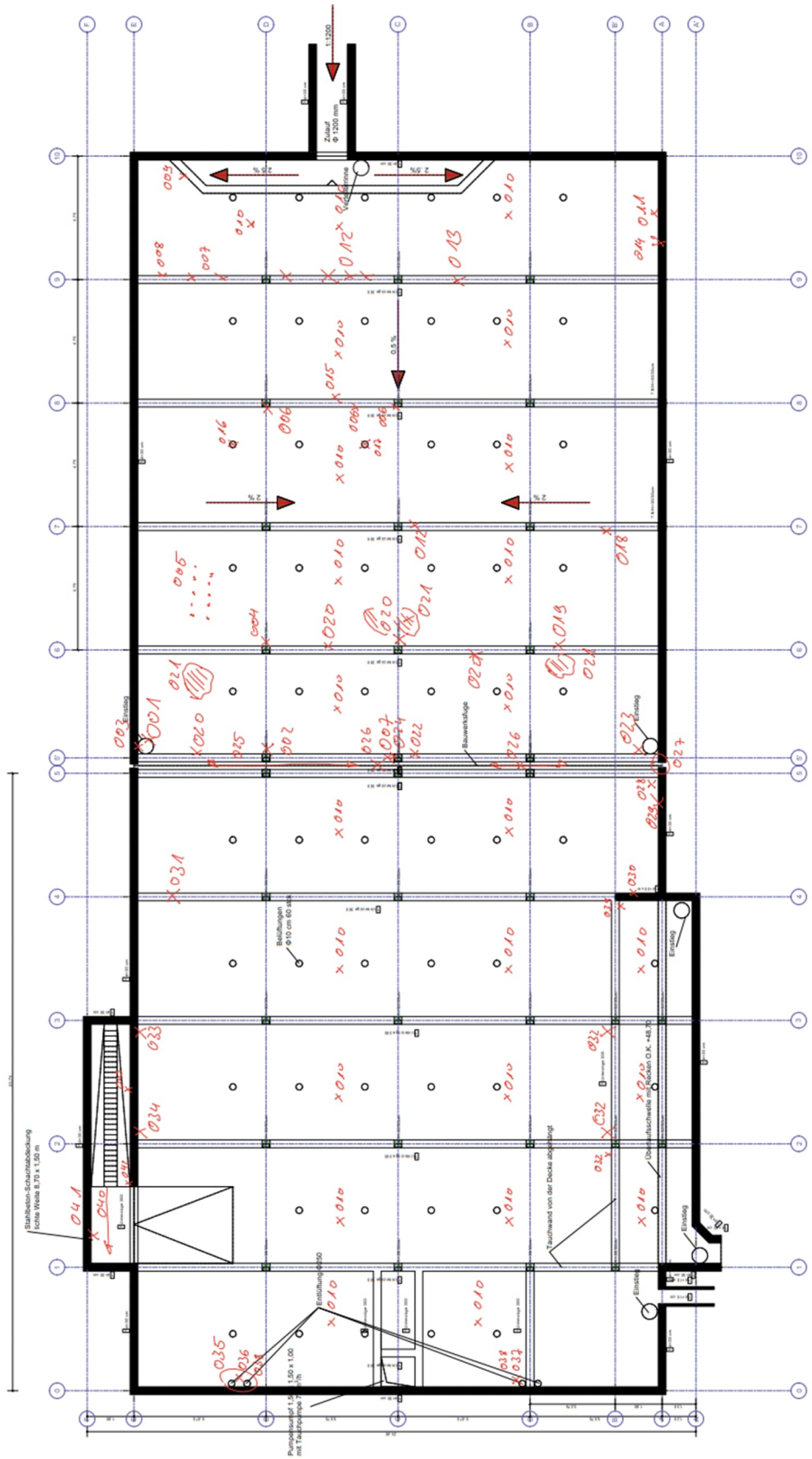


Abb. 5.1: Schadenskataster; Informationen zur Schadensnummer und -beschreibung finden sich in [1]

5.2.1.1.1. Allgemeiner Innenbereich

Abb. 5.2: Umlaufende Waschbetonstruktur auf ca. 40 cm Höhe an den Wänden

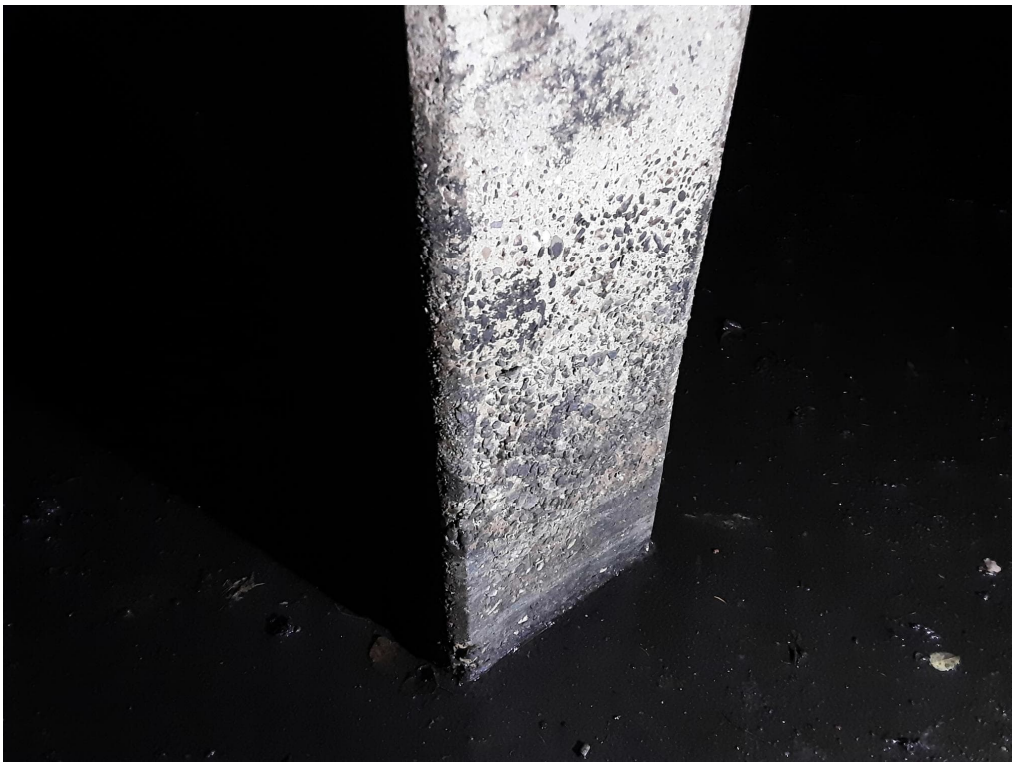


Abb. 5.3: Umlaufende Waschbetonstruktur auf ca. 50 cm Höhe an allen Stützen

Abb. 5.4: Fehlende Betondeckung

Abb. 5.5: Korrosionsflecken auf der Betonoberfläche

5.2.1.1.2. Nördlicher Bauwerksteil

Abb. 5.6: Fehlstellen der Betonoberfläche (hier Achse 6)

Abb. 5.7: Betonabplatzungen mit freiliegender Bewehrung an der Unterseite des Unterzuges (hier Achse 9)

5.2.1.1.3. Südlicher Bauwerksteil

Abb. 5.8: Hohlstellen

Abb. 5.9: Betonabplatzungen mit freiliegender Bewehrung

5.2.1.1.4. Schachteinstieg und Einstieg mit Rampe

Abb. 5.10: Schachteinstieg korrodiert

Abb. 5.11: Stahlteile der Schachtabdeckungen der Rampe korrodiert

Abb. 5.12: Fehlerhafte Instandsetzungsmaßnahme

5.2.1.1.5. Ablauf mit Tauchwand

Abb. 5.13: Betonabplatzungen mit freiliegender Bewehrung

5.2.1.1.6. Bauwerksfuge und Bauwerksausstattung

Abb. 5.14: Nicht mehr intakte Fugenabdichtung

Abb. 5.15: Belüftungsöffnungen verstopft, nicht funktionsfähig

Abb. 5.16: Halterung der Beleuchtung korrodiert

Abb. 5.17: Rohrbefestigung korrodiert

5.2.1.2. Zweite Begehung

Die Kammer vor der Drosselstrecke wurde am 14.06.2023 durch einen Ingenieur der Bauwerksprüfung begangen und handnah geprüft.

Folgend werden die markanten Bauwerksschäden dargestellt.

Abb. 5.18: Korrosionsflecken auf der Betonoberfläche

Abb. 5.19: Rohrbefestigung korrodiert

Abb. 5.20: Halterung der Beleuchtung korrodiert

Abb. 5.21: Bauwerksausstattung sehr stark korrodiert

Abb. 5.22: Umlaufende Waschbetonstruktur auf ca. 40 cm Höhe an den Wänden

5.2.1.3. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend wurden folgende Schäden festgestellt, die eine Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit, Dauerhaftigkeit und schlussendlich der Standsicherheit bedeuten:

- Schäden an der Bauwerksausstattung (wie z.B. Steigleiter bzw. Schachteinstiege, Rohrbefestigungen und Beleuchtung);
- Schäden an den Bauwerksfugen;
- Schäden an der Betonoberfläche;
- Hohlstellen;
- Betonabplatzungen mit freiliegender korrodiert Bewehrung;
- Betonkorrosion bis zu einer Höhe von ca. 50 cm ab OK der Bodenplatte.

Diese festgestellten Fehlstellen und Bauteilzustände entsprechen nicht dem geplanten Soll-Zuständen und werden daher in der Instandhaltungsplanung berücksichtigt.

Auf die betreffenden Bauteile wurden folgende Einwirkungen festgestellt:

- Betonabplatzungen / Oberflächenbeschichtung

  Beaufschlagung von CO_2 sowie Feuchtigkeit bzw. Wasserzutritt an nahezu allen Betonoberflächen und somit Betonangriff infolge Karbonatisierung des Betons.

  Beaufschlagung mit dem Medium „Abwasser“ und somit dauerhafte Einwirkungen aus Chloriden und Sulfaten an Bauteilen bis zur Wasserwechselzone (Sohle, Stützen, Wände)

Zur Bestimmung des materiellen Ist-Zustandes wurden Bauwerkuntersuchungen angeordnet und durchgeführt. Auf die durchgeführten Untersuchungen und deren Ergebnisse sowie deren Auswertung wird im Abschnitt 5.2.2. eingegangen.

5.2.2. Bauwerksuntersuchungen

5.2.2.1. Ersteinschätzung

Folgende Bauwerksuntersuchungen wurden als **Ersteinschätzung** durch das Ingenieurbüro Finette + Schönborn durchgeführt:

- Entnahme von Bohrmehlproben zur:
    - Erstellung von Chloridprofilen,
    - Ermittlung von Sulfatgehalten,
    - Ermittlung von Nitratgehalten;
- Entnahme von Bohrkernen zur:
    - Ermittlung der Druckfestigkeit des Bauwerksbetons,
    - Ermittlung der Rohdichte des Bauwerksbetons,
    - Ermittlung der Oberflächenzugfestigkeit des Bauwerksbetons;
- Besprühen mit einer Indikatorlösung an den Bohrkernen zur Ermittlung von Karbonatisierungstiefen;
- Bewehrungsscans zur Ermittlung von Betondeckungen.

Eine detaillierte Beschreibung der Probenahmeverfahren, der Prüfungen vor Ort und im Labor sowie Fotos der Bohrkerne sind im [2] zu finden.

Die erste Probenentnahme wurde vom 05.09. bis zum 07.09.2022 durchgeführt. Eine zweite Beprobung fand am 14.06.2023 statt.

Zur Durchführung der Probenentnahme wurde eine trockene Wetterperiode abgewartet, um ein leeres Becken vorzufinden.

Das Becken wurde zuvor gereinigt.

Die Proben wurden an den nachfolgend aufgeführten Stellen entnommen:

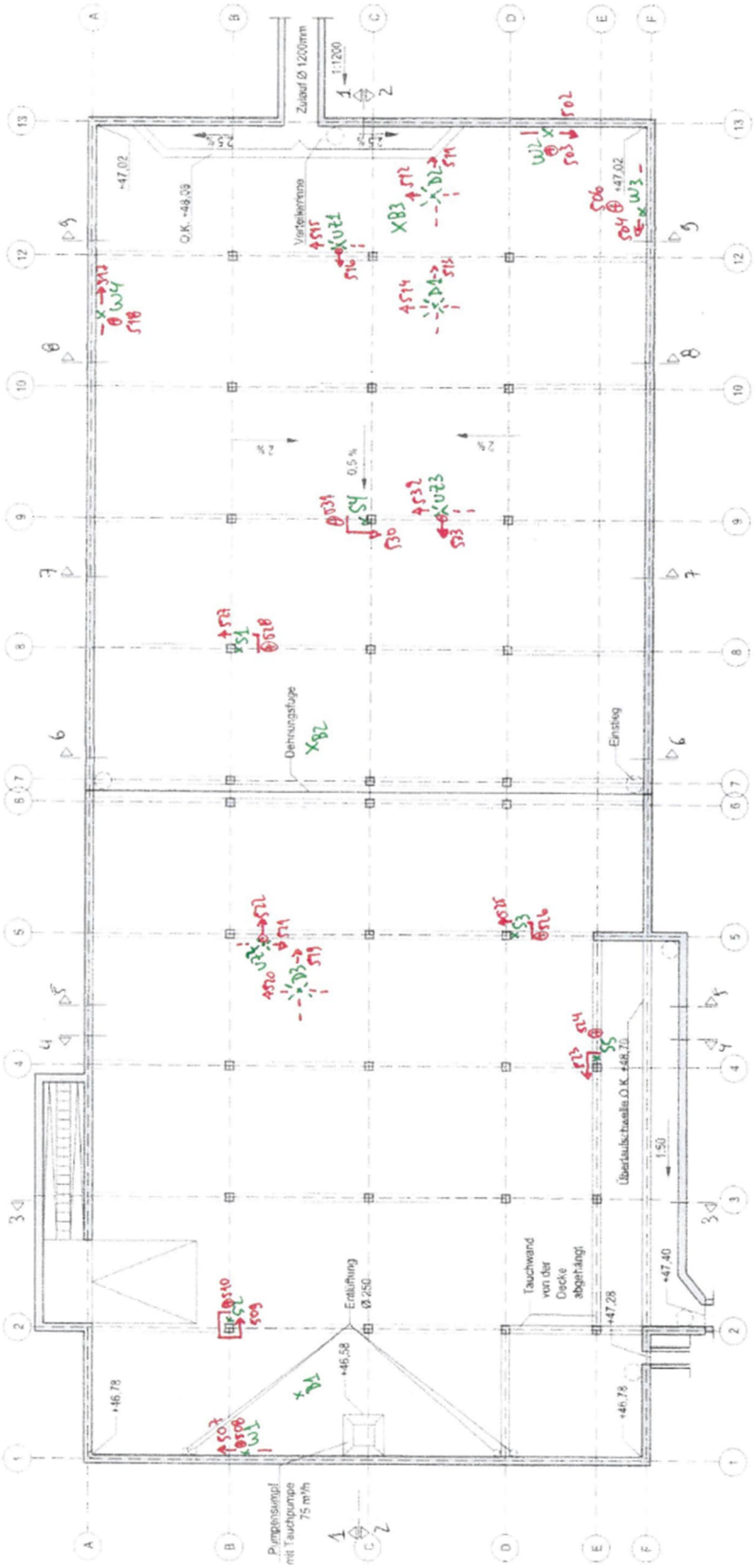


Abb. 5.23: Untersuchungsorte, Draufsicht, Auszug aus [2]

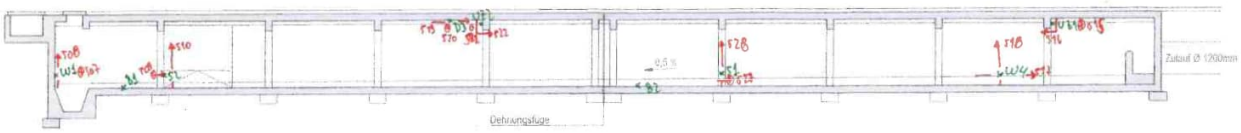


Abb. 5.24: Untersuchungsorte, Schnitt 1-1, Auszug aus [2]

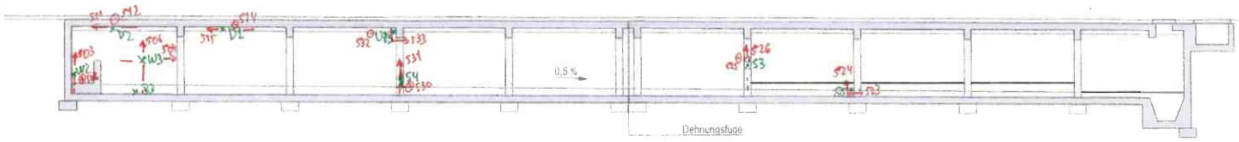


Abb. 5.25: Untersuchungsorte, Schnitt 2-2, Auszug aus [2]

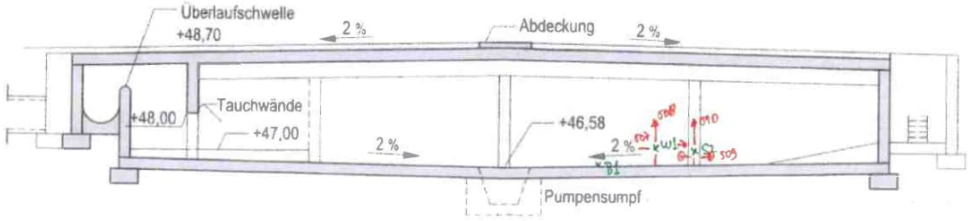


Abb. 5.26: Untersuchungsorte, Schnitt 3-3, Auszug aus [2]

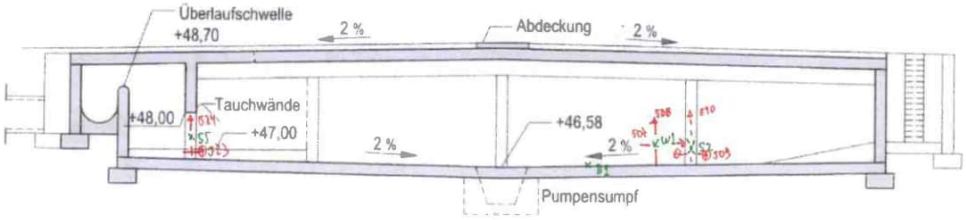


Abb. 5.27: Untersuchungsorte, Schnitt 4-4, Auszug aus [2]

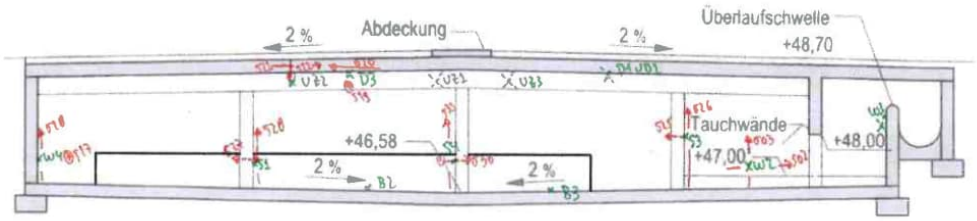


Abb. 5.28: Untersuchungsorte, Schnitt 5-5, Auszug aus [2]

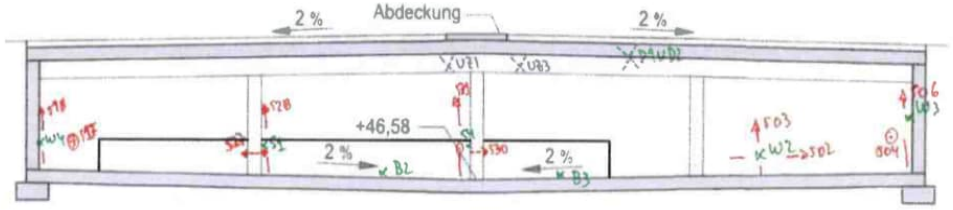


Abb. 5.29: Untersuchungsorte, Schnitt 6-6, Auszug aus [2]

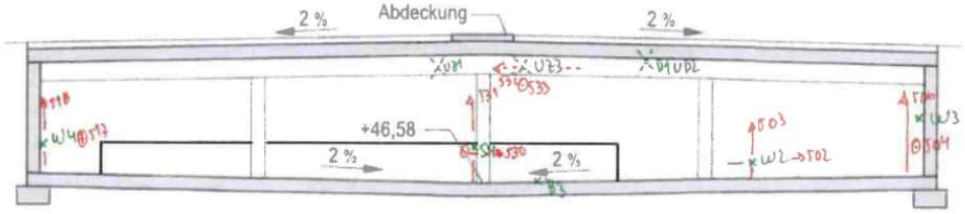


Abb. 5.30: Untersuchungsorte, Schnitt 7-7, Auszug aus [2]

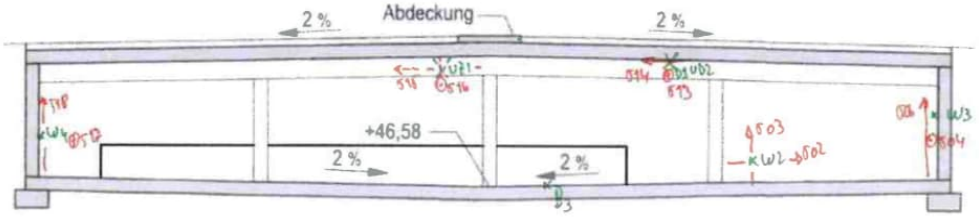


Abb. 5.31: Untersuchungsorte, Schnitt 8-8, Auszug aus [2]

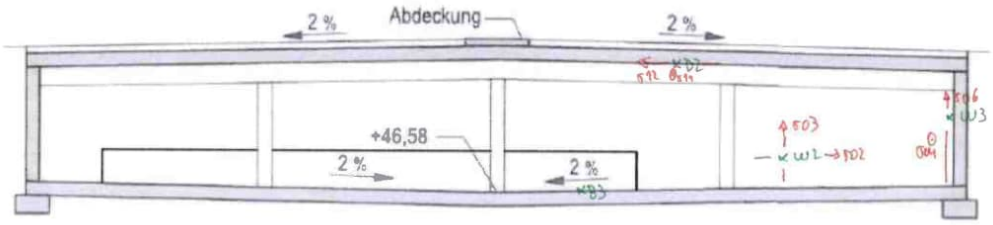


Abb. 5.32: Untersuchungsorte, Schnitt 9-9, Auszug aus [2]

Tabelle 5.1: Lage der Probenahmestellen

Probenentnahmestelle	Bauteiltyp	Bemerkungen
B1	Bodenplatte	-
B2	Bodenplatte	-
B3	Bodenplatte	-
S1	Stütze	0,45 m von OK Boden
S2	Stütze	0,55 m von OK Boden
S3	Stütze	1,55 m von OK Boden
S4	Stütze	0,45 m von OK Boden
S5	Stütze	0,40 m von OK Boden
W1	Wand	0,50 m von OK Boden
W2	Wand	0,45 m von OK Boden
W3	Wand	1,50 m von OK Boden
W4	Wand	0,35 m von OK Boden
UZ1	Träger	Seite
UZ2	Träger	Seite
UZ3	Träger	Seite
D1	Deckenplatte	-
D2	Deckenplatte	-
D3	Deckenplatte	-

5.2.2.1.1. Ergebnisse und Auswertung

5.2.2.1.1.1. Betondeckungen

Tabelle 5.2: Betondeckungen, Auszug aus [2]

Proben-entnahme-stelle	Scan	Betondeckung kleinster Wert [mm]	Betondeckung Mittelwert [mm]	Bemerkungen
W1	07	44	54	Vertikale Bewehrung
W1	08	38	56	Horizontale Bewehrung
W2	02	33	46	Vertikale Bewehrung
W2	03	32	47	Horizontale Bewehrung
W3	04	32	34	Vertikale Bewehrung
W3	06	30	42	Horizontale Bewehrung
W4	17	21	28	Vertikale Bewehrung
W4	18	**15**	44	Horizontale Bewehrung
Mittelwert			**44**	
Median			**45**	
Modalwert			**-**	
S1	27	30	33	Längsbewehrung
S1	28	**14**	21	Bügel
S2	09	22	37	Längsbewehrung
S2	10	21	31	Bügel
S3	25	29	40	Längsbewehrung
S3	26	17	32	Bügel
S4	30	24	41	Längsbewehrung
S4	31	26	32	Bügel
S5	23	32	44	Längsbewehrung
S5	24	24	26	Bügel
Mittelwert			**34**	
Median			**33**	
Modalwert			**32**	
UZ1	15	19	35	Bügel
UZ1	16	25	40	Längsbewehrung
UZ2	21	20	28	Bügel
UZ2	22	30	45	Längsbewehrung
UZ3	32	**11**	24	Bügel
UZ3	33	40	49	Längsbewehrung
Mittelwert			**37**	
Median			**38**	
Modalwert			**-**	

Proben-entnahme-stelle	Scan	Betondeckung kleinster Wert [mm]	Betondeckung Mittelwert [mm]	Bemerkungen
D1	13	**16**	40	Nebenbewehrung
D1	14	27	29	Hauptbewehrung
D2	11	41	43	Nebenbewehrung
D2	12	26	34	Hauptbewehrung
D3	19	42	48	Nebenbewehrung
D3	20	25	27	Hauptbewehrung
Mittelwert			**37**	
Median			**37**	
Modalwert			**-**	

Die Betondeckung wurde punktuell an den festgelegten Probeentnahmestellen in einem Bereich von 1 bis 2 m ermittelt. Dabei wurde auf flächendeckende Bewehrungsscans der gesamten Innenseite verzichtet um das Kosten-Nutzen Verhältnis der Untersuchungen in einem wirtschaftlichen Rahmen zu halten.

Die Ergebnisse lassen Verteilungen mit zentralen Tendenzen erkennen. Es kann dann festgestellt werden, dass die Betondeckung in den Stützen, Trägern und Deckenplatten im Mittel ca. 35 mm und die Betondeckung in den Wänden im Mittel ca. 45 mm beträgt.

Die kleinsten Werte der Betondeckung liegen zw. 11 und 16 mm.

Im Bereich der Sohlplatte wurden die Betondeckung nicht ermittelt.

Die punktuellen Messergebnisse geben einen aussagekräftigen Überblick über die Betondeckung des Gesamtbauwerks.

5.2.2.1.1.2. Karbonatisierungstiefen

Tabelle 5.3: Karbonatisierungstiefen, Auszug aus [2]

Bauteiltyp	Probenentnah-mestelle	Karbonatisierungstiefe [mm]
Wand	W1	ca. 0
Wand	W2	ca. 0
Wand	W3	ca. 0
Wand	W4	ca. 0
Stütze	S1	ca. 0
Stütze	S2	ca. 0
Stütze	S3	ca. 0
Stütze	S4	ca. 0
Stütze	S5	ca. 0
Träger	UZ1	ca. 0
Träger	UZ2	ca. 0
Träger	UZ3	ca. 0
Deckenplatte	D1	ca. 0
Deckenplatte	D2	**10**
Deckenplatte	D3	ca. 0
Bodenplatte	B1	ca. 0
Bodenplatte	B2	ca. 0
Bodenplatte	B3	ca. 0

Die Ergebnisse zeigen eine sehr geringe bis keine Karbonatisierungstiefe (die Karbonatisierungsfront ist an einer Messstelle maximal 10 mm in den Beton eingedrungen).

Bei einer ausreichenden Betondeckung der Bewehrung kann immer noch vom Vorhandensein einer Schutzschicht gegen Korrosion ausgegangen werden.

5.2.2.1.1.3. Chloridgehalte

Tabelle 5.4: Chloridgehalte, Auszug aus [2]

Proben-entnahme-stelle	Tiefe [mm]	Chloridgehalt bez. Beton [mg/kg]	Chloridgehalt bez. Beton [Gew.-%]	Chloridgehalt bez. Beton mult. 1,25	Chloridgehalt bez. Zement [Gew.-%]
B1	0-20	<50	0,005	0,006	0,044
B1	20-40	<50	0,005	0,006	0,044
B1	40-60	<50	0,005	0,006	0,044
B2	0-20	<50	0,005	0,006	0,044
B2	20-40	<50	0,005	0,006	0,044
B2	40-60	<50	0,005	0,006	0,044
B3	0-20	<50	0,005	0,006	0,044
B3	20-40	<50	0,005	0,006	0,044
B3	40-60	<50	0,005	0,006	0,044
S1	0-20	500	0,050	0,063	0,438
S1	20-40	462	0,046	0,058	0,404
S1	40-60	433	0,043	0,054	0,379
S2	0-20	417	0,042	0,052	0,365
S2	20-40	468	0,047	0,059	0,410
S2	40-60	402	0,040	0,050	0,352
S3	0-20	418	0,042	0,052	0,366
S3	20-40	517	0,052	0,065	0,452
S3	40-60	430	0,043	0,054	0,376
S4	0-20	144	0,014	0,018	0,126
S4	20-40	187	0,019	0,023	0,164
S4	40-60	166	0,017	0,021	0,145
S5	0-20	399	0,040	0,050	0,349
S5	20-40	326	0,033	0,041	0,285
S5	40-60	222	0,022	0,028	0,194
W1	0-20	<50	0,005	0,006	0,044
W1	20-40	<50	0,005	0,006	0,044
W1	40-60	<50	0,005	0,006	0,044
W2	0-20	<50	0,005	0,006	0,044
W2	20-40	<50	0,005	0,006	0,044
W2	40-60	<50	0,005	0,006	0,044
W3	0-20	401	0,040	0,050	0,351
W3	20-40	309	0,031	0,039	0,270
W3	40-60	300	0,030	0,038	0,263
W4	0-20	406	0,041	0,051	0,355
W4	20-40	404	0,040	0,051	0,354
W4	40-60	208	0,021	0,026	0,182

Proben-entnahme-stelle	Tiefe [mm]	Chloridgehalt bez. Beton [mg/kg]	Chloridgehalt bez. Beton [Gew.-%]	Chloridgehalt bez. Beton mult. 1,25	Chloridgehalt bez. Zement [Gew.-%]
UZ1	0-20	<50	0,005	0,006	0,044
UZ1	20-40	<50	0,005	0,006	0,044
UZ1	40-60	<50	0,005	0,006	0,044
UZ2	0-20	<50	0,005	0,006	0,044
UZ2	20-40	<50	0,005	0,006	0,044
UZ2	40-60	<50	0,005	0,006	0,044
UZ3	0-20	458	0,046	0,057	0,401
UZ3	20-40	476	0,048	0,060	0,417
UZ3	40-60	177	0,018	0,022	0,155

Gemäß DIN1045-2:2008 betragen die zulässigen Grenzwerte 0,40 M.-% bezogen auf Zement:

Betonverwendung	Klasse des Chloridgehalts	Höchstzulässiger Chloridgehalt bezogen auf den Zement[a] im Massenanteil
ohne Betonstahlbewehrung oder anderes eingebettetes Metall (mit Ausnahme von korrosionsbeständigen Anschlagvorrichtungen)	Cl 1,0	1,0 %
mit Betonstahlbewehrung oder anderem eingebetteten Metall	**Cl 0,40**	**0,40 %**
mit Spannstahlbewehrung	Cl 0,20	0,20 %
[a] werden Zusatzstoffe des Typs II verwendet und für den Zementgehalt berücksichtigt, wird der Chloridgehalt als der Chloridionengehalt, bezogen auf den Zement im Massenanteil und der Gesamtmasse der zu berücksichtigenden Zusatzstoffe ausgedrückt.		

Abb. 5.33: Hochstzulassiger Chloridgehalt von Beton, Auszug aus DIN 1045-2:2008

Nach der TR-Instandhaltung wird der Grenzwert von 0,4 % Cl^- auf 0,5 % Cl- bezogen auf den Zementanteil erhöht.

Es kann festgestellt werden, dass der Grenzwert von 0,50 M.-% bezogen auf den Zementanteil an keinen Probenentnahmestellen überschritten ist.

5.2.2.1.1.4. Sulfatgehalte

Tabelle 5.5: Sulfatgehalte, Ergebnisse aus [2]

Proben-entnahme-stelle	Tiefe [mm]	Sulfatgehalt bez. Beton [Gew.-%]	Sulfatgehalt bez. Zement [Gew.-%]
B1	0-20	0,073	0,511
B1	20-40	0,060	0,420
B1	40-60	0,040	0,280
B2	0-20	0,028	0,196
B2	20-40	0,019	0,133
B2	40-60	0,010	0,070
B3	0-20	0,028	0,196
B3	20-40	0,026	0,182
B3	40-60	0,020	0,140
S1	0-20	0,100	0,700
S1	20-40	0,030	0,210
S1	40-60	0,022	0,154
S2	0-20	0,022	0,154
S2	20-40	0,020	0,140
S2	40-60	0,017	0,119
S3	0-20	0,018	0,126
S3	20-40	0,018	0,126
S3	40-60	0,017	0,119
S4	0-20	0,026	0,182
S4	20-40	0,025	0,175
S4	40-60	0,024	0,168
S5	0-20	0,031	0,217
S5	20-40	0,030	0,210
S5	40-60	0,011	0,077
W1	0-20	0,031	0,217
W1	20-40	0,030	0,210
W1	40-60	0,011	0,077
W2	0-20	0,009	0,063
W2	20-40	0,008	0,056
W2	40-60	0,006	0,042
W3	0-20	0,019	0,133
W3	20-40	0,017	0,119
W3	40-60	0,015	0,105
W4	0-20	0,011	0,077
W4	20-40	0,010	0,070
W4	40-60	0,004	0,028
UZ1	0-20	0,030	0,210
UZ1	20-40	0,030	0,210
UZ1	40-60	0,020	0,140

Proben-entnahme-stelle	Tiefe [mm]	Sulfatgehalt bez. Beton [Gew.-%]	Sulfatgehalt bez. Zement [Gew.-%]
UZ2	0-20	0,032	0,224
UZ2	20-40	0,029	0,203
UZ2	40-60	0,022	0,154
UZ3	0-20	0,021	0,147
UZ3	20-40	0,015	0,105
UZ3	40-60	0,010	0,070

Die DIN 4030-1:2008-08 definiert Grenzwerte für die Expositionsklassen für den chemischen Angriff durch natürlichen Boden und Grundwasser. Da die Untersuchungen direkt im Bohrmehl des Bauwerkbetons durchgeführt wurden (und es keine Informationen darüber gibt, wie viel von dem bestimmten Gehalt auf Kontamination zurückzuführen ist und wie viel bereits seit dem Bau im Beton vorhanden war), kann die Bewertung der Ergebnisse nicht nach dieser Norm erfolgen.

Zur Orientierung bei der Bewertung wurde dann die zusätzliche Literatur konsultiert ([6] und [7]).

Bei einem Forschungsprojekt der österreichischen Forschungsgesellschaft ([6]) wurden bis August 2014 verschiedene Untersuchungen an entnommenen Proben (Abwasserbauwerk und Tunnel) sowie hergestellten Prüfkörpern im Labor Untersuchungen durchgeführt, um einen Sulfatgehalt zu bestimmen, ab welchem davon ausgegangen werden sollte, dass Schädigungen im Bereich der Betonstruktur entstehen. Eine pauschale Antwort mit einem festen Grenzwert gibt es nicht und Schädigungen sind im Einzelfall über mikroskopische Untersuchungen von Bohrkernen zu ermitteln.

Die Entnahme von Bohrkernen mit dem Ziel einer mikroskopischen Analyse sollte in Bereichen mit hohem Sulfatgehalt durchgeführt werden, um die Schäden am Betongefüge zu bewerten.

Unter der Annahme, dass der Median der Ergebnisse aus *Tabelle 5.5* ein „normaler“ Sulfatgehalt ist, können die Bereiche aufgrund des ermittelten Sulfatgehalts wie folgt verteilt werden:

- Bereich mit **niedrigem Gehalt**, in dem die Sulfatgehalte (bez. Zement) kleiner als den Median (0,15 Gew.-%) sind;
- Bereich mit **mittlerem Gehalt**, in dem die Sulfatgehalte (bez. Zement) innerhalb des Medians (0,15 Gew.-%) und des Quantiles-75 % (0,21 Gew.-%) liegen;
- Bereich mit **hohem Gehalt**, in dem die Sulfatgehalte (bez. Zement) über dem Quantil-75 % (0,21 Gew.-%) liegen.

Tabelle 5.6: Verteilung in Bereiche auf der Grundlage des Sulfatgehalts

Proben-entnahme-stelle	Tiefe [mm]	Sulfatgehalt bez. Zement [Gew.-%]
B1	0-20	**0,511**
B1	20-40	**0,420**
B1	40-60	**0,280**
B2	0-20	**0,196**
B2	20-40	**0,133**
B2	40-60	**0,070**
B3	0-20	**0,196**
B3	20-40	**0,182**
B3	40-60	**0,140**
S1	0-20	**0,700**
S1	20-40	**0,210**
S1	40-60	**0,154**
S2	0-20	**0,154**
S2	20-40	**0,140**
S2	40-60	**0,119**
S3	0-20	**0,126**
S3	20-40	**0,126**
S3	40-60	**0,119**
S4	0-20	**0,182**
S4	20-40	**0,175**
S4	40-60	**0,168**
S5	0-20	**0,217**
S5	20-40	**0,210**
S5	40-60	**0,077**

Proben-entnahme-stelle	Tiefe [mm]	Sulfatgehalt bez. Zement [Gew.-%]
W1	0-20	**0,217**
W1	20-40	**0,210**
W1	40-60	**0,077**
W2	0-20	**0,063**
W2	20-40	**0,056**
W2	40-60	**0,042**
W3	0-20	**0,133**
W3	20-40	**0,119**
W3	40-60	**0,105**
W4	0-20	**0,077**
W4	20-40	**0,070**
W4	40-60	**0,028**
UZ1	0-20	**0,210**
UZ1	20-40	**0,210**
UZ1	40-60	**0,140**
UZ2	0-20	**0,224**
UZ2	20-40	**0,203**
UZ2	40-60	**0,154**
UZ3	0-20	**0,147**
UZ3	20-40	**0,105**
UZ3	40-60	**0,070**

Die Stelle für die Beprobung eines Bohrkerns in einem Bereich mit hohem Sulfatgehalt sollte in der Nähe von **B1** liegen, da hier die höchste Sulfatkonzentration ermittelt worden ist.

Des Weiteren weisen die Wände und Stützen umlaufend eine Waschbetonstruktur auf, die auf die Einwirkung von Sulfat zurückgeführt werden kann.

Auf die Analyse des Betongefüges im Mikroskop und deren Auswertung wird im Abschnitt 5.2.2.2.1.1. eingegangen.

5.2.2.1.1.5. Nitratgehalte

Tabelle 5.7: Nitratgehalte, Ergebnisse aus [2]

Proben-entnahme-stelle	Tiefe [mm]	Nitratgehalt bez. Beton [Gew.-%]	Nitratgehalt bez. Zement [Gew.-%]
B1	0-20	0,002	0,014
B1	20-40	0,002	0,014
B1	40-60	0,002	0,014
B2	0-20	0,002	0,014
B2	20-40	0,002	0,014
B2	40-60	0,002	0,014
B3	0-20	0,002	0,014
B3	20-40	0,002	0,014
B3	40-60	0,002	0,014
S1	0-20	0,002	0,014
S1	20-40	0,002	0,014
S1	40-60	0,002	0,014
S2	0-20	0,002	0,014
S2	20-40	0,002	0,014
S2	40-60	0,002	0,014
S3	0-20	0,002	0,014
S3	20-40	0,002	0,014
S3	40-60	0,002	0,014
S4	0-20	0,004	0,028
S4	20-40	0,003	0,021
S4	40-60	0,002	0,014
S5	0-20	0,002	0,014
S5	20-40	0,002	0,014
S5	40-60	0,002	0,014
W1	0-20	0,002	0,014
W1	20-40	0,002	0,014
W1	40-60	0,002	0,014
W2	0-20	0,003	0,021
W2	20-40	0,002	0,014
W2	40-60	0,002	0,014
W3	0-20	0,002	0,014
W3	20-40	0,002	0,014
W3	40-60	0,002	0,014
W4	0-20	0,002	0,014
W4	20-40	0,002	0,014
W4	40-60	0,002	0,014
UZ1	0-20	0,002	0,014
UZ1	20-40	0,002	0,014
UZ1	40-60	0,002	0,014
UZ2	0-20	0,002	0,014
UZ2	20-40	0,002	0,014
UZ2	40-60	0,002	0,014

Proben-entnahme-stelle	Tiefe [mm]	Nitratgehalt bez. Beton [Gew.-%]	Nitratgehalt bez. Zement [Gew.-%]
UZ3	0-20	0,002	0,014
UZ3	20-40	0,002	0,014
UZ3	40-60	0,002	0,014

Um eine Analyse der Schadstoffe im Bauwerksbeton bzgl. Nitrat durchzuführen, ist die zusätzliche Literatur zu beachten, da in den Regelwerken keine Grenzwerte definiert sind.

Nach [9] verursachen Nitratkonzentrationen von mehr als 0,70 M.-% bezogen auf den Zementanteil (in Kombination mit Ammoniumkonzentrationen von mehr als 0,15 M.-% bezogen auf dem Zementanteil) eine Degradation der Zementstruktur des Betons und Bewehrungskorrosion.

Die Ergebnisse der Proben liegen unter dem in [9] empfohlenen Grenzwert, sodass keine Schäden aufgrund eines hohen Nitratgehaltes zu erwarten sind.

5.2.2.1.1.6. Betondruckfestigkeiten

Tabelle 5.8: Druckfestigkeit des Bauwerksbetons, Auszug aus [2]

Probenentnah-mestelle	Druckfestigkeit ($f_{c,Bohrkern}$) [MPa]
B1	78,1
B2	76,2
B3	73,7
S1	66,7
S2	79,7
S3	86,8
S4	69,0
S5	65,7
W1	79,2
W2	71,8
W3	86,5
W4	77,8
UZ1	59,2
UZ2	53,0
UZ3	75,7
D1	69,6
D2	66,1
D3	58,2

Zur Bewertung der Ergebnisse aus den Druckfestigkeitsprüfungen wurde die DIN EN 13791:2020-02 und DIN EN 13791/A20:2022-04 berücksichtigt.

Nach Abschnitt NA.6 der DIN EN 13791/A20:2022-04 wird die Druckfestigkeit eines nach DIN EN 12504-1 vorbereiteten Bohrkerns ($f_{c,Bohrkern}$) mit einem Nenndurchmesser zwischen 50 mm und 150 mm und einem Verhältnis von Länge zu Durchmesser von 1:1 mit der Druckfestigkeit eines bis zur Prüfung in Wasser gelagerten Würfels mit der Abmessung 150 mm x 150 mm ($f_{c,Würfel}$) gleichgesetzt.

Das Bauwerk wurde als ein Prüfbereich und jede Probenentnahmestelle als eine Prüfstelle betrachtet. Nach dem Abschnitt 8.1 der DIN EN 13791:2020-02 kann die charakteristische In-situ-Druckfestigkeit des Prüfbereiches ($f_{ck,is}$) wie folgt ermittelt werden:

$$f_{ck,is} = \min\left(f_{c,m(n)is} - k_n \times s; f_{c,is,Tiefstwert} + M\right)$$

- $f_{c,m(n)is}$ ist die mittlere In-situ-Druckfestigkeit;
- k_n ist ein Faktor, der von der Anzahl der Prüfstellen abhängt. Der ist in Tabelle 6 der DIN EN 13791:2020-02 zu finden. Nach dieser Tabelle beträgt der Wert von k_n für 18 Prüfstellen 1,79 (Wert durch Interpolation ermittelt);

- s ist die Standardabweichung der Ergebnisse der Druckfestigkeit der Prüfstellen. Nach DIN EN 13791:2020-02 sollten zu niedrige Werte nicht berücksichtigt werden, so dass ein Mindestwert von 8% x $f_{c,m(n)is}$ festgelegt ist;
- $f_{c,is,Tiefstwert}$ ist die niedrigste In-situ-Druckfestigkeit;
- M ist der Toleranzwert. Der ist in Tabelle 7 der DIN EN 13791:2020-02 zu finden. Nach dieser Tabelle beträgt der Wert von M 4 MPa.

Tabelle 5.9: Charakteristische Druckfestigkeit des Bauwerksbetons

Prüfstelle	Druckfestigkeit ($f_{c,Bohrkern}$) [MPa]	Druckfestigkeit ($f_{c,Würfel}$) [MPa]
B1	78,1	78,1
B2	76,2	76,2
B3	73,7	73,7
S1	66,7	66,7
S2	79,7	79,7
S3	86,8	86,8
S4	69,0	69,0
S5	65,7	65,7
W1	79,2	79,2
W2	71,8	71,8
W3	86,5	86,5
W4	77,8	77,8
UZ1	59,2	59,2
UZ2	53,0	53,0
UZ3	75,7	75,7
D1	69,6	69,6
D2	66,1	66,1
D3	58,2	58,2
	$f_{c,m(n)is}$	**71,8**
	$f_{c,is,Tiefstwert}$	**53,0**
	s	**9,3** (Wert ist größer als 8% x $f_{c,m(n)is}$)
	$f_{ck,is,Würfel}$	**55,1**

Nach Tabelle NA.4 der DIN EN 13791/A20:2022-04 kann der Bauwerksbeton der Druckfestigkeitsklasse C50/60 zugeordnet werden.

Die charakteristische Mindestfestigkeit des Bauwerksbetons (f_{ck}) beträgt 50 MPa.

5.2.2.1.1.7. Rohdichten

Tabelle 5.10: Rohdichte des Bauwerksbetons, Auszug aus [2]

Probenentnah-mestelle	Rohdichte [kg/m³]
B1	2390
B2	2390
B3	2350
S1	2320
S2	2430
S3	2300
S4	2300
S5	2320
W1	2350
W2	2430
W3	2370
W4	2330
UZ1	2240
UZ2	2310
UZ3	2290
D1	2330
D2	2310
D3	2310
Mittelwert	2337
Median	2325
Modalwert	2310

Die Ergebnisse zeigen eine Verteilung mit einer zentralen Tendenz, da Mittelwert, Median und Modalwert relativ nahe beieinander liegen. Es kann dann festgestellt werden, dass die Rohdichte des Bauwerksbetons im Mittel bei ca. 2330 kg/m³ liegt.

Die Rohdichte liegt innerhalb der erwarteten Werte von Normalbeton.

5.2.2.1.1.8. Oberflächenzugfestigkeiten

Tabelle 5.11: Oberflächenzugfestigkeit des Bauwerksbetons, Ergebnisse aus [2]

Probenentnahme-stelle	Oberflächenzugfestigkeit [MPa]
B1	1,3
B2	*
B3	1,0
Mittelwert	**1,2**
kleinster Einzelwert	**1,0**
S1	3,3
S2	2,9
S3	2,2
S4	2,6
S5	2,2
Mittelwert	**2,6**
kleinster Einzelwert	**2,2**
W1	2,5
W2	*
W3	*
W4	4,8
Mittelwert	**3,7**
kleinster Einzelwert	**2,5**
UZ1	4,0
UZ2	2,8
UZ3	2,2
Mittelwert	**3,0**
kleinster Einzelwert	**2,2**
D1	3,1
D2	3,3
D3	3,8
Mittelwert	**3,4**
kleinster Einzelwert	**3,1**

***** *ungültiges Ergebnis - Bruch am Klebstoff*

Die Ergebnisse zeigen, dass nach der Reinigung der Oberfläche eine hohe Oberflächenzugfestigkeit zu erwarten ist.

Bezüglich der Ergebnisse der Bodenplatte kann angenommen werden, dass für eine ausreichende Haftung ein Betonabtrag notwendig wird. Erfahrungsgemäß kann, je nach Instandsetzungsverfahren bereits ein Abtrag von 5 mm ausreichend sind.

5.2.2.2. Weitere Untersuchungen

Um das Betongefüge zu analysieren und die Dehnungseigenschaften des Bauwerkbetons zu ermitteln wurden folgende **weitere Untersuchungen** durch das Ingenieurbüro Finette + Schönborn durchgeführt:

- Entnahme von Bohrkernen zur:
    - Analyse des Betongefüges im Mikroskop,
    - Ermittlung des E-moduls des Bauwerksbetons;
- Bewehrungsscans, um die Bewehrung bei der Beprobung der Bohrkerne nicht zu zerstören.

Eine detaillierte Beschreibung der Probenahmeverfahren, der Prüfungen vor Ort und im Labor ist im [3] zu finden.

Die Probenentnahme wurde am 14.06.2023 durchgeführt

Das Becken wurde zuvor gereinigt.

Bezüglich der Analyse des Betongefüges im Mikroskop würde für die Beprobung des Bohrkerns eine Stelle mit hohem Sulfatgehalt gemäß 5.2.2.1.1.4. festgelegt.

5.2.2.2.1. Ergebnisse und Auswertung

5.2.2.2.1.1. Analyse des Betongefüges im Mikroskop

Wie in 5.2.2.1.1.4. erläutert, sollte die Bewertung der durch Sulfat im Beton verursachten Schäden durch die Analyse des Betongefüges im Mikroskop erfolgen.

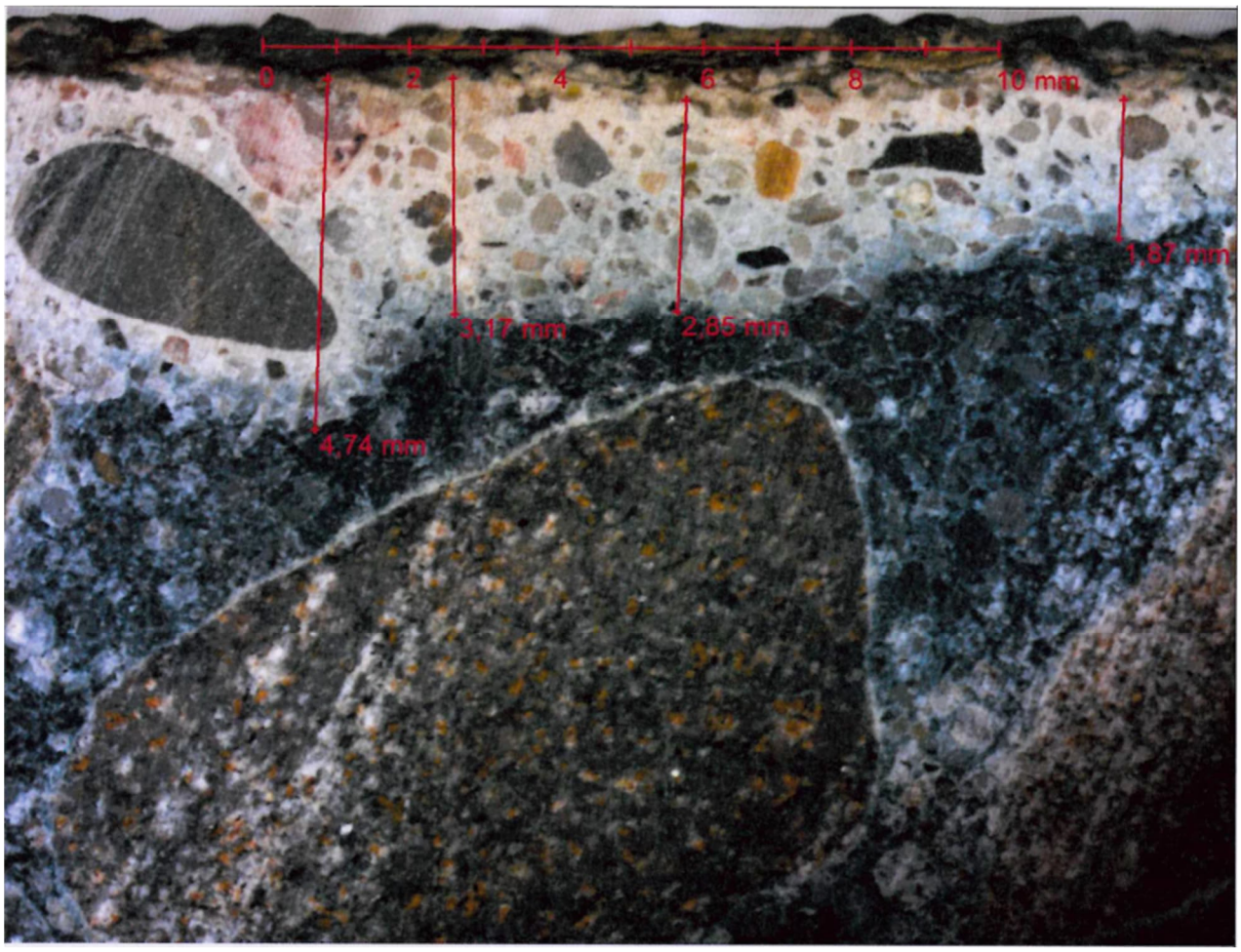


Abb. 5.34: Mikroskopischen Analyse des Betongefüges (Stelle mit hohem Sulfatgehalt), Auszüge aus [3]

In den ersten ca. 5 mm ist eine Verfärbung der Zementmatrix zu erkennen. Allerdings ist keine Gips-, Ettringit- und Thaumasitkristallbildung erkennbar.

Es sind keine Schäden am Betongefüge zu erkennen.

Im Hinblick auf eine angestrebte Restnutzungsdauer sollte ein weiteres Eindringen von Sulfaten in den Beton verhindert werden.

5.2.2.2.1.2. E-Moduln

Tabelle 5.12: E-Modul des Bauwerksbetons, Auszüge aus [3]

Probenentnah-mestelle	E-Modul [GPa]
BK2	58,6
BK3	59,2
BK4	58,0
Mittelwert	**58,6**
Median	**58,6**
Modalwert	**-**

Die Ergebnisse lassen eine Verteilung mit zentraler Tendenz erkennen. Es kann dann festgestellt werden, dass den E-Modul des Bauwerksbetons im Mittel bei ca. 58,6 GPa liegt.

Beim Vergleich der Ergebnisse mit den Werten, die von einem Beton der Druckfestigkeitsklasse C50/60 erwartet werden (*Abb. 5.35*), kann festgestellt werden, dass der E-Modul des Bauwerksbetons ca. 58% über dem erwarteten Wert liegt.

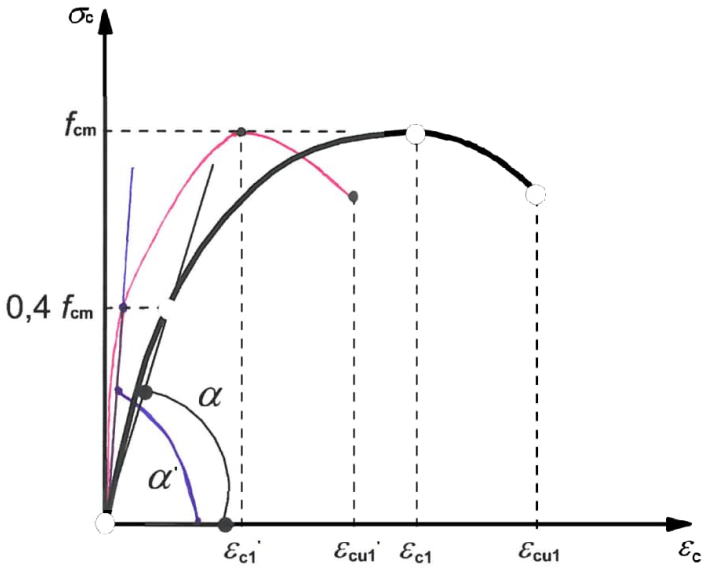
		Betonfestigkeitsklasse													
f_{ck}	N/mm²	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{ck,cube}$	N/mm²	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105
f_{cm}	N/mm²	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98
f_{ctm}	N/mm²	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
$f_{ctk,\ 0,05}$	N/mm²	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5
$f_{ctk,0,95}$	N/mm²	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6
$E_{cm} \cdot 10^{-3}$	N/mm²	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44
ε_{c1}	‰	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8
ε_{cu1}	‰	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8
ε_{c2}	‰	2,0									2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
ε_{cu2}	‰	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6
ε_{c3}	‰	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
ε_{cu3}	‰	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6

Abb. 5.35: Festigkeits- und Formänderungskennwerte für Beton, Auszug aus DIN EN 1992-1-1:2004

Laut [10] ist zu erwarten, dass der E-Modul (E_{cm}) von altem Beton im Vergleich zu jungem Beton höher sein kann, so dass die Werte der Dehnung beim Erreichen der Maximalfestigkeit (ε_{c1}, ε_{c2} und ε_{c3}) niedriger sein sollten als die auf der Betondruckfestigkeit basierenden Werte in Tabelle 3.1 der DIN EN 1992-1-1 (*Abb. 5.35)*.

Es ist auch zu erwarten, dass mit dem Betonalter die Duktilität reduziert sein kann (die Gesamtdehnung bei Bruchlast kann im Vergleich zu jungem Beton um 50 % reduziert sein), so dass die Werte der Bruchdehnung (ε_{cu1}, ε_{cu2} und ε_{cu3}) niedriger sein sollten als die auf der Betondruckfestigkeit basierenden Werte in Tabelle 3.1 der DIN EN 1992-1-1 (*Abb. 5.35)*.

Bei einem idealisierten nichtlinearen Ansatz für das Spannungs-Dehnungs-Verhältnis des Bauwerksbetons ist dann Folgendes zu erwarten:



$$\tan \alpha = E_{cm}$$

$$\tan \alpha' = E_{cm}'$$

LEGENDE

nichtlineares Spannungs-Dehnungs-Verhältnis des Betons

nichtlineares Spannungs-Dehnungs-Verhältnis des alten Betons

Abb. 5.36: Idealisiertes Spannungs-Dehnungs-Verhältnis des Betons

5.2.2.3. Schlussfolgerungen

5.2.2.3.1. Betoneigenschaften

Die Rohdichte des Bauwerksbetons liegt bei ca. **2330 kg/m³** und die charakteristische Mindestfestigkeit des Bauwerksbetons (f_{ck}) beträgt **50 MPa** (Druckfestigkeitsklasse C50/60 nach DIN EN 206-1).

Die ermittelten Oberflächenzugfestigkeiten zeigen, dass nach Behandlung (Betonabtragung und Reinigung) eine ausreichende Haftung für einen Betonersatz geboten werden kann.

Der E-Modul des Bauwerksbetons liegt bei ca. **58,6 GPa**. Auf den Angaben von [10] ist zu erwarten, dass nicht nur das E-Modul höher ist als das E-Modul von jungem Beton für die gleiche Druckfestigkeitsklasse, sondern dass auch die Duktilität niedriger ist. Dies wurde aber lediglich im Bezug auf Erdbebeneinwirkungen untersucht, die mit großen Verformungen des Baugrundes einher gehen. Hilden legt nach DIN EN 1998 in der Erdbebenzone 0.

Im Rahmen der Instandsetzungsplanung werden standsicherheitsrelevante Schädigung repariert und der Ist-Zustand wieder hergestellt. Eine statische Nachrechnung ist zum derzeitigen Zeitpunkt nicht erforderlich.

5.2.2.3.2. Bewehrungskorrosion

Nach dem im [8] vorgeschlagenen Modell zur Bewertung der Dauerhaftigkeit von Stahlbeton, auf der Grundlage der Korrosion der Bewehrung, setzt sich die Lebensdauer des Bauwerks aus zwei verschiedenen Zeitintervallen zusammen:

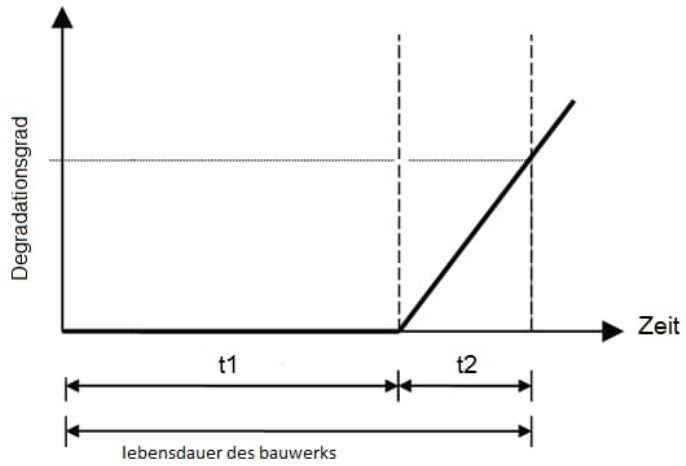


Abb. 5.37: Zeitintervalle zur Bewertung der Restlebensdauer eines Bauwerks auf der Grundlage der Korrosion der Bewehrung, [8]

t1 ist die Zeit, die vergeht, bis die Bedingungen für den Korrosionsanfang in der Bewehrung nicht erfüllt sind;

t2 ist die Zeit, ab die Bedingungen für den Korrosionsanfang in der Bewehrung erfüllt sind und sich je nach örtlichen Konditionen Schädigungen im Beton entwickeln und die Struktur beeinträchtigen können.

Laut den Ergebnissen der Bauwerksuntersuchungen (Karbonatisierungstiefen und Chloridgehalte) befindet sich das Bauwerk grundsätzlich noch in Zeitraum t1.

Bei der Begehung wurden dennoch mehrere Abplatzungen und auch freiliegende korrodierte Bewehrung festgestellt. Auf dieser Grundlage ist anzunehmen, dass obwohl sich das Bauwerk allgemein noch in Zeitraum t1 befindet, einige Bereiche bereits in Zeitraum t2 sind.

5.2.2.3.3. Betonkorrosion

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass die Gefahr der Betonkorrosion aufgrund eines hohen Gehalts an Nitrat sehr gering ist.

Bzgl. der Betonkorrosion aufgrund eines hohen Sulfatgehalts sind 2 Mechanismen zu berücksichtigen:

- Mikrorisse im Betongefüge durch die Bildung von Gipskristallen, verfolgt von der Bildung von Ettringitkristallen;
- Kohäsionsverlust im Zement durch die Bildung von Thaumasitkristallen, die zum Druckfestigkeitsverlust führt.

Die Analyse des Betongefüges im Mikroskop zeigen, dass der festgestellte Sulfatgehalt nicht zur Kristallbildung führt. Die Druckfestigkeitsprüfungen zeigen keinen Druckfestigkeitsverlust. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass die Gefahr der Betonkorrosion aufgrund eines hohen Sulfatgehalts sehr gering ist.

Im Hinblick auf eine angestrebte Restnutzungsdauer sollte ein weiteres Eindringen von Sulfaten in den Beton verhindert werden.

6. Einstufung der Einwirkungen aus der Umgebung und dem Untergrund

6.1. Einwirkungen aus der Umgebung

Bezeichnung		Beschreibung der Umgebung	Beispiele (informativ) [1]
1		2	3
1. Einwirkungen aus der Umgebung			
XALL		Einwirkungen auf das Bauwerk bzw. Bauteil mit Auswirkungen auf das Instandsetzungssystem und dessen Verbund zum instand zu setzenden Bauteil, welche nicht durch die nachfolgenden Expositionsklassen abgebildet werden; bewehrungskorrosionsfördernde Stoffe aus dem Instandsetzungssystem *ANMERKUNG: Expositionsklasse XALL ist immer anzusetzen.*	Alle Bauteile
Expositionsklassen nach DIN EN 206-1 / DIN 1045-2	X0	Für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall: alle Umgebungsbedingungen, ausgenommen Frostangriff, Verschleiß oder chemischer Angriff	siehe DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2
	XC1 – XC4	Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Carbonatisierung	
	XD1 – XD3	Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride, ausgenommen Meerwasser	
	XS1 – XS3	Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride aus Meerwasser	
	XF1 – XF4	Frostangriff mit und ohne Taumittel/Meerwasser	
	XA1 – XA3	Betonkorrosion durch chemischen Angriff	
	XM1 – XM3	Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung [2]	
	WO – WA	Feuchtigkeitsklassen	
XW1		Ständige Wasserbeaufschlagung durch Süß- oder Meerwasser	*Schleusenkammer- oder Sparbeckenwände unterhalb UW*
XW2		Temporäre Wasserbeaufschlagung durch Süß- oder Meerwasserbeaufschlagung	*Schleusenkammer- oder Sparbeckenwände zwischen UW und OW*

[1] *Diese Beispiele gelten für die überwiegende Beanspruchung während der Nutzungsdauer. Abweichende Umgebungsbedingungen während der Bauzeit oder Nutzung (z. B. Trockenlegung) führen erfahrungsgemäß nicht zu Schäden.*

[2] *XM1 Mäßige Verschleißbeanspruchung: Schleusenkammersohlen, Schleusenkammerwände, die ständig unter Wasser liegen, und Füllsysteme ohne Beanspruchung durch Geschiebefracht unterliegen im Regelfall keiner Betonkorrosion infolge Hydroabrasion.*

Abb. 6.1: Einwirkung aus der Umgebung, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

6.1.1. Bauwerksaußenseite

Wie bereits in 5.1 erwähnt ist die Außenseite des Bauwerks nicht Bestandteil des vorliegenden Berichts.

6.1.2. Bauwerksinnenseite

6.1.2.1. Unterhalb der Wasserwechselzone

Die Klassen **XALL** und **XW2** können zugeordnet werden.

Bezüglich der Bewehrungskorrosion verursacht durch Chloride wird die Expositionsklasse **XD2**.

Bezüglich der Bewehrungskorrosion ausgelöst durch Karbonatisierung wird die Expositionsklasse **XC4** zugeordnet.

Bezüglich Betonkorrosion durch chemischen Angriff wird die Expositionsklasse **XA2** zugeordnet.

Bezüglich Betonangriff durch Frost (mit Taumittel) wird die Expositionsklasse **XF2** zugeordnet.

Was die Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung betrifft, so kann die Expositionsklasse **XM1** zugeordnet werden.

XALL, XW2, XD2, XC4, XA2, XF2 und XM1

6.1.2.2. Oberhalb der Wasserwechselzone

Die Klasse **XALL** kann zugeordnet werden.

Bezüglich der Bewehrungskorrosion ausgelöst durch Karbonatisierung wird die Expositionsklasse **XC4** zugeordnet.

Bezüglich Betonangriff durch Frost (ohne Taumittel) wird die Expositionsklasse **XF1** zugeordnet.

XALL, XC4, XF1

6.2. Einwirkungen aus dem Untergrund

Bezeichnung	Beschreibung der Umgebung	Beispiele (informativ) [1]
1	2	3
2 Einwirkungen aus dem Untergrund		
XSTAT (static)	Statisch mitwirkend	Reprofilierung von druckbeanspruchten Bauteilen; kraftschlüssiges Füllen von Rissen und Hohlräumen
XBW1 (backfacing water)	Rückseitige Durchfeuchtung (keine Durchströmung) oder erhöhte Restfeuchtigkeit	Bauteile mit Beanspruchung durch drückendes Wasser
XBW2 (backfacing water)	Rückseitige Durchfeuchtung mit Durchströmung (flächig)	Bauteile mit Beanspruchung durch drückendes Wasser
XCR (cracks)	Risse	
W (width)	mit Rissbreite w [3] in mm	
Δw LFR (low frequent) HFR (high frequent) CON (continuous)	mit Rissbreitenänderung Δw in mm - zyklisch niedrigfrequent z. B. aus Temperatur, Wasserstandsänderung - zyklisch hochfrequent z. B. aus Verkehr - kontinuierliche Rissbreitenänderung, z. B. aus Schwinden, Setzungen	*WU-Bauteil*; Brücke Brücke Bodenplatte; Rissbildung durch Stützensenkung
DY (dry)	mit Feuchtezustand "trocken": – Wasserzutritt nicht möglich. – Beeinflussung des Riss-/Hohlraumbereiches durch Wasser nicht feststellbar bzw. seit ausreichend langer Zeit ausschließbar	Innenbauteil
DP (damp)	mit Feuchtezustand "feucht": – Farbtonveränderung im Riss- oder Hohlraumbereich durch Wasser, jedoch kein Wasseraustritt. – Anzeichen auf Wasseraustritt in der unmittelbar zurückliegenden Zeit (z. B. Aussinterungen, Kalkfahnen). – Riss oder Hohlraum erkennbar feucht oder matt-feucht (beurteilt an Trockenbohrkernen).	frei bewitterte Bauteile; erdberührte Bauteile
WT (wet)	mit Feuchtezustand "nass (drucklos gefüllt)": – Wasser in feinen Tröpfchen im Rissbereich erkennbar. – Wasser perlt aus dem Riss.	
WF (waterflow)	mit Feuchtezustand "fließendes Wasser (druckwasserführend)": – Zusammenhängender Wasserstrom tritt aus dem Riss aus.	*WU-Bauteil*
XDYN	Dynamische Beanspruchung bei Applikation [4]	Brücke unter Verkehr

[1] *Diese Beispiele gelten für die überwiegende Beanspruchung während der Nutzungsdauer. Abweichende Umgebungsbedingungen während der Bauzeit oder Nutzung (z. B. Trockenlegung) führen erfahrungsgemäß nicht zu Schäden.*

[3] Aufgenommen und ausgewertet nach DBV-Merkblatt „Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau"

[4] Die Haftzugfestigkeit nach Schwingbeanspruchung ist bei RM nur bei Auftrag über Kopf oder auf vertikalen Flächen nachzuweisen.

Abb. 6.2: Einwirkung aus dem Betonuntergrund, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

6.2.1.1. Unterhalb der Wasserwechselzone

Die Klassen **XSTAT** und **XBW1 / 2** können zugeordnet werden.

6.2.1.2. Oberhalb der Wasserwechselzone

Die Klasse **XSTAT** kann zugeordnet werden.

7. Einstufung in Altbetonklasse

Nach TR-Instandhaltung soll der untersuchte Beton in Altbetonklassen eingestuft werden. Die Einstufung in die Altbetonklasse erfolgt unter Berücksichtigung der ermittelten Druckfestigkeit und der ermittelten Oberflächenzugfestigkeit in der Tiefe, in der die Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt werden sollen. Bei der Einstufung sollte die niedrigste Klasse berücksichtigt werden, die sich aus der reinen Berücksichtigung der Druckfestigkeit und der reinen Berücksichtigung der Oberflächenzugfestigkeit ergibt.

	1	2	3	4
	Altbetonklasse	Druckfestigkeit [1]	Oberflächenzugfestigkeit [2]	
			Mittelwert	kleinster Einzelwert
		[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	A1 [3]	≤ 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)
3) Die Technische Regel enthält keine abschließenden Regelungen zur Altbetonklasse A1.

Abb. 7.1: Einordnung des Altbetons im Bereich der Instandsetzungsebene, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Der Bauwerksbeton kann der Altbetonklasse **A4** zugeordnet werden (angenommen, dass erfahrungsgemäß nach dem Betonabtrag in der Bodenplatte genügend Haftung geboten wird).

8. Vergleich Ist-Zustand / Mindest-Sollzustand, vorhandene Restnutzungsdauer und geplante Restnutzungsdauer

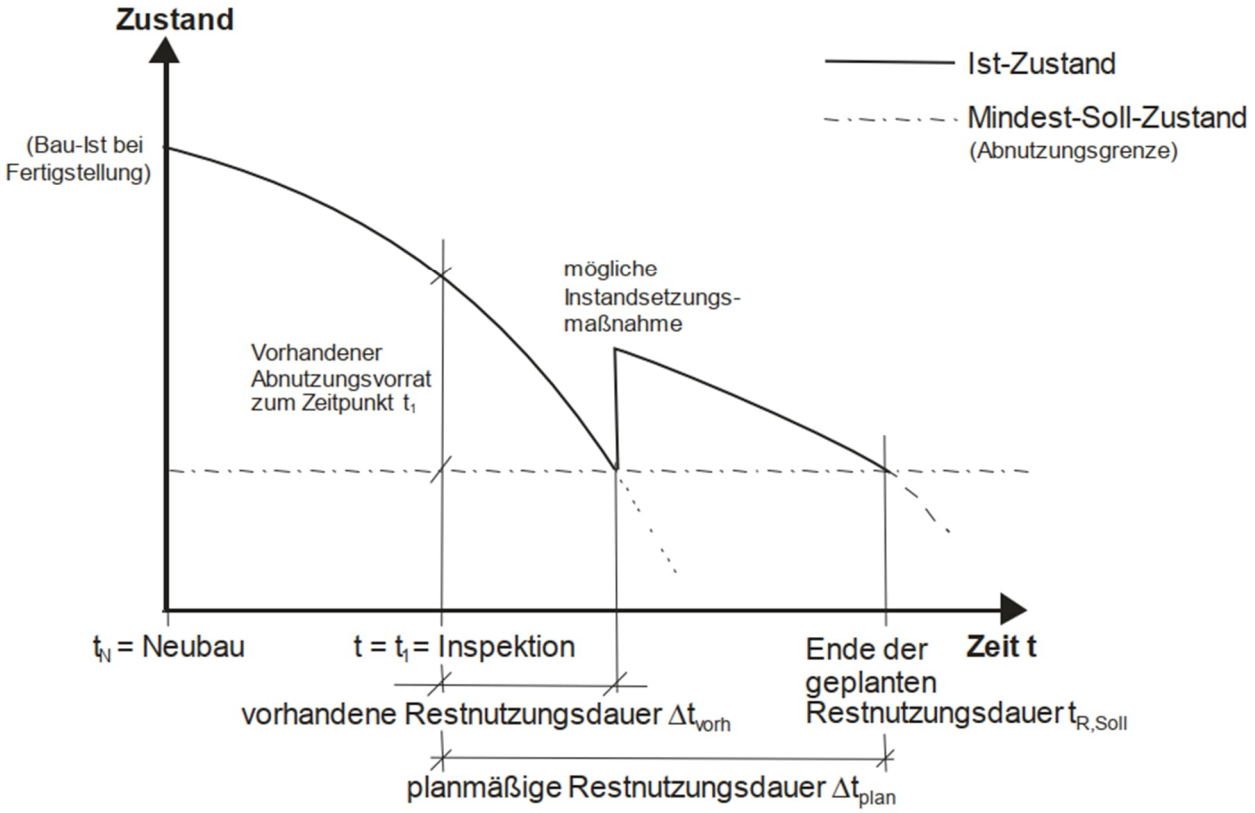


Abb. 8.1: Zustands-Zeit-Diagramm mit einem möglichen Ist-Zustandsverlauf der durch Instandhaltungsmaßnahmen beeinflusst wird, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

8.1. Vergleich Ist-Zustand / Mindest-Sollzustand

Wie in **5.2.1.** erläutert, wurde die Bauwerksinnenseite handnah geprüft (Hauptprüfung) und es wurde festgestellt, dass der Ist-Zustand über dem Mindest-Soll-Zustand liegt (Zustandsnote **2,8** – **ausreichende Zustand** nach RI-EBW-PRÜF). Dennoch wurde festgestellt, dass kurzfristige Instandsetzungen erforderlich sind.

8.2. Prognose für die vorhandene Restnutzungsdauer (Δt_{vorh})

Die vorhandene Restnutzungsdauer wird auf der Grundlage des aktuellen Korrosionszustandes des Bauwerkbetons und des aktuellen Korrosionszustandes der Bewehrung prognostiziert. Vorhandene Schäden werden ebenfalls berücksichtigt.

8.2.1. Betonkorrosion

Aufgrund der vorliegenden Informationen kann festgestellt werden, dass die vorhandene Restnutzungsdauer nicht von Betonkorrosion (durch chemischen Angriff) beeinträchtigt ist. Dennoch können in der Zukunft weitere Schadstoffe (z.B. Sulfate) in den Beton eindringen und diesen schädigen.

Im Hinblick auf eine angestrebte Restnutzungsdauer sollte ein weiteres Eindringen von Sulfaten in den Beton verhindert werden.

8.2.2. Bewehrungskorrosion

Bei der Bewehrungskorrosion werden 2 verschiedene Korrosionsprozessen betrachtet. Ein lokalisierter Korrosionsprozess, der durch die im Bauwerksbeton enthaltenen Chloride induziert wird, und ein allgemeinerer Korrosionsprozess, der durch das Fortschreiten der Karbonatisierungsfront im Beton bis in die Tiefe, in der die Bewehrung liegt, zurückzuführen ist.

Eine Prognose der Fortschreitung der Chloridgehalte sind nicht möglich.

Für die Prognose des Karbonatisierungsfortschrittes im Bauwerksbeton kann mit den vorhandenen Informationen ein vereinfachter Ansatz auf der Grundlage des $\sqrt{t}$-Gesetzes erfolgen.

$$a = k \times \sqrt{t}$$

In dem o.g. Gesetz ist **a** die Karbonatisierungstiefe in mm, **k** der Materialparameter in mm/Jahr$^{1/2}$ und **t** die Zeit in Jahren.

Üblicherweise weist Beton bei normaler Verarbeitung und Nachbehandlung einen Parameter k der Größenordnung zwischen 3,5 und 3,7 (im Mittel 3,6) auf. Je niedriger der Wert für dieselben Umgebungsbedingungen ist, desto dichter und höherwertiger ist der Beton und desto langsamer schreitet die Karbonatisierungsfront im Beton voran. Dies führt dazu, dass die Wahrscheinlichkeit von Korrosionsvorgängen ausgelöst durch Karbonatisierung über die Lebensdauer des Bauwerks sehr gering ist.

Ebenfalls hat die Wassersättigung des Bauteils Einfluss auf den Karbonatisierungsfortschritt. So ist der Karbonatisierungsfortschritt bei **ständig nassen** Betonbauteilen sehr gering, da kein CO_2 in den Beton eindringen und somit keine Karbonatisierung eintreten kann. Bei **ständig trockenen** Bauteilen ist das Fortschreiten der Karbonatisierungsfront ebenfalls sehr gering.

Bei Bauteilen in der **Wasserwechselzone oder in feuchten, aber nicht gesättigten Bedingungen** (z.B. Träger und Unterseiten der Deckenplatten) ist eine schnellere Fortschreitung der Karbonatisierungsfront zu erwarten.

Im vorliegenden Fall kann der Parameter k aufgrund der **maximalen** ermittelten Karbonatisierungstiefe in der Unterseite der Deckenplatten und Trägern (10 mm bei D2) als 1,5 mm/Jahr$^{1/2}$ definiert werden und die folgende Kurve als **konservatives** Prognosemodell verwendet werden:

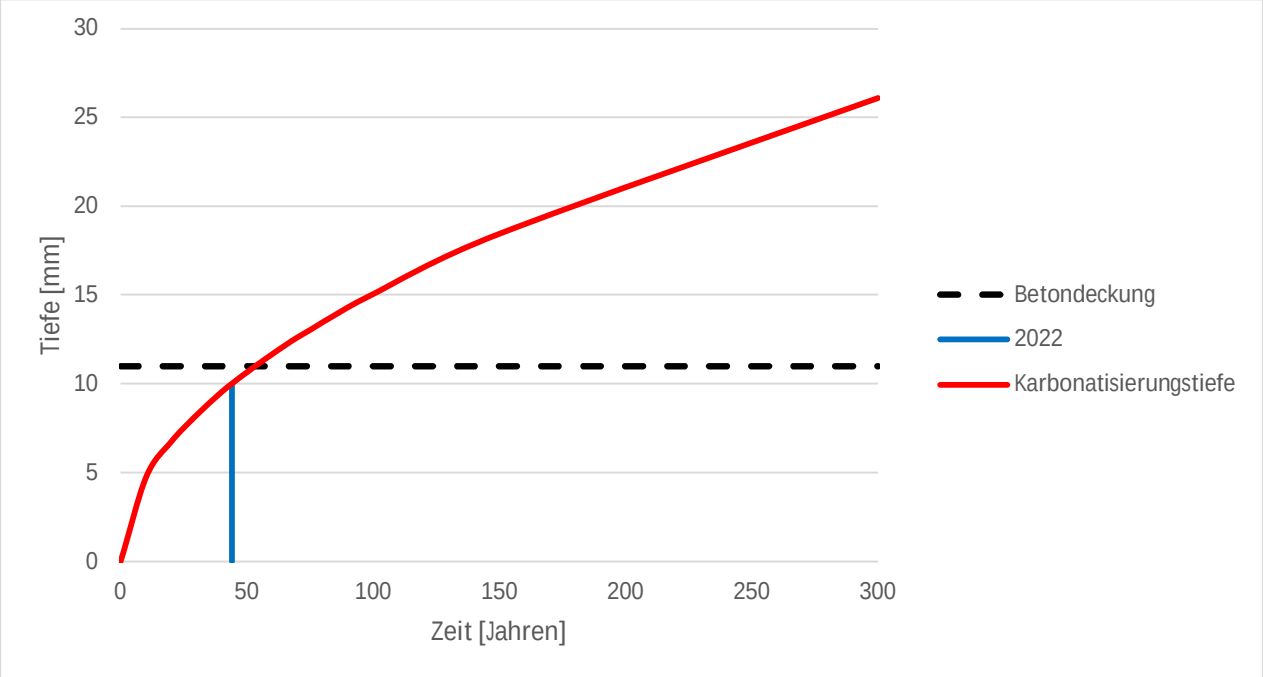


Abb. 8.2: Karbonatisierungstiefe über die Zeit in Jahren auf Grundlage der maximalen ermittelten Karbonatisierungstiefe (in der Unterseite der Deckenplatten und Trägern), Betondeckung (kleinster ermittelter Wert in den Deckenplatten und Trägern)

Nach dem o.g. Modell liegt eine konservative Prognose bei ca. 10 Jahren gemacht werden, bis die Karbonatisierungsfront die Bewehrung erreicht (Zeitraum t2 in *Abb. 5.37*), und je nach örtlichen Konditionen sich Schädigungen im Beton entwickeln und das Bauwerk beeinträchtigen können.

Aufgrund der konservativen Ansätze und der sonst unauffälligen Bemessungsergebnisse erscheint eine vollflächige Instandsetzung aufgrund von Bewehrungskorrosion

8.2.3. Vorhandene Schäden

Bei der Bauwerksprüfung (und auch bei den Begehungen während der Bauwerksuntersuchungen) konnten Schäden festgestellt werden (Abplatzungen, freiliegende korrodierte Bewehrung und Waschbetonstruktur), die zu der Annahme führen, dass **schädigende Prozesse** im Bauwerk stattfinden und bereits einen gewissen Grad an Schädigung erreicht haben. Diese stehen in einem gewissen Widerspruch zu den Ergebnissen der Bauwerksuntersuchungen und können teilweise auf bauseitige Mängel bei der Erstellung des Bauwerks hinweisen.

8.2.4. Zusammenfassung

Basierend auf den vorhandenen Angaben müssen in naher Zukunft Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt werden, um die weitere Nutzung des Bauwerks zu ermöglichen.

8.3. Festlegung der geplanten Restnutzungsdauer (Δt_{plan})

Wie in *Abb. 8.1* zu erkennen ist, tritt das Ende der geplanten Restnutzungsdauer später ein, je umfassender die Instandsetzungen durchgeführt werden. Daher ist eine Abstimmung mit dem Betreiber erforderlich, eine geplante Restnutzungsdauer in Jahren festzulegen.

Dies ist insofern notwendig, da sich der Instandsetzungsaufwand nach der Restnutzungsdauer richtet; je umfangreicher die Instandsetzungsmaßnahmen sind, desto länger ist die planmäßige Restnutzungsdauer.

Es wurde eine geplante Restnutzungsdauer von **30 Jahren** festgelegt.

Anhand dieser Kenngröße werden **Instandsetzungsmaßnahmen** vorgeschlagen und geplant.

Dies äußert sich unter anderem in den Betonreprofilierungen/Querschnittsergänzungen (um die festgestellten Schäden zu beheben, den karbonatisierten Beton zu ersetzen und eine ausreichende Betondeckung zu ermöglichen), den Schutz der Betonoberfläche und der Erneuerung von Bauwerksfugen.

Bei ausreichender Betondeckung und entsprechendem Schutz der Betonoberfläche kann das Risiko von Schäden durch Betonkorrosion und Bewehrungskorrosion minimiert werden und die geplante Restnutzungsdauer erreicht werden.

9. Instandsetzungsplanung

9.1. Allgemeines

Wie in **8.3.** erläutert, beziehen sich die geplanten Instandsetzungen auf die Erzielung der geplanten Restnutzungsdauer von **30 Jahren**.

Die Instandsetzungsprinzipien und –verfahren werden unter Berücksichtigung der Dauerhaftigkeit vor dem Hintergrund des festgestellten Ist-Zustandes vorgeschlagen. Die aufgeführten Verfahren beziehen sich auf die Verfahren der **TR-Instandhaltung (Technische Regel – Instandhaltung von Betonbauteilen, DIBT) von Mai 2020**.

Die TR-Instandhaltung befasst sich nicht mit der Instandsetzung von Abwasserbauwerken. Hierzu wird das **DWA-Regelwerk DWA-M 211** und die **DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton** zur Hilfe genommen.

Um eine gewisse Parkplatzkapazität auf dem Parkplatz oberhalb des Bauwerks zu gewährleisten, sollen die Instandsetzungsmaßnahmen in den verschiedenen Teilen des Bauwerks zu unterschiedlichen Zeiten durchgeführt werden, d.h. der Bereich des Parkplatzes oberhalb des Bereichs, in dem die Instandsetzungsarbeiten durchgeführt werden, muss für die Dauer der Instandsetzungsarbeiten gesperrt werden.

Die Maßnahmen sollten mittelfristig durchgeführt werden, da diese standsicherheitsrelevant sind.

9.2. Bauablauf

1. Maßnahmen zur Sperrung des Beckens (und die Fläche oberhalb des Bauwerks);
2. Gründliche Reinigung der Oberflächen;
3. Vollständige Entfernung der Ausstattungen, Steigbügel und Füllung der Fugen;
4. Betonabtrag bis zur geplanten Tiefe und Vorbereitung der freiliegenden Stahloberfläche entsprechend den Anforderungen;
5. Erneute Begehung (Prüfung auf Fehlstellen wie z.B. Risse, Kiesnester und Hohlstellen);
6. Durchführung der vorgeschlagenen Instandsetzungsprinzipien und –verfahren;
7. Maßnahmen zur Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft des Beckens.

9.3. Betonabtrag

Es ist zu erwarten, dass bei der Entfernung des Betons Bewehrung freigelegt wird und an einigen Stellen die Verbindung zwischen Beton und Bewehrung unterbrochen wird, sodass ein statischer Nachweis erforderlich ist.

Der Betonabtrag in den Deckenplatten und Trägern erfordert den Einsatz einer passenden Arbeitsbühne (oder eines Gerüsts).

9.3.1. Bodenplatten

Bei den Bodenplatten ist ein **vollflächiger** Betonabtrag (z.B. durch Fräsen oder Strahlen) von **5 mm** als Oberflächenvorbereitung erforderlich, um eine Oberfläche zu erreichen, die genügend Haftung für den Betonersatz bietet.

Falls Kiesnester vorhanden sind, müssen diese entfernt werden.

In allen Bereichen, in denen der Betonabtrag tiefer als die umgebenden Flächen ist, muss ein 45° Übergang ausgeführt werden.

9.3.2. Wände und Stützen

Bei den Wänden und Stützen ist ein Betonabtrag (z.B. mittels HDW) von **5 mm** als Oberflächenvorbereitung bis zur Höhe der Wasserwechselzone (ca. 30 % der Wandhöhe), aufgrund der vorgefundenen Waschbetonstruktur erforderlich.

Es ist zu erwarten, dass in einigen Bereichen durch den Betonabtrag Bewehrung freigelegt wird. Die freigelegte Bewehrung sollte bis zu einem Oberflächenvorbereitungsgrad von Sa 2 nach DIN EN ISO 8501-1 behandelt werden. Als repräsentatives fotografisches Vergleichsmuster soll B Sa 2, nach DIN EN ISO 8501-1 verwendet werden. Einfacherweise kann eine Oberflächenvorbereitungsgrad B Sa 2 angenommen werden, wenn die Bewehrung mittels Strahlen eine intakte Walzhaut mit nur einigen Korrosionsflecken zeigt.

In den Bereichen, in denen durch den Betonabtrag Bewehrung freigelegt wird, muss der Betonabtrag bis zu einer Tiefe von 25 mm unter der Bestandsbewehrung weitergeführt werden (aufgrund des Größtgesteinskorns des Betonersatz - D = 8mm).

$$Abstand\ zw.Bestandsbeton\ und\ freiliegende\ Bestandsbewehrung\ \geq max(3 \times D; 20mm)$$

Falls Kiesnester vorhanden sind, müssen diese entfernt werden.

In allen Bereichen, in denen der Betonabtrag tiefer als die umgebenden Flächen ist, muss ein 45° Übergang ausgeführt werden.

9.3.3. Träger und Deckenplatten

Aus der konservativ angesetzten Karbonatisierungstiefe im Bereich der Decken wäre ein **vollflächiger** Betonabtrag (mittels HDW) von **10 mm** in den Betonoberflächen der Träger und Deckenplatten durchzuführen.

Dies erscheint in Bezug auf die übrigen Ergebnisse jedoch unwirtschaftlich. Daher wird im Bereich der Decken und Unterzüge auf eine punktuelle Instandsetzung der bereits vorgefundenen Schäden gesetzt.

Es ist zu erwarten, dass in einigen Bereichen durch den Betonabtrag Bewehrung freigelegt wird. Die freigelegte Bewehrung sollte bis zu einem Oberflächenvorbereitungsgrad von Sa 2 nach DIN EN ISO 8501-1 behandelt werden. Als repräsentatives fotografisches Vergleichsmuster soll B Sa 2, nach DIN EN ISO 8501-1 verwendet werden. Einfacherweise kann eine Oberflächenvorbereitungsgrad B Sa 2 angenommen werden, wenn die Bewehrung mittels Strahlen eine intakte Walzhaut mit nur einigen Korrosionsflecken zeigt.

In den Bereichen, in denen durch den Betonabtrag Bewehrung freigelegt wird, muss der Betonabtrag bis zu einer Tiefe von 25 mm unter der Bestandsbewehrung weitergeführt werden (aufgrund des Größtgesteinskorns des Betonersatz - D = 8mm).

$$Abstand\ zw.Bestandsbeton\ und\ freiliegende\ Bestandsbewehrung\ \geq max(3 \times D; 20mm)$$

Falls Kiesnester vorhanden sind, müssen diese entfernt werden.

In allen Bereichen, in denen der Betonabtrag tiefer als die umgebenden Flächen ist, muss ein 45° Übergang ausgeführt werden.

9.4. Instandsetzungsmaßnahmen zur Erzielung geplanten Restnutzungsdauer

Die Instandsetzungsmaßnahmen in den Deckenplatten und in den Trägern werden mit Hilfe einer Arbeitsbühne oder eines Gerüsts durchgeführt.

9.4.1. Instandsetzung der Hohlräume

9.4.1.1. Kleine Hohlräume (w < 25 mm)

Prinzip (Beton): 1 Schutz gegen das Eindringen von Stoffen

Verfahren: 1.5 Füllen von Rissen oder Hohlräumen

a) Injektion von Rissen und Hohlräumen

bzw.

Prinzip (Beton): 4 Füllen von Rissen und Hohlräumen

Verfahren: 4.5 Kraftschlüssiges Füllen von Rissen oder Hohlräumen

a) Injektion von Rissen und Hohlräumen

Füllziel: Schließen; Kraftschlüssiges Verbinden

Einwirkungen
aus dem Untergrund: XALL, XSTAT, XBW1 / 2, XCR WF

Unter Berücksichtigung der Bedingungen muss der zulässige Füllstoff mit einem hydraulischen Bindemittel hergestellt sein (in diesem Fall Zementsuspension aufgrund des Anwendungsbereichs in einem breiteren Spektrum von Hohlraumbreiten), die Festigkeitsklasse F2 haben (aufgrund der Kompatibilität der Haftzugfestigkeit mit dem Betonuntergrund) und durch kraftschlüssiges Verpressen (Injektion) eingebracht werden.

F-I (H) F2 ZS-I

Das geeignete System muss für den Einsatz in **sulfat**- und **chloridbelasteten** Anwendungsbereichen zugelassen sein.

Die Instandsetzungssystem darf den Korrosionsschutz des Bewehrungsstahls nicht beeinträchtigen.

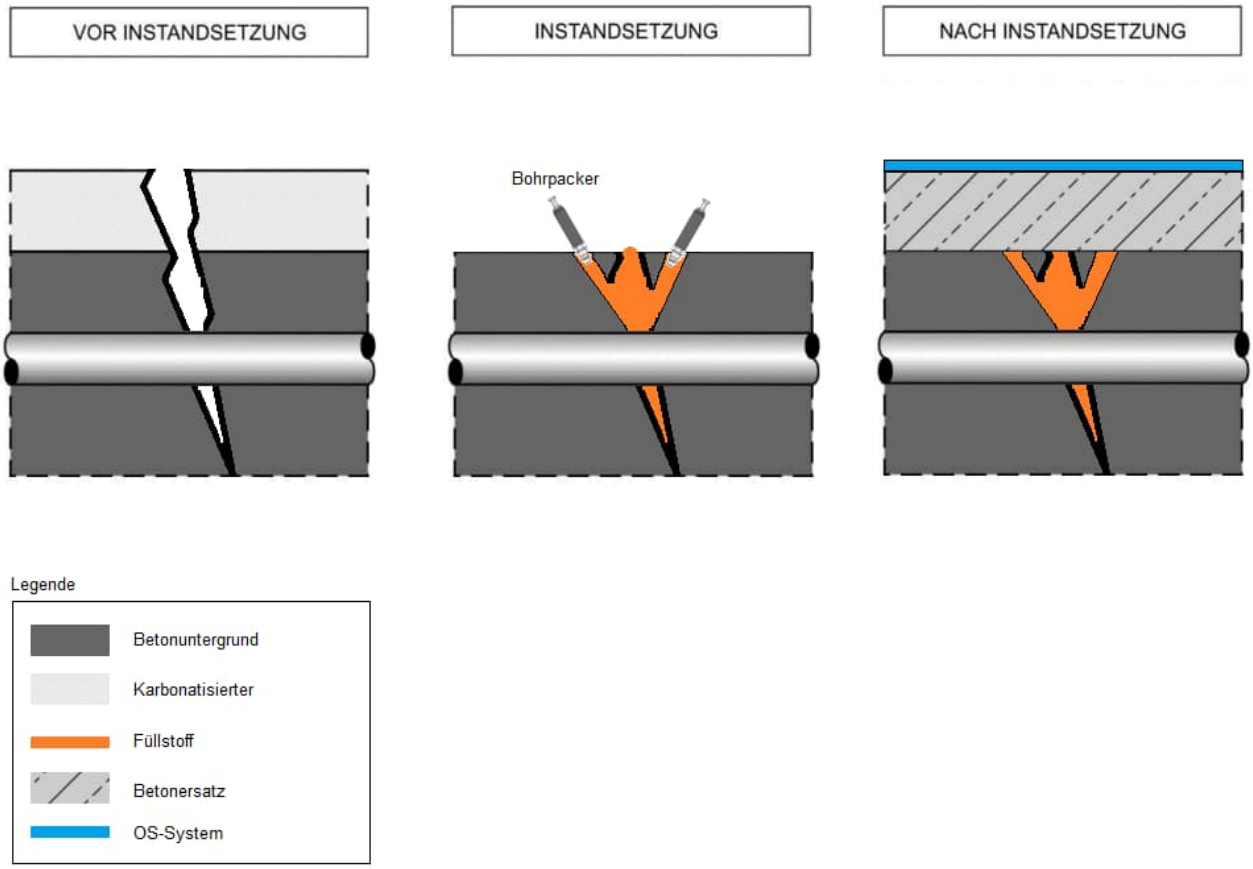


Abb. 9.1: Schematische Darstellung der Instandsetzungsmaßnahmen von kleinen Hohlräumen

9.4.1.1.1. Anforderungen an den Füllstoff der Hohlräume

Laut den TR-Instandhaltung von Mai 2020 muss der Füllstoff folgende Anforderungen erfüllen:

Füllziel	Merkmal	Prüfverfahren nach	Anforderung/Klassen	Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung
Schließen, Abdichten, Kraftschlüssiges Verbinden	Dichte [1)] A: Pulverkomponente von H B: Flüssigkomponente von H C: Zusatzmittel	DIN EN 1936:2007-02 DIN EN ISO 2811-1 oder DIN EN ISO 2811-2	Wert ermitteln und angeben A: ≤ ± 3 % B: ≤ ± 1 % C: ≤ ± 1 %	System B nach DIN 18200
	Korngrößenverteilung (Komp. A)	ISO 13320	Wert ermitteln und angeben kein Hinweis auf Veränderung $d_{95} \leq 16$ µm	System B nach DIN 18200
	Bestimmung der nicht flüchtigen Bestandeile (Komp. B, C)	DIN EN ISO 3251 alternativ: DIN EN ISO 11358-1	Wert ermitteln und angeben bei Feststoffgehalten > 20 %: ± 5 % [2)] bei Feststoffgehalten < 20 %: ± 10 % [2)]	System B nach DIN 18200 [3)]
	Chloridgehalt (Komp. A, B, C) Nachweis durch Lieferanten möglich	DIN EN 196-2 für Pulver DIN 4030-2 für B und C	Wert ermitteln und angeben ≤ 0,2 M.-% Massenanteile bezogen auf Zement	System B nach DIN 18200
	Infrarotspektroskopie (Komp, B, C)	DIN EN 1767 DIN 51451	Wert ermitteln und angeben kein Hinweis auf Veränderungen in der Zusammensetzung	System B nach DIN 18200 [3)]

1) Neben den Referenzverfahren nach DIN EN ISO 2811 Teil 1 und 2 gelten die Teile 3 und 4 bei Nachweis der gleichen Genauigkeit und Wiederholbarkeit als Alternativverfahren.
2) nur bei flüssigen Polymerkomponenten
3) Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-5:2004

Abb. 9.2: Anforderungen an den Bestandsteile des Füllstoffes der Hohlräume, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Füllziel	Merkmal	Prüfverfahren nach	Anforderung/Klassen	Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung
Schließen, Abdichten, Kraftschlüssiges Verbinden	Rohdichte am nicht erhärteten Rissfüllstoff	[1] nach Angang A2.2	Wert ermitteln und angeben ± 3%	System B nach DIN 18200
	Auslaufzeit (Marsh-Trichter) bei T_{min}, T_{norm}, T_{max}	DIN EN 14117	Wert ermitteln und angeben ± 20 %	System B nach DIN 18200 [3)]
	Erstarrungszeit bei T_{min}, T_{norm}, T_{max}	DIN EN 196-3	Wert ermitteln und angeben ± 20 %	System B nach DIN 18200 [3)]
	Eindringstabilität bei T_{min}, T_{norm}, T_{max}	DIN EN 14497	Wert ermitteln und angeben ≥ vorgegebener Wert der Herstellerangabe	System B nach DIN 18200 [3)]
	Volumenänderung (Absetzmaß)	DIN EN 445:1996-07	–1 % < Volumenänderung < +5 % des Anfangsvolumens	System B nach DIN 18200
	Haftung durch Haftzugfestigkeit	DIN EN 12618-2 in Verbindung mit DIN EN 1766 (MC 0.40)	Nach Prinzip 4 F1: $f_{ct} \geq 3{,}0$ MPa (2,5 MPa) [4)] F2: $f_{ct} \geq 2{,}0$ MPa (1,5 MPa) [4)]	Nur Erstprüfung

3) Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-5:2004
4) Der in Klammern angegebene Wert ist der niedrigste zulässige Messwert.
[1] BAWEmpfehlung „Instandsetzungsprodukte – Hinweise für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2019, ISSN 2192-5380

Abb. 9.3: Anforderungen an dem nicht erhärteten und erhärteten Füllstoff der Hohlräume, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Füllziel	Merkmal	Prüfverfahren nach	Anforderung/Klassen	Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung
Schließen, Abdichten, Kraftschlüssiges Verbinden	Rohdichte und Druckfestigkeit (7d) [6]	DIN EN 12190	$f_{c,7d} \geq 20$ MPa	System B nach DIN 18200 [3]
	Haftung durch Schrägscherfestigkeit	DIN EN 12618-3	monolithisches Versagen (ähnliche Rissmuster wie bei den Kontroll-prismen)	Nur Erstprüfung
	Bluten / Wasserabsonderung	DIN EN 445:1996-07	nach 3 h < 1 % des Anfangs-volumens ausgeblutet	Nur Erstprüfung
	Verarbeitbarkeitsdauer bei T_{min}, T_{norm}, T_{max}	Prüfverfahren im Labor nach [1] Anhang A2	Wert ermitteln und angeben Hohlrauminjektion: mindestens 120 min	Nur Erstprüfung
	Haftung durch Haftzugfestigkeit f_{ct} nach Temperaturwechselbeanspru-chung und Nass-Trocken-Zyklen	DIN EN 12618-2 / DIN EN 13687-3 in Ver-bindung mit DIN EN 1766 (MC 0.40) Probenpräparation nach [1] Anhang A2.2 (TW Maximaltempera-tur: 40 °C)	F1; F2: Verringerung der Haftzugfes-tigkeit um weniger als 30 % des Ausgangswertes	Nur Erstprüfung
	Verträglichkeit mit Beton abgedeckt durch: Haftung durch Haftzugfestigkeit	DIN EN 12618-2 / DIN EN 13687-3 in Verbindung mit DIN EN 1766 (MC 0.40)	F1; F2: Verringerung der Haftzug-festigkeit um weniger als 30 % des Ausgangswertes	Nur Erstprüfung
	Druckfestigkeit nach Hohlraum-injektion - Injektionsverfahren	Hohlrauminjektion im Labor nach [2]	Druckfestigkeit, Druckfestigkeits-steigerung im Vergleich zum nicht injizierten Probekörper, Wert ermitteln und angeben	Nur Erstprüfung
	Füllgrad nach Hohlrauminjektion - Injektionsverfahren		Füllgrad > 80 %	Nur Erstprüfung
	Elektrochemische Prüfung	DIN EN 480-14	Stromdichte ≤ 10 µA/cm² nach einer Stunde	Nur Erstprüfung

[3] Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-5:2004

[6] Abweichend zu DIN EN 12190 sind die Prüfkörper mit Zementleim / Zementsuspension ohne Sandzugabe herzustellen und nach DIN EN 12190:1998-12, A.1.1 nachzubehandeln.

[1] BAWEmpfehlung „Instandsetzungsprodukte – Hinweise für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2019, ISSN 2192-5380

[2] TL/TP FG–ZL/ZS "Technische Lieferbedingungen und Prüfvorschriften für Füllgut aus Zementleim/ Zementsuspension und zugehöriges Injektionsverfahren". Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenwesen, Abteilung Binnenschiffahrt und Wasserstraßen, Deutsche Bundesbahn. Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund 1995

Abb. 9.4: Anforderungen an dem nicht erhärteten und erhärteten Füllstoff der Hohlräume (Fortsetzung), Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

9.4.1.1.2. Anforderungen an die Injektionsgeräte

Laut den TR-Instandhaltung von Mai 2020 müssen die Injektionsgeräte folgende Eigenschaften haben:

- einfache Bedienbarkeit;
- einfache Überprüfbarkeit der Funktionsfähigkeit;
- geringe Störanfälligkeit;
- im von der Füllart abhängigen Arbeitsbereich des Injektionsgerätes regel- und begrenzbarer Druck;
- einfache Reinigung und Wartung.

Die Geräte für zweikomponentige Injektion müssen zusätzlich folgende Eigenschaften haben:

- hohe Dosiergenauigkeit auch bei veränderlichen Materialtemperaturen;
- geringe Anfälligkeit gegen fehlerhafte Bedienung (Verstellung des Dosierverhältnisses, Zuschaltung von Reinigungsmitteln usw.).

Zum Anmischen der Zementsuspensionen müssen Rührwerke eingesetzt werden, die alle Bestandteile so aufschließen, dass die geforderte Mischungsstabilität erreicht wird. Die Injizierbarkeit des Füllstoffes während der Verarbeitbarkeitsdauer muss gegebenenfalls durch geeignete Maßnahmen (z.B. Umwälzen und/oder Filtern) in entsprechenden Anlagen oder im Injektionsgerät, aufrechterhalten werden.

9.4.1.1.3. Anforderungen an die Packer

Laut den TR-Instandhaltung von Mai 2020 müssen die Packer (Klebepacker, die auf die Bauteiloberfläche geklebt werden, oder Bohrpacker, die in Bohrlöchern befestigt werden) so ausgebildet sein, dass:

- eine feste, dem Injektionsdruck genügende Verbindung zum Bauteil hergestellt werden kann;
- eine Entmischung des Füllstoffes während der Injektion nicht eintritt und das Austreten des Füllstoffes nach Beendigung der Arbeiten verhindert wird;
- im Bauwerk verbleibende Packerteile aus nicht rostenden Werkstoffen bestehen.

Bei der Verwendung von Klebepackern ist Folgendes zu beachten:

- Verdämmung sollte verwendet sein;
- die Fülltiefe sollte max. 600 mm sein;
- die Injektionsrichtung ist von unten nach oben;
- Die Injektion sollte fortgesetzt werden, wenn das in den Vorgängerpacker injizierte Füllstoff austritt.

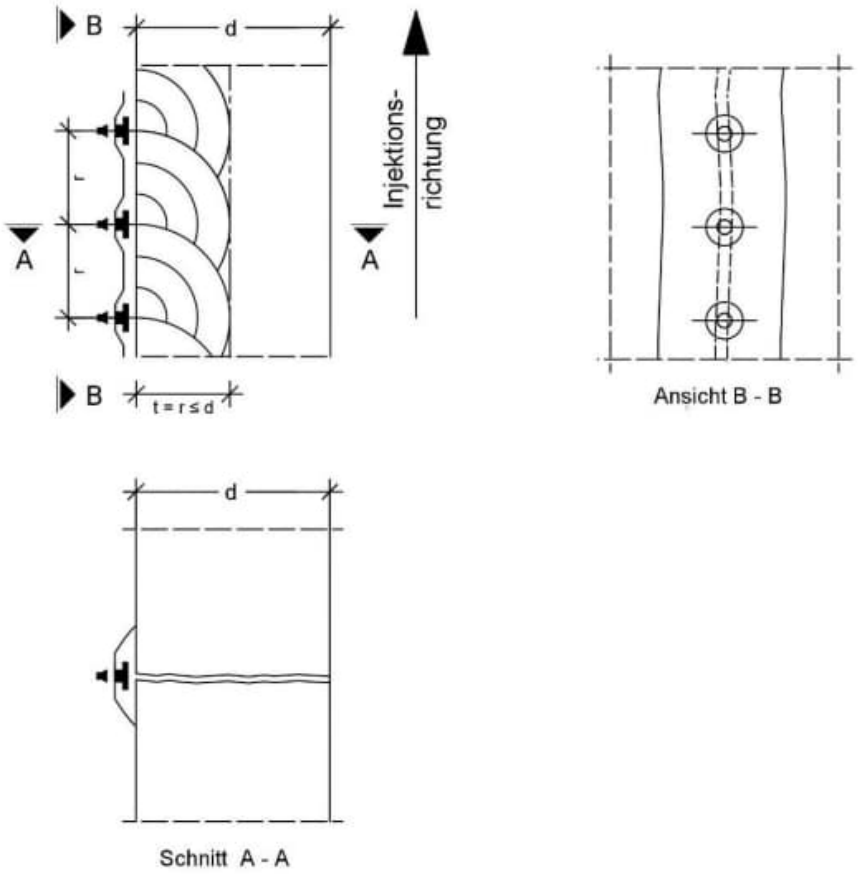


Abb. 9.5: Anordnung der Klepacker, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Bei der Verwendung von Bohrpackern ist Folgendes zu beachten:

- Die Bewehrung sollte durch die Herstellung der Bohrlöcher nicht beschädigt werden;
- die Fülltiefe sollte max. 600 mm sein;
- die Injektionsrichtung ist von unten nach oben;
- Die Injektion sollte fortgesetzt werden, wenn das in den Vorgängerpacker injizierte Füllstoff austritt.

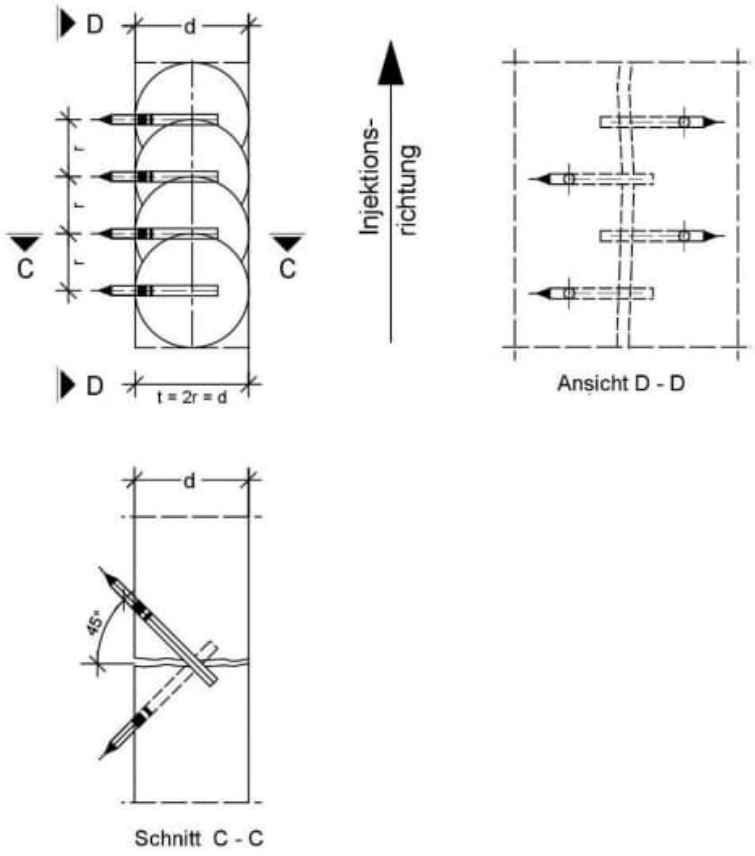


Abb. 9.6: Anordnung der Bohrpacker, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

9.4.1.2. Größere Hohlräume (w ≥ 25 mm)

Die Instandsetzung größerer Hohlräume sollte nach den Prinzipien der Querschnittsergänzung und Reprofilierung (9.4.2.) durchgeführt werden, nachdem der Hohlraum richtig mit einem 45°-Übergang zu den umgebenden Flächen geöffnet wurde.

9.4.2. Querschnittsergänzung und Reprofilierung

Prinzip (Bewehrung):	7	Erhalt oder Widerherstellung der Passivität
Verfahren:	7.1	Erhöhung bzw. Teilersatz der Betondeckung mit zusätzlichem Mörtel oder Beton
bzw.		
	7.2	Ersatz von chloridhaltigem oder karbonatisiertem Beton
und		
Prinzip (Beton):	3	Reprofilierung oder Querschnittsergänzung
Verfahren:	3.2	Betonieren oder Vergießen
und		
	3.3	Spritzauftrag

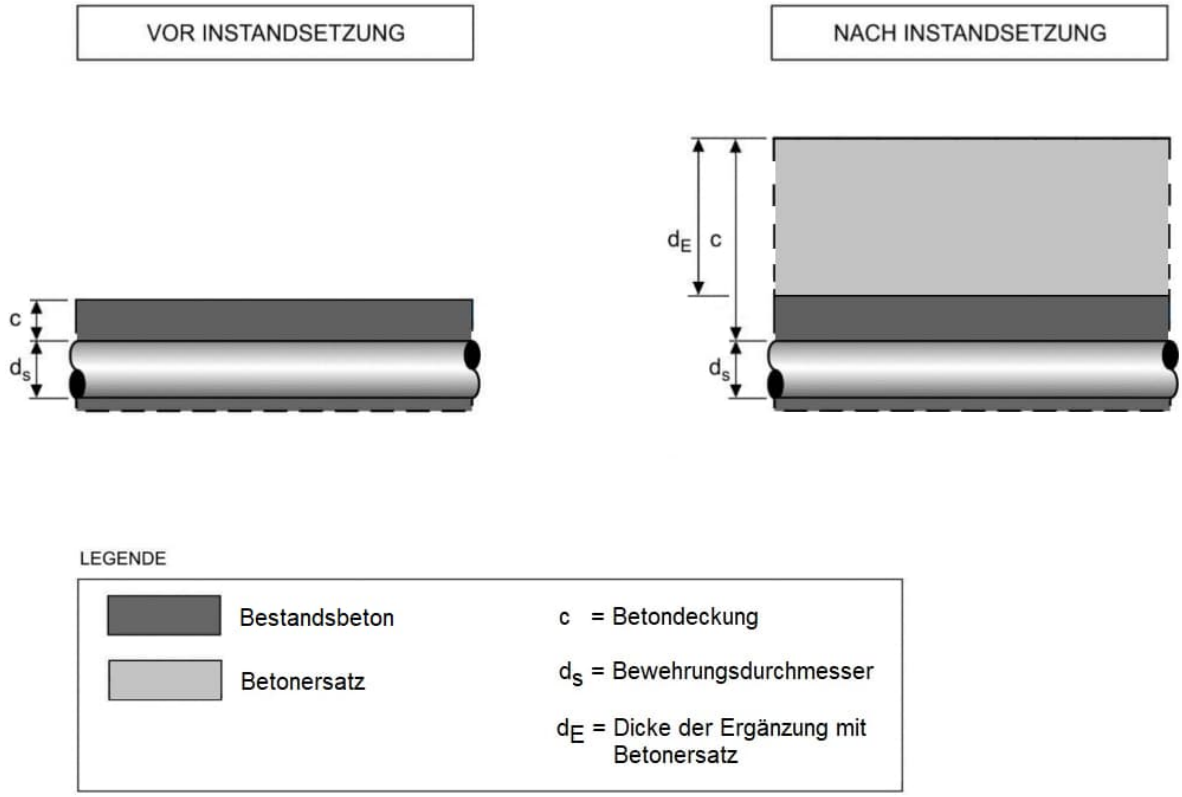


Abb. 9.7: Schematische Darstellung der Erhöhung bzw. Teilersatz der Betondeckung mit zusätzlichem Mörtel oder Beton

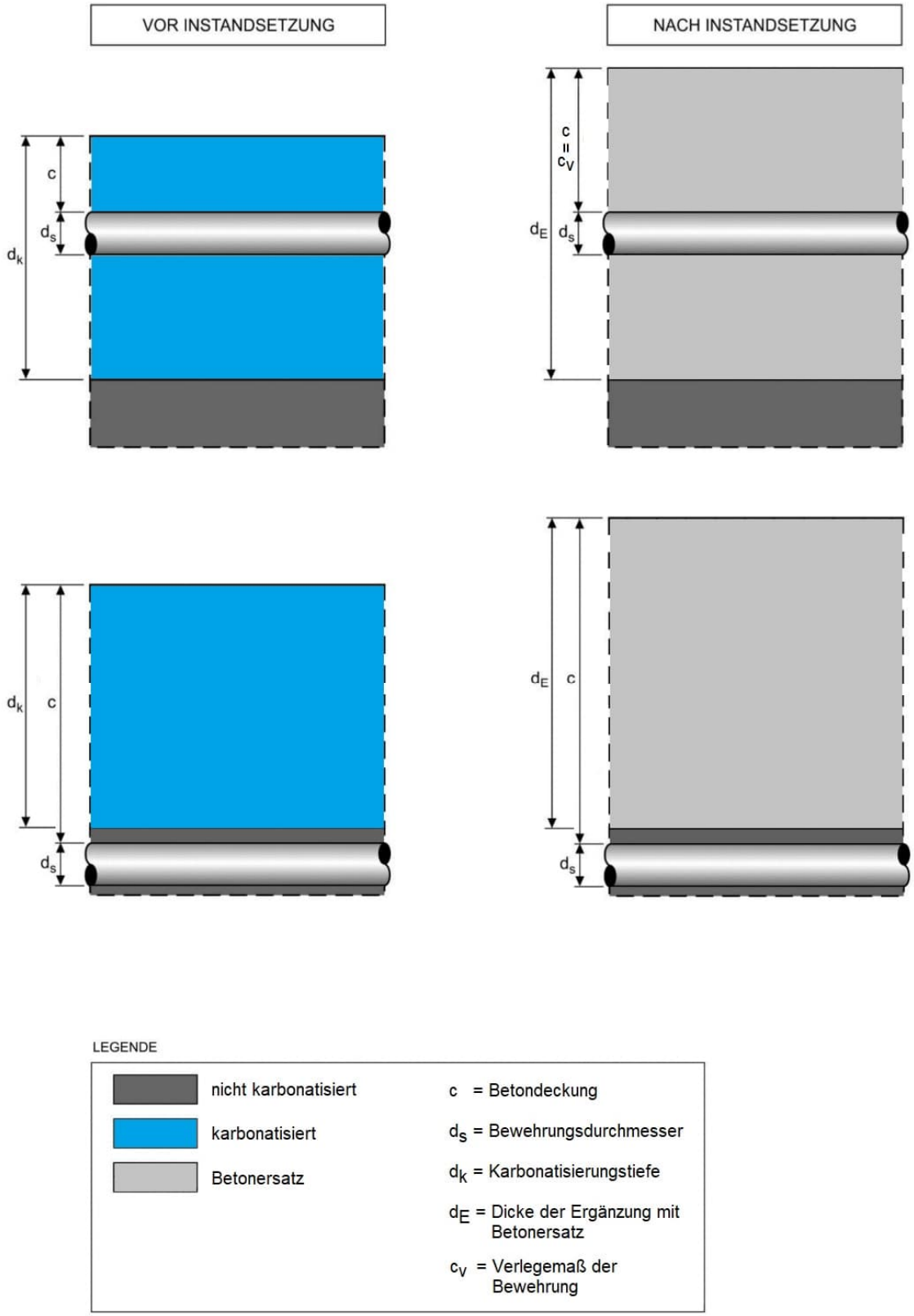


Abb. 9.8: Schematische Darstellung des Ersatzes von karbonatisiertem Beton

9.4.2.1. Dicke der Ergänzung mit Betonersatz

Die Dicke der Ergänzung mit Betonersatz (d_E) muss ausreichend sein, um die Anforderungen an die Betondeckung zu erfüllen.

9.4.2.1.1. Bodenplatten

$$d_E(mm) = max(30; c_{min} - c_{m,sol} - 5)$$

$c_{m,sol}$ ist der vorhandenen Betondeckung im Bauteil (laut Bestandspläne).

Die Dicke der Ergänzung mit Betonersatz ist **30 mm**.

9.4.2.1.2. Wände und Stützen

9.4.2.1.2.1. Bauteile, in denen die Bewehrung freiliegt (bzw. nach dem Betonabtrag freigelegt wird)

- Bereich mit der niedrigsten Altbetondeckung

$$d_E(mm) = c_{min} + Bewehrungsdurchmesser + 25 + \Delta_{d_E'}$$

- Bereiche mit einer Altbetondeckung kleiner/gleich als die Abtragstiefe (5 mm)

$$d_E(mm) = c_{min} + Bewehrungsdurchmesser + 25 + \Delta_{d_E}$$

- Bereiche mit einer Altbetondeckung größer als die Betonabtragstiefe (5 mm)

$$d_E(mm) = \max(30; \Delta_{d_E})$$

$\Delta_{dE'}$ und Δ_{dE} sind zusätzliche Dicken der Ergänzung mit Betonersatz, die erforderlich sind, um die Oberflächenhöhe der umliegenden Bereiche zu erreichen ($\Delta_{dE'} \geq 0$ mm; $\Delta_{dE} \geq 0$ mm).

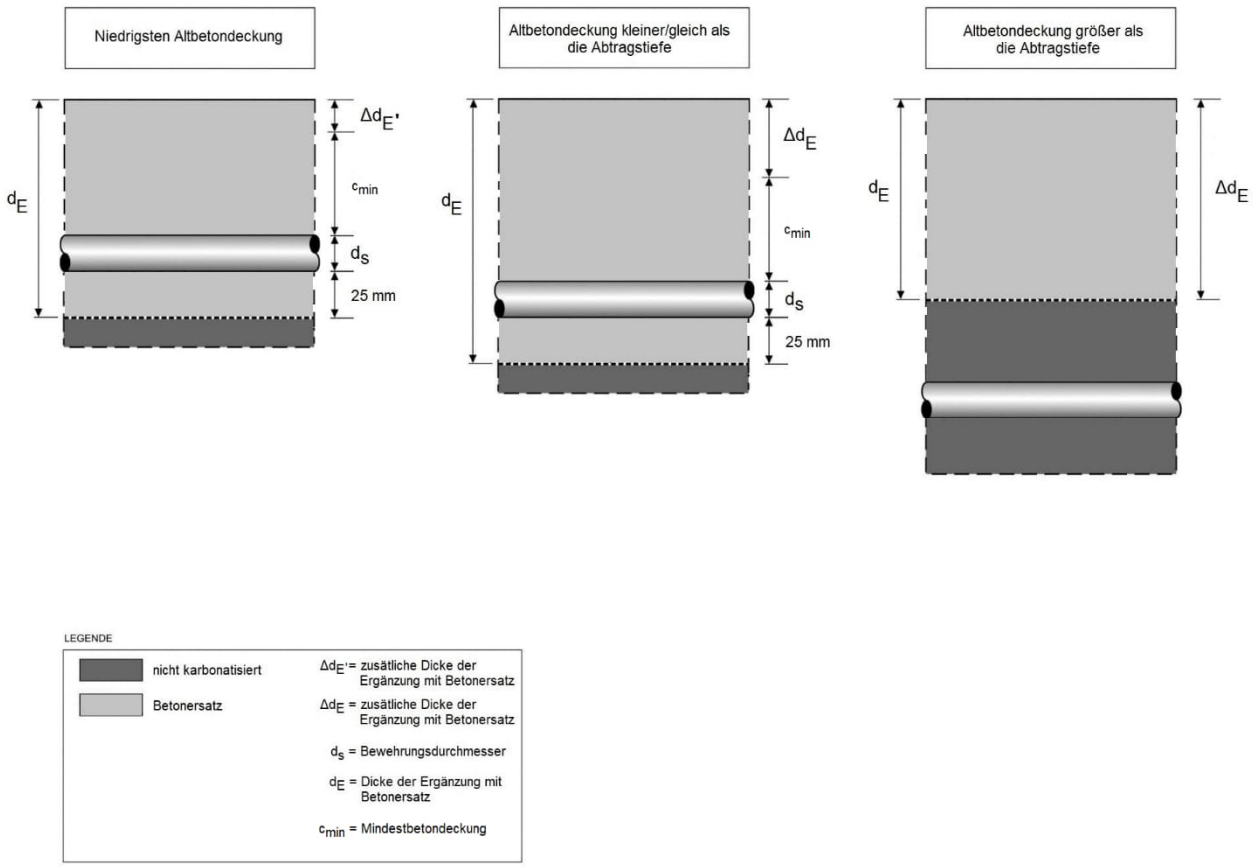


Abb. 9.9: Schematische Darstellung der Ergänzung mit Betonersatz – Wände und Stützen

Die Dicke der Ergänzung mit Betonersatz liegt zw. **40 mm** und **90 mm** (angenommen, dass $\Delta_{dE'}$ gleich Null ist).

9.4.2.1.2.2. Bauteile ohne freiliegende Bewehrung nach dem Betonabtrag

$$d_E(mm) = max(30; c_{min} - c_{m,is} + \Delta_{d_E'})$$

$\Delta_{dE'}$ ist die zusätzliche Dicke der Ergänzung mit Betonersatz, die erforderlich ist, um die Oberflächenhöhe der umliegenden Bereiche zu erreichen ($\Delta_{dE'} \geq 0$ mm).

$c_{m,is}$ ist der Mittelwert der stichprobenartigen ermittelten Betondeckung im Bauteil nach dem Betonabtrag.

Die Dicke der Ergänzung mit Betonersatz liegt zw. **30 mm** und **40 mm** (angenommen, dass $\Delta_{dE'}$ gleich Null ist).

9.4.2.1.3. Träger und Deckenplatten

9.4.2.1.3.1. Bauteile, in denen die Bewehrung freiliegt (bzw. nach dem Betonabtrag freigelegt wird)

- Bereich mit der niedrigsten Altbetondeckung

$$d_E(mm) = c_{min} + Bewehrungsdurchmesser + 25 + \Delta_{d_E'}$$

- Bereiche mit einer Altbetondeckung kleiner/gleich als die Abtragstiefe (10 mm)

$$d_E(mm) = c_{min} + Bewehrungsdurchmesser + 25 + \Delta_{d_E}$$

- Bereiche mit einer Altbetondeckung größer als die Betonabtragstiefe (10 mm)

$$d_E(mm) = \max(30; \Delta_{d_E})$$

$\Delta_{dE'}$ und Δ_{dE} sind zusätzliche Dicken der Ergänzung mit Betonersatz, die erforderlich sind, um die Oberflächenhöhe der umliegenden Bereiche zu erreichen ($\Delta_{dE'} \geq 0$ mm; $\Delta_{dE} \geq 0$ mm).

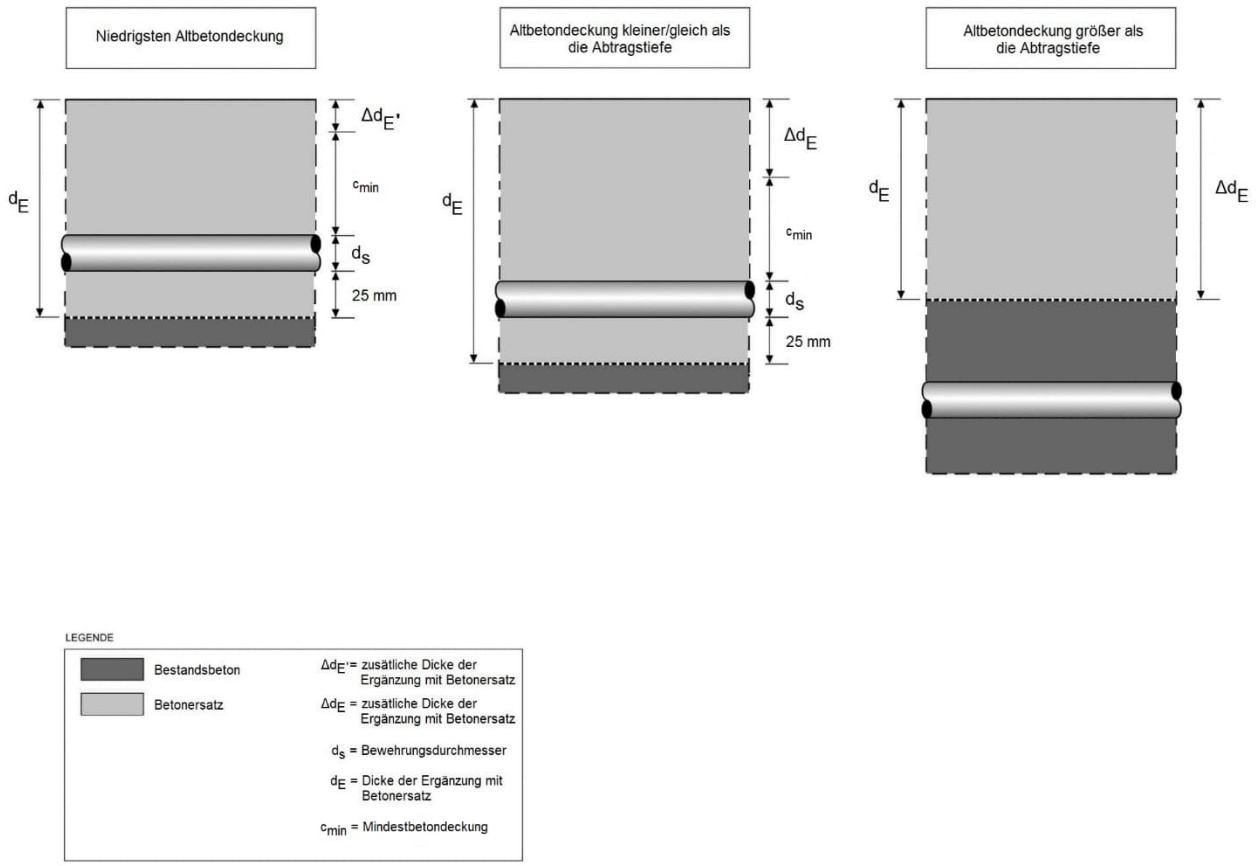


Abb. 9.10: Schematische Darstellung der Ergänzung mit Betonersatz – Träger und Deckenplatten

Die Dicke der Ergänzung mit Betonersatz liegt zw. **30 mm** und **90 mm** (angenommen, dass $\Delta_{dE'}$ gleich Null ist).

9.4.2.1.3.2. Bauteile ohne freiliegende Bewehrung nach dem Betonabtrag

$$d_E(mm) = max(30; c_{min} - c_{m,is} + \Delta_{d_E'})$$

$\Delta_{dE'}$ ist die zusätzliche Dicke der Ergänzung mit Betonersatz, die erforderlich ist, um die Oberflächenhöhe der umliegenden Bereiche zu erreichen ($\Delta_{dE'} \geq 0$ mm).

$c_{m,is}$ ist der Mittelwert der stichprobenartigen ermittelten Betondeckung im Bauteil nach dem Betonabtrag.

Die Dicke der Ergänzung mit Betonersatz ist **30 mm** (angenommen, dass $\Delta_{dE'}$ gleich Null ist).

9.4.2.2. Geeignete Produkte/Systeme

9.4.2.2.1. Bodenplatten

Altbetonklasse: A4

Expositionsklassen: XALL, XSTAT, XW2, XBW1 / 2, XD2, XC4, XA2, XF2 und XM1

Dicke der Ergänzung: (d_E) 30 mm

Verbund: Verbund wird sichergestellt durch **Adhäsion**

Betonersatz im Betonierverfahren nach TR-Instandhaltung von Mai 2020:

- Größtkorn = 8 mm;
- **RC-A4**;
- Zugelassen für den Einsatz in sulfat- und chloridbelasteten Anwendungsbereiche;
- Wassereindringtiefe gleich **WU-Beton**.

9.4.2.2.2. Wände und Stützen

Altbetonklasse:	A4
Expositionsklassen:	XALL, XSTAT, XW2, XBW1 / 2, XD2, XC4, XA2, XF2 und XM1
Dicke der Ergänzung: (d_E)	≤ 60 mm
Verbund:	Verbund wird sichergestellt durch **Adhäsion**

bzw.

Dicke der Ergänzung: (d_E)	> 60 mm
Verbund:	**Statischer Nachweis ist erforderlich**

Betonersatz im Spritzauftrag nach TR-Instandhaltung von Mai 2020:

- Größtkorn = 8 mm;
- **SRC-A4**;
- Zugelassen für den Einsatz in sulfat- und chloridbelasteten Anwendungsbereiche;
- Wassereindringtiefe gleich **WU-Beton**.

9.4.2.2.3. Träger und Deckenplatten

Altbetonklasse: A4

Expositionsklassen: XALL, XSTAT, XC4 und XF1

Dicke der Ergänzung: ≤ 60 mm
(d_E)

Verbund: Verbund wird sichergestellt durch **Adhäsion**

bzw.

Dicke der Ergänzung: > 60 mm
(d_E)

Verbund: **Statischer Nachweis ist erforderlich**

Betonersatz im Spritzauftrag nach TR-Instandhaltung von Mai 2020:

- Größtkorn = 8 mm;
- **SRC-A4**;
- Zugelassen für den Einsatz in sulfat- und chloridbelasteten Anwendungsbereiche;
- Wassereindringtiefe gleich **WU-Beton**.

9.4.2.3. Anforderungen an die Betondeckung

Laut den TR-Instandhaltung von Mai 2020 müssen die Anforderungen an die Mindestbetondeckung für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren auf der Grundlage der Expositionsklassen erfüllt werden.

Nach DIN EN 1992-1-1 ist die Mindestbetondeckung (c_{min}) wie folgt zu ermitteln:

$$c_{min}(mm) = k_i + \max\left(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10\right)$$

- k_i ist ein additives Element auf Grund der mäßigen Verschleißbeanspruchung (Opferschicht);
- $c_{min,b}$ ist die Mindestbetondeckung aus der Verbundanforderung;
- $c_{min,dur}$ ist die Mindestbetondeckung aus der Dauerhaftigkeitsanforderung;
- $\Delta c_{dur,\gamma}$ ist ein additives Sicherheitselement;
- $\Delta c_{dur,st}$ ist die Verringerung der Mindestbetondeckung bei Verwendung nichtrostenden Stahls;
- $\Delta c_{dur,add}$ ist die Verringerung der Mindestbetondeckung auf Grund zusätzlicher Schutzmaßnahmen.

9.4.2.3.1. Bodenplatten, Stützen und Wände

Bei der Expositionsklasse XM1 sollte k_i mit 5 mm (k_1) nach DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA berücksichtigt werden.

Die Anforderungen an den Verbund ($c_{min,b}$) sind abhängig vom Durchmesser der Bewehrung. Im vorliegenden Fall sind die Anforderungen an die Betondeckung bezüglich des Verbunds nicht die maßgebliche Anforderung.

Gemäß DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA sollte die Mindestbetondeckung bezüglich der Dauerhaftigkeitsanforderung ($c_{min,dur}$) für die ermittelten Expositionsklassen 35 mm betragen. Wenn die Druckfestigkeitsklasse des Bauwerksbetons höher als C45/55 ist, sollte $c_{min,dur}$ um 5 mm reduziert werden.

$\Delta c_{dur,st}$ und $\Delta c_{dur,add}$ sollten mit 0 mm berücksichtigt werden.

Bei der Expositionsklasse XD2 sollte $\Delta c_{dur,\gamma}$ mit 5 mm nach DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA berücksichtigt werden.

Die Mindestbetondeckung der Bewehrung (c_{min}) beträgt **40 mm**.

9.4.2.3.2. Träger und Deckenplatten

k_i sollte mit 0 mm berücksichtigt werden.

Die Anforderungen an den Verbund ($c_{min,b}$) sind abhängig vom Durchmesser der Bewehrung. Im vorliegenden Fall sind die Anforderungen an die Betondeckung bezüglich des Verbunds nicht die maßgebliche Anforderung.

Gemäß DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA sollte die Mindestbetondeckung bezüglich der Dauerhaftigkeitsanforderung ($c_{min,dur}$) für die ermittelten Expositionsklassen 25 mm betragen. Wenn die Druckfestigkeitsklasse des Bauwerksbetons höher als C45/55 ist, sollte $c_{min,dur}$ um 5 mm reduziert werden.

$\Delta c_{dur,st}$, $\Delta c_{dur,add}$ und $\Delta c_{dur,\gamma}$ sollten mit 0 mm berücksichtigt werden.

Die Mindestbetondeckung der Bewehrung (c_{min}) beträgt **20 mm**.

9.4.2.4. Indikative Mindestfestigkeit des Betonersatzes

Laut DIN EN 1992-1-1, DIN 1045-2 und DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 hat der Bauwerksbeton in Abhängigkeit von Expositionsklassen eine Indikative Mindestfestigkeit zu entsprechen.

	Expositionsklasse nach Tabelle 4.1									
Bewehrungskorrosion										
	ausgelöst durch Karbonatisierung				**ausgelöst durch Chloride ausgenommen Meerwasser**			**ausgelöst durch Chloride aus Meerwasser**		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Indikative Mindestfestigkeitsklasse	C16/20	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37 [a]	C35/45 [a oder c]	C35/45 [a]	C30/37 [a]	C35/45 [a oder c]	C35/45 [a]
Betonangriff										
	Kein Angriffs-risiko	**durch Frost mit und ohne Taumittel**				**durch chemischen Angriff der Umgebung**				
	X0	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3		
Indikative Mindestfestigkeitsklasse	C12/15	C25/30	C25/30 LP [b] C35/45 [c]	C25/30 LP [b] C35/45 [c]	C30/37 LP [b, d, e]	C25/30	C35/45 [a oder c]	C35/45 [a]		

[a] Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. auf Grund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Betonfestigkeitsklasse niedriger; siehe auch Fußnote [b].

[b] Diese Mindestbetonfestigkeitsklassen gelten für Luftporenbeton mit Mindestanforderungen an den mittleren Luftgehalt im Frischbeton nach DIN 1045-2 unmittelbar vor dem Einbau.

[c] Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ($r < 0{,}30$ nach DIN EN 206-1) eine Festigkeitsklasse im Alter von 28 Tagen niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen.

[d] Erdfeuchter Beton mit $w/z \leq 0{,}40$ auch ohne Luftporen

[e] Bei Verwendung eines CEM III/B nach DIN 1045-2:2008-08, Tabelle F.3.3, Fußnote c) für Räumerlaufbahnen in Beton ohne Luftporen mindestens C40/50 (hierbei gilt: $w/z \leq 0{,}35$, $z \geq 360$ kg/m³).

Abb. 9.11: Indikative Mindestfestigkeitsklassen, Auszug aus DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04

Bei die zugeordneten Expositionsklassen sind SRC-A4 und RC-A4 gut geeignet.

9.4.2.5. Anforderungen an den Betonuntergrund

Vor dem Einbringen des Betonersatzes muss der Betonuntergrund:

- frei sein von losen und mürben Teilen und von sich leicht ablösenden arteigenen Schichten und darf nicht abmehlen oder absanden;
- frei sein von etwa parallel zur Oberfläche oder schalenförmig im oberflächennahen Bereich verlaufenden Rissen und Ablösungen;
- frei sein von Kiesnestern und anderen Hohlstellen;
- frei sein von Graten.

Wenn die Verbindung zwischen Betonuntergrund und Betonersatz durch **Adhäsion** sichergestellt wird, sind die folgenden Anforderungen zu beachten:

	Instandsetzungssystem	Mindest-Rautiefenklasse
	1	2
1	Beton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 (ggf. als Trockenbeton), Spritzbeton (Größtkorn ≥ 8 mm), SRC (Größtkorn ≥ 8 mm), Vergussbeton [1)]	RT3,0
1)	Sofern die Anforderung an die verzahnte Fuge gemäß DIN EN 1992-1-1/NA gestellt werden.	

Abb. 9.12: Anforderungen an die Rauheit des Betonuntergrundes bei Adhäsionsverbund, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

	Rautiefeklasse	Anforderung an die mittlere Rautiefe R_t [1)] in [mm]
	1	2
5	RT3,0	$R_t \geq 3,0$
1)	Im Zuge der Untergrundvorbereitung darf die Rautiefe nicht mehr als unvermeidlich erhöht werden.	
ANMERKUNG: Die Rautiefe kann an horizontalen oder schwach geneigten Flächen mittels Sandverfahren nach DAfStb-RL SIB (Teil 3, Abschnitt 3.2.5) bestimmt werden. An stark geneigten Flächen und über Kopf können berührungslose Profilmessverfahren nach DIN EN ISO 13473-1 mit Geräten nach DIN ISO 13473-3 eingesetzt werden. Für alternative Verfahren ist ein Nachweis zur Korrelation mit den zuvor genannten Verfahren erforderlich.		

Abb. 9.13: Rautiefeklassen, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Wird die Verbindung zwischen Betonuntergrund und Betonersatz hingegen durch **Verankerung und Bewehrung** sichergestellt, bestehen keine Anforderungen an die Rauheit der Oberfläche des alten Betons. Trotzdem sind zur Reduzierung der erforderlichen Bewehrung für die Schubkraftübertragung die Anforderungen an die Verbindung durch Adhäsion zu beachten.

Bezüglich der Oberflächenzugfestigkeit muss der Betonuntergrund eine ausreichende Haftung für den Ersatz auf Basis der Altbetonklasse bieten.

	Schutz- bzw. Instandsetzungsmaßnahme: Örtliche Ausbesserung bzw. flächige Beschichtung	Mindestwerte der Oberflächenzugfestigkeit in [MPa]	
		Mittelwert	kleinster Einzelwert
6	Betonersatz	Abhängig von der Altbetonklasse, siehe Tabelle Einordnung des Altbetons im Bereich der Instandsetzungsebene	

Abb. 9.14: Anforderungen an die Oberflächenzugfestigkeiten, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

In diesem Fall sind die Anforderungen der Altbetonklasse A4 erfüllt (angenommen, dass in der Bodenplatte nach 5 mm Betonabtrag die Oberfläche ausreichend Haftung bieten kann).

Die Betonfeuchte muss ebenfalls entsprechend den Anforderungen an den Betonersatz berücksichtigt werden. Bei zementgebundenen Betonersatzstoffen sollte der Betonuntergrund feucht sein. Dennoch, wenn der Hersteller genauere Werte gefordert, sind die vorhandenen zu ermitteln und gegebenenfalls die geforderten herzustellen.

9.4.2.6. Anforderungen an den Betonersatz

Der Betonersatz im Betonierverfahren (**RC-A4**) und im Spritzauftrag (**SRC-A4**) muss die Anforderungen aus den TR-Instandhaltung – Teil 2 erfüllen.

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8
Zeile	**Einwirkung auf das Bauteil gemäß Tabelle 2 in Teil 1**	**Merkmal**	**Referenz-beton DIN EN 1766 bzw. [1] Anhang A1.9**	**Prüfverfahren**	**Prüfkörper**	**Anforderung**		**Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung**
Ausgangsstoffe								
1	XALL	Kornzusammen-setzung [1), 2)]	-	DIN EN 12192-1	-	≤ 5 % Überkorn ± 5 M.-% für Prüfkorngrößen ≥ 0,125 mm		System B nach DIN 18200 [3)]
2	XALL	Thermogravimetrie [1), 2)]	-	DIN EN ISO 11358-1	-	Wert ermitteln und angeben / Fingerprint Keine Hinweise auf Abweichung der Zusammensetzung		System B nach DIN 18200
3	XALL	Infrarotspektroskopie [1), 2)]	-	DIN EN 1767 DIN 51451	-	Wert ermitteln und angeben / Fingerprint Keine Hinweise auf Abweichung der Zusammensetzung		System B nach DIN 18200 [3)]
4	XALL	Festkörpergehalt/ Trockenrückstand Kunststoffzusatz (flüssig) [1), 2)]	-	DIN EN ISO 3251	-	Wert ermitteln und angeben ± 5 M.-% rel. bei Festkörpergehalten > 20 M. % ± 10 M.-% rel. bei Festkörpergehalten ≤ 20 M.-%		System B nach DIN 18200 [3)]
5	Wenn AKR relevant	Natriumäquivalent des Trocken-gemisches	-	DIN EN 196-2 (auch ICP-OES)	-	Wert ermitteln und angeben für Natriumäquivalent bezogen auf % der Trockenmasse ± 0,10 M.-%		System B nach DIN 18200

[1)] Sofern ein Feinspachtel vorgesehen ist, ist die Prüfung auch an dieser Systemkomponente durchzuführen.
[2)] Sofern eine Haftbrücke benötigt wird, ist die Prüfung auch an dieser Systemkomponente durchzuführen.
[3)] Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-3:2005

Abb. 9.15: Anforderungen an die Ausgangsstoffe des RC-A4, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8
Zeile	**Einwirkung auf das Bauteil gemäß Tabelle 2 in Teil 1**	**Merkmal**	**Referenz-beton DIN EN 1766 bzw. [1] Anhang A1.9**	**Prüfverfahren**	**Prüfkörper**	**Anforderung**		**Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung**
Frischbeton								
6	XALL	Konsistenz, Rohdichte und Luftgehalt [1), 2), 4)]	-	[1] Anhang A1.9	-	Wert ermitteln und angeben [5)] Ausbreitmaß: ± 15 % rel. Rohdichte: ± 0,10 kg/dm³ Luftgehalt: ± 2 Vol.-% abs. bzw. 50 % rel. (der kleinere Toleranzbereich ist maßgebend)		System B nach DIN 18200
7	XALL	Konsistenzänderung (Temperatur, Zeit) [1)]	-	[1] Anhang A1.10	-	Keine Hinweise auf nicht baustellengerechte Verarbeitbarkeit		System B nach DIN 18200
8	XALL	Verarbeitbarkeitsdauer Haftbrücke [2)]	-	[1] Anhang A1.10	-	hinreichend streichfähig		Nur Erstprüfung
9	XALL	Chloridgehalt [1), 2)]	-	DIN EN 1015-17	-	≤ 0,05 %		System B nach DIN 18200

[1)] Sofern ein Feinspachtel vorgesehen ist, ist die Prüfung auch an dieser Systemkomponente durchzuführen.
[2)] Sofern eine Haftbrücke benötigt wird, ist die Prüfung auch an dieser Systemkomponente durchzuführen.
[3)] Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-3:2005
[4)] An der Haftbrücke ist nur die Konsistenz zu prüfen.
[5)] Bezugswert für die Qualitätssicherung der Ausführung.

[1] BAWEmpfehlung „Instandsetzungsprodukte – Hinweise für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2019, ISSN 2192-5380

Abb. 9.16: Anforderungen an den RC-A4, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8
Zeile	**Einwirkung auf das Bauteil gemäß Tabelle 2 in Teil 1**	**Merkmal**	**Referenz-beton DIN EN 1766 bzw. [1] Anhang A1.9**	**Prüfverfahren**	**Prüfkörper**	**Anforderung**		**Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung**
Festbeton								
10	XALL	Festigkeit Lagerung B [1) 6)]	-	DIN EN 196-1, [1] Anhang A1.1	Prismen (6 Sätze)	Werte Druck- und Biegezugfestigkeit ermitteln und angeben $\Delta f_{D,28} = \pm 10$ %		System B nach DIN 18200 [3)]
						$\Delta f_{BZ,28} = \pm 20$ %		System B nach DIN 18200
11	XALL	Haftzugfestigkeit Lagerung B [7)]	MC 0.40	DIN EN 1542 [1] Anhang A1.4	Platten (2)	MW $f_{HZ} \geq 2{,}0$ MPa [8)] EW $f_{HZ} \geq 1{,}5$ MPa Rissbreite $\leq 0{,}10$ mm		System B nach DIN 18200
12	XC2 - XC4	Carbonatisierungs-fortschritt	-	BAW-MDCC [2]	Prismen (1 Sätze)	$d_{k,90} \leq 2$ mm (Werte ermitteln und angeben)		Nur Erstprüfung
13	XALL	Beurteilung des Korrosionsverhaltens [2)]	-	DIN EN 480-14 u. DIN EN 934-1	Zylinder	Nachweis: keine korrosionsfördernde Wirkung auf Betonstahl		System B nach DIN 18200
14	XALL	Kapillare Wasseraufnahme	-	DIN EN 13057	Bohrkerne (3)	$W_{24} \leq 0{,}5$ kg/(m²h^{0,5})		Nur Erstprüfung
15	XALL	Elastizitätsmodul (statisch) [9)]	-	DIN EN 13412, [1] Anhang A1.9	Prismen (2 Sätze)	$E_{28\,d} \geq 20$ GPa		System B nach DIN 18200
						± 10 % nach 28 d		
16	XALL	Schwinden und Begrenzung statischer E-Modul [9)]	-	DIN EN 12617-4 in Verbindung mit E-Modul 28 d aus Zeile 14	Schwind-prismen (1 Satz)	$\leq 0{,}90$ ‰ nach 28 d $\leq 1{,}10$ ‰ nach 90 d $E_{28\,d} \leq 40$ GPa		System B nach DIN 18200
						$\Delta\varepsilon_s = \pm 20$ % nach 90 d E-Modul = ± 10 % nach 28 d		
17	XALL	Behindertes Schwinden	-	[1] Anhang A1.6	Schwind-rinnen (2)	keine großflächigen Ablösungen vom Untergrund; Rissbreite $\leq 0{,}10$ mm		Nur Erstprüfung
18	XBW1, XBW2	Temperaturwechsel-verträglichkeit Teil 2: Gewitterregen-beanspruchung [1), 7)]	MC 0.40	DIN EN 13687-2, [1] Anhang A1.4 (50 Zyklen)	Platten (2) bzw. (4) [1)]	MW $f_{HZ} \geq 2{,}0$ MPa [8)] EW $f_{HZ} \geq 1{,}5$ MPa Rissbreite $\leq 0{,}10$ mm		Nur Erstprüfung
19	XF1 – XF4	Temperaturwechsel-verträglichkeit Teil 1: Frost/Tausalz-beanspruchung. [7)]	MC 0.40	DIN EN 13687-1, [1] Anhang A1.4 (50 Zyklen)	Platten (2)	MW $f_{HZ} \geq 2{,}0$ MPa [8)] EW $f_{HZ} \geq 1{,}5$ MPa Rissbreite $\leq 0{,}10$ mm		Nur Erstprüfung
20a	XBW1, XBW2 XW1, XW2	Druckfestigkeit 90 d, Lagerung A	-	DIN EN 196-1 [10)], [1] Anhang A1.1	Prismen (1 Satz)	$f_{D,90} \geq 0{,}70\ f_{D,90\,(Lag.\,B)}$ [11)]		Nur Erstprüfung
20b	XALL	Druckfestigkeit 28 d, Lagerung B (Prüfung Zeile 9)	-		Prismen	$f_{D,28} \geq 45$ MPa		Nur Erstprüfung
20c	XBW1, XBW2 XW1, XW2	Biegezugfestigkeit 90 d, Lagerung A	- -	DIN EN 196-1, [1] Anhang A1.1	Prismen (1 Satz)	$f_{BZ,90} \geq 0{,}70\ f_{BZ,90\,(Lag.\,B)}$ [11)]		Nur Erstprüfung
20d	XALL	Biegezugfestigkeit 28 d, Lagerung B (Prüfung Zeile 9)			Prismen	$f_{BZ,28} \geq 8$ MPa		Nur Erstprüfung
20e	XBW1, XBW2 XW1, XW2	Dauerhaftigkeit bei Wasserwechsel-beanspruchung	-	[1] Anhang A1.3	Prismen (4 Sätze)	$f_{BZ,90\,(MWW)} \geq 0{,}60\ f_{BZ,90\,(Lag.\,B)}$ [11)]		Nur Erstprüfung
20f	XBW1, XBW2 XW1, XW2	Beständigkeit in Calciumhydroxid-lösung	-	[1] Anhang A1.2	Prismen (3 Sätze)	$f_{BZ,90\,(Lag.\,Ca(OH)2)} \geq 0{,}85\ f_{BZ,56\,(Lag.\,Ca(OH)2)}$ [11)] $f_{BZ,90\,(Lag.\,Ca(OH)2)} \geq 0{,}70\ f_{BZ,90\,(Lag.\,B)}$ [11)]		Nur Erstprüfung
21	XBW1, XBW2 XW1, XW2 XSTAT	Haftzugfestigkeit nach 90 d Wasser-lagerung [4)]	MC 0.40	DIN EN 1542, [1] Anhang A1.4	Platten (2)	MW $f_{HZ} \geq 2{,}0$ MPa [8)] EW $f_{HZ} \geq 1{,}5$ MPa Rissbreite $\leq 0{,}10$ mm		Nur Erstprüfung

1) Sofern ein Feinspachtel vorgesehen ist, ist die Prüfung auch an dieser Systemkomponente durchzuführen.
2) Sofern eine Haftbrücke benötigt wird, ist die Prüfung auch an dieser Systemkomponente durchzuführen.
3) Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-3:2005
4) An der Haftbrücke ist nur die Konsistenz zu prüfen.
6) Am Feinspachtel ist nur der 28-Tage-Wert zu bestimmen.
7) Sofern eine Haftbrücke benötigt wird, sind die Verbundprüfungen des Betonersatz mit Haftbrücke durchzuführen.
8) Mindestens 10 verwertbare Einzelwerte zur Bildung des Mittelwertes erforderlich.
9) Alternativ kann mit Ausnahme der Einwirkung XSTAT der dynamische Elastizitätsmodul ermittelt werden. In diesem Fall gilt die Anforderung $E_{dyn} \geq 35$ GPa (RM-A5 oder RC-A5) bzw. $E_{dyn} \geq 25$ GPa (RM-A4 oder RC-A4)
10) Die Anforderungen an die Druckfestigkeit können auch durch Prüfung gemäß DIN EN 12190 nachgewiesen werden.
11) Der Nachweis gilt auch als erbracht, wenn die Anforderung an die Mindestfestigkeit nach 28 Tagen Lagerung B eingehalten wird.

[1] BAWEmpfehlung „Instandsetzungsprodukte – Hinweise für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2019, ISSN 2192-5380

Abb. 9.17: Anforderungen an den RC-A4 (Fortsetzung), Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8
Zeile	Einwirkung auf das Bauteil gemäß Tabelle 2 in Teil 1	Merkmal	Referenz-beton DIN EN 1766 bzw. [1] Anhang A1.9	Prüfverfahren	Prüfkörper	Anforderung		Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung
Festbeton								
22	XBW1, XBW2 XSTAT	Biegezugfestigkeit nach Lagerung B (Prüfung Zeile 9)	-	DIN EN 196-1, [1] Anhang A1.1	Prismen	$f_{BZ,90\,(Log.\,B)}$: kein Festigkeitsabfall gegenüber allen früheren Altersstufen		Nur Erstprüfung
23	XW1, XW2	Quellen	-	DIN EN 12617-4, [1] Anhang A1.9	Prismen (1 Satz)	≤ 0,30 ‰ nach 28 d $\Delta\varepsilon_Q$ = ± 20 % nach 28 d		System B nach DIN 18200
24	XSTAT	Kriechen unter Druckbeanspruchung	-	DIN EN 13584, [1] Anhang A1.9	Prismen (2 Sätze)	Wert ermitteln und angeben [13]		Nur Erstprüfung
25	XD1 – XD3 XS1 – XS3	Chlorideindring-widerstand	-	BAW-MDCC [2]	Bohrkerne	XD1-XD2, XS1-XS2: Wert ermitteln und angeben, MW $D_{Cl} \leq 10 \cdot 10^{-12}$ m²/s größter EW. $D_{Cl} \leq 12 \cdot 10^{-12}$ m²/s XD3, XS3: Wert ermitteln und angeben, MW $D_{Cl} \leq 5 \cdot 10^{-12}$ m²/s größter EW. $D_{Cl} \leq 7 \cdot 10^{-12}$ m²/s		Nur Erstprüfung
26	XALL	Trockenrohdichte [5]	-	DIN 52170-1	Bohrkerne (6)	Wert ermitteln und angeben, Proben aus Prüfung nach Zeile 10 [5] Unterschreitung ermittelter Wert ≤ 0,04 kg/dm³		System B nach DIN 18200

[5] Bezugswert für die Qualitätssicherung der Ausführung.

[13] Rechenwert für den Sachkundigen Planer (Endkriechzahl).

[1] BAWEmpfehlung „Instandsetzungsprodukte – Hinweise für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2019, ISSN 2192-5380

[2] BAW-Merkblatt „Dauerhaftigkeitsbemessung und -bewertung von Stahlbetonbauwerken bei Carbonatisierung und Chlorideinwirkung (MDCC)" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2017, ISSN 2192-5380

Abb. 9.18: Anforderungen an den RC-A4 (Fortsetzung), Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zeile	Einwirkung auf das Bauteil gemäß Tabelle 2 in Teil 1	Merkmal	Referenz-beton DIN EN 1766 bzw. [1] Anhang A1.9	Prüfverfahren	Prüfkörper	Anforderung				Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung
Ausgangsstoffe										
1	XALL	Kornzusammen-setzung	-	DIN EN 12192-1	-	≤ 5 % Überkorn ± 5 M.-% für Prüfkorngrößen ≥ 0,125 mm				System B nach DIN 18200 [1]
2	XALL	Thermogravimetrie	-	DIN EN ISO 11358-1	-	Wert ermitteln und angeben / Fingerprint Keine Hinweise auf Abweichung der Zusammensetzung				System B nach DIN 18200
3	XALL	Infrarotspektroskopie	-	DIN EN 1767 DIN 51451	-	Wert ermitteln und angeben / Fingerprint Keine Hinweise auf Abweichung der Zusammensetzung				System B nach DIN 18200 [1]
4	Wenn AKR relevant	Natriumäquivalent des Trocken-gemisches	-	DIN EN 196-2 (auch ICP-OES)	-	Wert ermitteln und angeben für Natriumäquivalent bezogen auf % der Trockenmasse ± 0,10 M.-%				System B nach DIN 18200

[1] Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-3:2005

Abb. 9.19: Anforderungen an die Ausgangsstoffe des SRC-A4, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zeile	**Einwirkung auf das Bauteil gemäß Tabelle 2 in Teil 1**	**Merkmal**	**Referenz-beton DIN EN 1766 bzw. [1] Anhang A1.9**	**Prüfverfahren**	**Prüfkörper**	**Anforderung**				**Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung**
Frisch- und Festbeton (im Zwangsmischer hergestellt)										
5	XALL	Konsistenz, Rohdichte und Luftgehalt	-	[1] Anhang A1.9	-	Wert ermitteln und angeben Ausbreitmaß: ± 15 % rel. Rohdichte: ± 0,10 kg/dm³ Luftgehalt: ± 2 Vol.-% abs. bzw. 50 % rel. (der kleinere Toleranzbereich ist maßgebend)				System B nach DIN 18200
6	XALL	Festigkeit Lagerung B	-	DIN EN 196-1, [1] Anhang A1.9	Prismen (1 Satz)	Werte Druck- und Biegezugfestigkeit ermitteln und angeben $\Delta f_{D,28} = \pm 10$ %				System B nach DIN 18200 [1]
						$\Delta f_{BZ,28} = \pm 20$ %				System B nach DIN 18200
7	XALL	Elastizitätsmodul (statisch)	-	DIN EN 13412, [1] Anhang A1.9	Prismen (1 Satz)	Wert ermitteln und angeben ± 10 % nach 28 d				System B nach DIN 18200
8	XALL	Schwinden	-	DIN EN 12617-4, [1] Anhang A1.9	Prismen (1 Satz)	Wert ermitteln und angeben $\Delta\varepsilon_s = \pm 20$ % nach 28 und 90 d				System B nach DIN 18200
9	XALL	Beurteilung des Korrosionsverhaltens	-	DIN EN 480-14 u. DIN EN 934-1	Zylinder	Nachweis: keine korrosionsfördernde Wirkung auf Betonstahl				System B nach DIN 18200
Frischbeton (gespritzte Probe)										
10	XALL	Frischmörtelroh-dichte [2]	-	[1] Anhang A1.8	Spritzpfanne	Wert ermitteln und angeben [2] Unterschreitung ermittelter Wert ≤ 0,07 kg/dm³				System B nach DIN 18200
11	XALL	Chloridgehalt	-	DIN EN 1015-17	-	≤ 0,05 %				System B nach DIN 18200

[1] Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-3:2005
[2] Bezugswert für die Qualitätssicherung der Ausführung.
[1] BAWEmpfehlung „Instandsetzungsprodukte – Hinweise für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2019, ISSN 2192-5380

Abb. 9.20: Anforderungen an den SRC-A4, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zeile	Einwirkung auf das Bauteil gemäß Tabelle 2 in Teil 1	Merkmal	Referenz-beton DIN EN 1766 bzw. [1] Anhang A1.9	Prüfverfahren	Prüfkörper	Anforderung				Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung
Festbeton										
12	XALL	Haftzugfestigkeit Lagerung B	MC 0.40, A3, A2	DIN EN 1542, [1] Anhang A1.4	Platten (2)	MW $f_{ctZ} \geq 2{,}0$ MPa [3] EW $f_{ctZ} \geq 1{,}5$ MPa Rissbreite $\leq 0{,}10$ mm				System B nach DIN 18200
13	XC2 – XC4	Carbonatisierungs-fortschritt	-	BAW-MDCC [2]	Prismen (1 Satz)	$d_{k,90} \leq 2$ mm (Werte ermitteln und angeben)				Nur Erstprüfung
14	XALL	Kapillare Wasseraufnahme	-	DIN EN 13057	Bohrkerne (3)	$W_{24} \leq 0{,}5$ kg/(m²h^{0,5})				Nur Erstprüfung
15	XALL	Elastizitätsmodul (statisch) [4]	-	DIN EN 13412, [1] Anhang A1.1	Prismen (2 Sätze)	$E_{28\,d} \geq 20$ GPa ± 10 % nach 28 d				System B nach DIN 18200
16	XALL	Schwinden und Begrenzung statischer E-Modul [4]	-	DIN EN 12617-4 in Verbindung mit E-Modul 28 d aus Zeile 14	Schwind-prismen (1 Satz)	$\leq 0{,}80$ ‰ nach 28 d $\leq 1{,}00$ ‰ nach 90 d $E_{28\,d} \leq 40$ GPa $\Delta\varepsilon_s = \pm 20$ % nach 28 bzw. 90 d E-Modul = ± 10 % nach 28 d				System B nach DIN 18200
17	XALL	Behindertes Schwinden	-	[1] Anhang A1.6	Schwind-rinnen (2)	keine großflächigen Ablösungen vom Untergrund Rissbreite $\leq 0{,}10$ mm				Nur Erstprüfung
18	XALL	Feststellung der Spritzeignung	-	[1] Anhang A1.7	Stabstahl-einbettung	Fehlerlängensumme ≤ 120 mm				Nur Erstprüfung
19	XBW1, XBW2	Temperaturwechsel-verträglichkeit Teil 2: Gewitterregen-beanspruchung	MC 0.40, A3, A2	DIN EN 13687-2, [1] Anhang A1.4 (50 Zyklen)	Platten (2)	MW $f_{ctZ} \geq 2{,}0$ MPa [3] EW $f_{ctZ} \geq 1{,}5$ MPa Rissbreite $\leq 0{,}10$ mm				Nur Erstprüfung
20	XF1 – XF4	Temperaturwechsel-verträglichkeit Teil 1: Frost/Tausalz-beanspruchung	MC 0.40, A3, A2	DIN EN 13687-1, [1] Anhang A1.4 (50 Zyklen)	Platten (2)	MW $f_{ctZ} \geq 2{,}0$ MPa [3] EW $f_{ctZ} \geq 1{,}5$ MPa Rissbreite $\leq 0{,}10$ mm				Nur Erstprüfung
21a	XBW1, XBW2 XW1, XW2	Druckfestigkeit 90 d, Lagerung A	-	DIN EN 196-1 [5], [1] Anhang A1.1	Prismen (je Prüfalter und Lagerung 1 Satz)	$f_{D,90} \geq 0{,}70\ f_{D,90\,(Lag.\,B)}$ [6] $\Delta f_{D,90} = \pm 10$ %				System B nach DIN 18200
21b	XALL	Druckfestigkeit 2, 7, 28, 90 d nach Lagerung B				$f_{D,28} \geq 45$ MPa				Nur Erstprüfung
21c	XBW1, XBW2 XW1, XW2	Biegezugfestigkeit 90 d, Lagerung A	-	DIN EN 196-1, [1] Anhang A1.1		$f_{BZ,90} \geq 0{,}70\ f_{BZ,90\,(Lag.\,B)}$ [6] $\Delta f_{BZ,90} = \pm 20$ %				System B nach DIN 18200
21d	XALL	Biegezugfestigkeit 2, 7, 28, 90 d nach Lagerung B				$f_{BZ,28} \geq 8$ MPa				Nur Erstprüfung
21e	XBW1, XBW2 XW1, XW2	Dauerhaftigkeit bei Wasserwechsel-beanspruchung	-	[1] Anhang A1.3	Prismen (4 Sätze)	$f_{BZ,90\,(MWW)} \geq 0{,}60\ f_{BZ,90\,(Lag.\,B)}$ [6]				Nur Erstprüfung
21f	XBW1, XBW2 XW1, XW2	Beständigkeit in Calciumhydroxid-lösung	-	[1] Anhang A1.2	Prismen (3 Sätze)	$f_{BZ,90\,(Lag.\,Ca(OH)2)} \geq 0{,}85\ f_{BZ,56\,(Lag.\,Ca(OH)2)}$ [6] $f_{BZ,90\,(Lag.\,Ca(OH)2)} \geq 0{,}70\ f_{BZ,90\,(Lag.\,B)}$ [6]				Nur Erstprüfung
22	XBW1, XBW2 XSTAT	Biegezugfestigkeit nach Lagerung B (Prüfung Zeile 20d)	-	DIN EN 196-1, [1] Anhang A1.1	Prismen	$f_{BZ,90\,(Lag.\,B)}$: kein Festigkeitsabfall gegenüber allen früheren Altersstufen				Nur Erstprüfung
23	XBW1, XBW2 XW1, XW2 XSTAT	Haftzugfestigkeit nach 90 d Wasser-lagerung	MC 0.40, A3, A2	DIN EN 1542, [1] Anhang A1.4	Platten (2)	MW $f_{ctZ} \geq 2{,}0$ MPa [3] EW $f_{ctZ} \geq 1{,}5$ MPa Rissbreite $\leq 0{,}10$ mm				Nur Erstprüfung

[3] Mindestens 10 verwertbare Einzelwerte zur Bildung des Mittelwertes erforderlich.

[4] Alternativ kann mit Ausnahme der Einwirkung XSTAT der dynamische Elastizitätsmodul ermittelt werden. In diesem Fall gilt die Anforderung $E_{dyn} \geq 35$ GPa (SRM-A5 oder SRC-A5), $E_{dyn} \geq 25$ GPa (SRM-A4 oder SRC-A4) bzw. $E_{dyn} \geq 18$ GPa (SRM-A3 oder SRC-A3).

[5] Die Anforderungen an die Druckfestigkeit können auch durch Prüfung gemäß DIN EN 12190 nachgewiesen werden.

[6] Der Nachweis gilt auch als erbracht, wenn die Anforderung an die Mindestfestigkeit nach 28 Tagen Lagerung B eingehalten wird.

[1] BAWEmpfehlung „Instandsetzungsprodukte – Hinweise für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2019, ISSN 2192-5380

[2] BAW-Merkblatt „Dauerhaftigkeitsbemessung und -bewertung von Stahlbetonbauwerken bei Carbonatisierung und Chlorideinwirkung (MDCC)" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2017, ISSN 2192-5380

Abb. 9.21: Anforderungen an den SRC-A4 (Fortsetzung), Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zeile	**Einwirkung auf das Bauteil gemäß Tabelle 2 in Teil 1**	**Merkmal**	**Referenz-beton DIN EN 1766 bzw. [1] Anhang A1.9**	**Prüfverfahren**	**Prüfkörper**	**Anforderung**				**Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung**
Festbeton										
24	XD1 – XD3 XS1 – XS3	Chlorideindring-widerstand	-	BAW-MDCC [2]	Bohrkerne	Wert ermitteln und angeben, MW $D_{Cl} \leq 10 \cdot 10^{-12}$ m²/s größter EW. $D_{Cl} \leq 12 \cdot 10^{-12}$ m²/s				Nur Erstprüfung
25	XW1, XW2	Quellen	-	DIN EN 12617-4, [1] Anhang A1.1	Prismen (1 Satz)	≤ 0,30 ‰ nach 28 d $\Delta\varepsilon_Q$ = ± 20 % nach 28 d				System B nach DIN 18200
26	XSTAT	Kriechen unter Druckbeanspruchung	-	DIN EN 13584, [1] Anhang A1.1	Prismen (2 Sätze)	Wert ermitteln und angeben [8)]				Nur Erstprüfung
27	XALL	Trockenrohdichte [2)]	-	DIN 52170-1, [1] Anhang A1.1	Prismen (1 Satz)	Wert ermitteln und angeben [2)] Unterschreitung ermittelter Wert ≤ 0,04 kg/dm³				System B nach DIN 18200 [1)]

1) Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-3:2005
2) Bezugswert für die Qualitätssicherung der Ausführung.
8) Rechenwert für den Sachkundigen Planer (Endkriechzahl).
[1] BAWEmpfehlung „Instandsetzungsprodukte – Hinweise für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2019, ISSN 2192-5380
[2] BAW-Merkblatt „Dauerhaftigkeitsbemessung und -bewertung von Stahlbetonbauwerken bei Carbonatisierung und Chlorideinwirkung (MDCC)" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2017, ISSN 2192-5380

Abb. 9.22: Anforderungen an den SRC-A4 (Fortsetzung), Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Laut TR-Instandhaltung von Mai 2020 beträgt die Mindestnachbehandlungsdauer von SRC-A4 und RC-A4 5 Tage, sofern die Angaben zur Ausführung des Produktherstellers keine abweichenden Anforderungen enthalten. Bei größeren zeitlichen Abständen zwischen einzelnen Lagen sind temporäre Nachbehandlungsmaßnahmen und ggf. Maßnahmen zur Untergrundvorbereitung vorzusehen.

Um die Kompatibilität des E-Moduls zwischen Betonersatz und Betonuntergrund zu erreichen, muss die folgende zusätzliche Anforderung erfüllt werden:

$$E_{c,s} \cong 58{,}0\ GPa$$

$E_{c,s}$ ist der nach 28 Tagen gemäß DIN EN 13412 ermittelte E-Modul.

Bezüglich der Wasserdurchlässigkeit (**WU**) sind Prüfungen der Wassereindringtiefe nach DIN 12390-8 durchzuführen. Als Grenzwert für die Auswertung der Ergebnisse von 3 Prüfkörpern pro Abschnitt kann eine maximale Wassereindringtiefe von 50 mm festgelegt werden.

Die verwendete Spritzanlage ist Bestandteil der Systemprüfung. Der Abstand der Spritzdüse von der Auftragsfläche beträgt mind. 0,50 m. Beim Hinterspritzen von vollständig freigelegter Bewehrung darf der Düsenabstand verringert werden.

Beim Trocken-Spritzverfahren erfolgt die Herstellung der gespritzten Proben mit 40 m Schlauchlänge. Kürzere Schlauchlängen sind nicht zugelassen. Größere Schlauchlängen müssen in einer neuen reduzierten Erstprüfung des Systems geprüft werden. Zwischenlängen erfordern keine zusätzlichen Prüfungen.

9.4.2.7. Witterungsbedingungen

Laut den TR-Instandhaltung von Mai 2020 müssen die Witterungsbedingungen bei der Einbringung des Betonersatzes wie folgt sein:

	Exposition	zementgebundene Stoffe, auch mit Kunststoffzusatz
	1	2
1	Relative Luftfeuchte	keine Forderung
2	Niederschlag	kein Regen
3	Wind	Windstärke ≤ 3 Beaufort [1], entsprechen ≤ ca. 5 m/s
4	Sonne	Austrocknung durch Sonneneinstrahlung muss vermieden werden

[1] Blätter und dünne Zweige in dauernder Bewegung, der Wind streckt einen Wimpel

Abb. 9.23: Witterungsbedingungen, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

9.4.2.8. Temperatur des Betonuntergrundes und der unmittelbar überlagernden Luftschicht

Laut den TR-Instandhaltung von Mai 2020 müssen die folgenden Grenzwerte berücksichtigt werden:

	1	2	3
	Aufzubringender Stoff	Temperatur [°C] Mindestens	Höchstens
1	Zementgebundene Stoffe, auch mit Kunststoffzusatz	5	30

Abb. 9.24: Grenztemperaturen des Betonuntergrundes und der unmittelbar überlagernden Luftschicht, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Bei den Grenzwerten sind auch die Temperaturentwicklung für den Zeitraum der Ausführung und im angemessen anschließenden Zeitraum sowie die Abkühlung in der Nacht zu beachten.

9.4.2.9. Erschütterungen

Während des Erhärtens des Betonersatz sind Erschütterungen zu vermeiden (oder das Instandsetzungsprodukt muss für das zu erwartende Erschütterungsniveau während der Aushärtung zugelassen sein).

9.4.2.10. Bemessung der Vorsatzschale

Gemäß TR-Instandhaltung vom Mai 2020 ist die Vorsatzschale in den Fällen, in denen der Dicke der Ergänzung mit Betonersatz größer als 60 mm ist, als Teil der Bauwerke für die maßgebenden Einwirkungen zu bemessen.

Die erforderlichen Nachweise sind durch einen Statiker durchzuführen.

9.4.3. Bauwerksfugen

Da die TR-Instandhaltung keinen eigenen Abschnitt für Bauwerksfugen enthält, wurden andere Regelwerke und Richtlinien herangezogen:

- Nach dem DWA-Regelwerk DWA-M 211 sind die Bauwerksfugen zu übernehmen und es sollte sichergestellt sein, dass sie in einem funktionsfähigen Zustand sind.
- Laut der DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton dürfen Bauprodukte als Fugenabdichtung verwendet werden, wenn einer Verwendbarkeitsnachweis nachgewiesen ist, dass die Bauprodukte für den Verwendungszweck maßgebenden Anforderungen erfüllt sind.

Die Bauwerksfugen sind komplett zu erneuern, um die Funktionsfähigkeit sicherzustellen. Der verwendete Füllstoff muss für den Einsatz in **sulfat-** und **chloridbelasteten** Anwendungsbereichen zugelassen sein.

Instandsetzungsziel Abdichten der Fugen zur Verhinderung des Eindringens schädliche Medien

Um eine schematische Darstellung der Instandsetzungsmaßnahmen von Bauwerksfugen zu erhalten, wurde [11] beachtet:

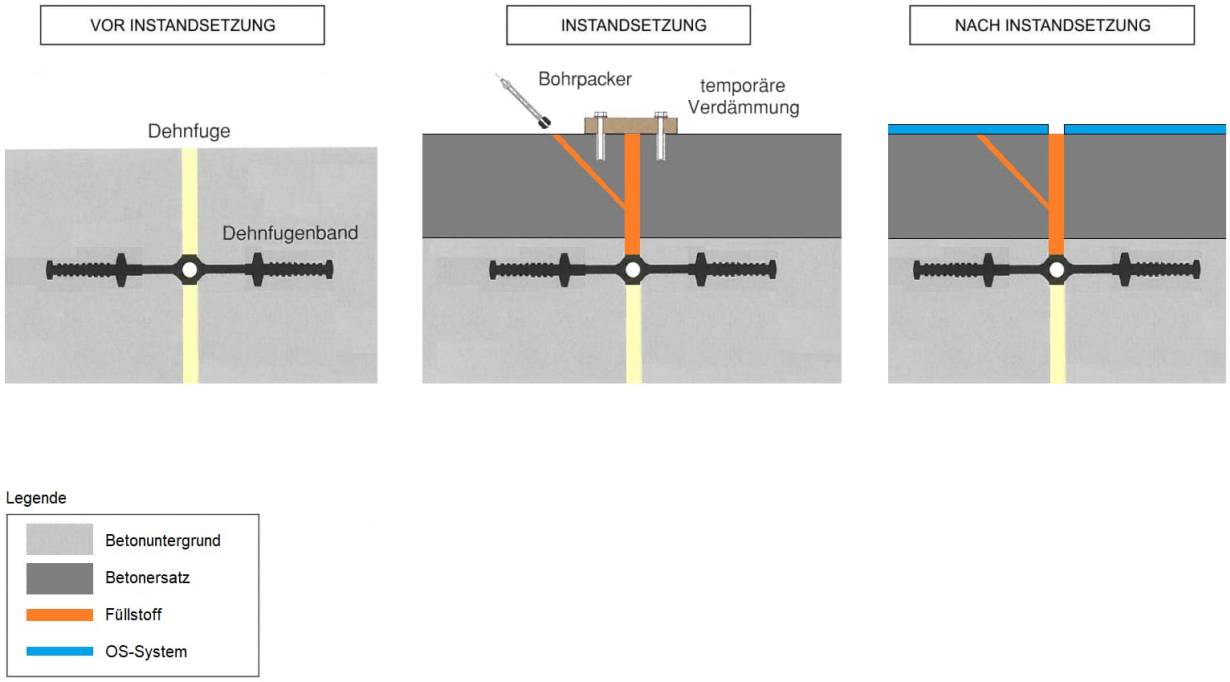


Abb. 9.25: Schematische Darstellung der Instandsetzungsmaßnahmen von Bauwerksfugen

9.4.3.1. Geeignete Produkte/Systeme

Wie bereits in 9.4.3. erwähnt, enthält das Regelwerk keine spezifischen Informationen über Bauwerksfugen. Dennoch enthält es Informationen über Instandsetzungsmaßnahmen für Risse mit dehnbaren Stoffen.

Sofern die Breitenänderung der Fuge während der Nutzungsphase nicht mehr als 10 % (der Breite der Fuge) beträgt, können die Instandsetzungsmaßnahmen für Risse mit dehnbaren Stoffen verwendet werden.

Unter Berücksichtigung der Bedingungen muss der zulässige Füllstoff der Fugen mit einem reaktiven Polymerbindemittel hergestellt sein, die Wasserdichtheitsklasse D2 haben (basierend nur auf dem hydrostatischen Druck des vollen Beckens am tiefsten Punkt) und durch kraftschlüssiges Verpressen (Injektion) eingebracht werden.

D-I (P) D2

Das geeignete System muss für den Einsatz in **sulfat**- und **chloridbelasteten** Anwendungsbereichen zugelassen sein.

Die **Verträglichkeit des Füllstoffes mit den vorhandenen Stoffen** (z.B. Fugenbänder) muss nachgewiesen werden.

9.4.3.2. Anforderungen an den Füllstoff der Fugen

Laut den TR-Instandhaltung von Mai 2020 muss der Füllstoff folgende Anforderungen erfüllen:

Füllziel	Merkmal	Prüfverfahren	Anforderung	Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung
Schließen, Abdichten, Begrenzt dehnbares Verbinden	Dichte (alle)	DIN EN ISO 2811-1 DIN EN ISO 2811-2 [1]	Wert ermitteln und angeben ± 3 %	System B nach DIN 18200 [2]
	Epoxid-Äquivalent [3] (mod. EP)	DIN EN 1877-1	Wert ermitteln und angeben ± 5 %	System B nach DIN 18200 [2]
	Aminzahl [3] (mod. EP)	DIN EN 1877-2	Wert ermitteln und angeben ± 6 %	System B nach DIN 18200 [2]
	Hydroxylzahl [3] (PUR, SPUR)	DIN EN 1240	Wert ermitteln und angeben ± 10 %	System B nach DIN 18200 [2]
	Isocyanatgehalt [3] (PUR, SPUR)	DIN EN 1242	Wert ermitteln und angeben ± 10 %	System B nach DIN 18200 [2]
	Andere funktionelle Gruppen (alle)	Bestimmung entsprechend der Art der funktionellen Gruppe	Wert ermitteln und angeben kein Hinweis auf Veränderungen in der Zusammensetzung	System B nach DIN 18200
	Infrarotspektroskopie (alle)	DIN EN 1767 DIN 51451	Wert ermitteln und angeben kein Hinweis auf Veränderungen in der Zusammensetzung, Herstellerangabe	System B nach DIN 18200 [2]
	Säurezahl (SPUR)	DIN EN ISO 2114	Wert ermitteln und angeben ± 10 %	System B nach DIN 18200
	Dynamische Viskosität an Einzelkomponenten bei T_{min}, T_{norm}, T_{max} (alle)	DIN EN ISO 3219 + Festlegung der Randbedingungen	Wert ermitteln und angeben ± 20 %	System B nach DIN 18200

[1] Neben den Referenzverfahren nach DIN EN ISO 2811 Teil 1 und 2 gelten die Teile 3 und 4 bei Nachweis der gleichen Genauigkeit und Wiederholbarkeit als Alternativverfahren.
[2] Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-5:2004
[3] Topfzeit ist alternatives Merkmal in der WPK und Bestätigungsprüfung zu Epoxid Äquivalent / Aminzahl bzw. Hydroxylzahl / Isocyanatgehalt.

Abb. 9.26: Anforderungen an den Bestandsteile des Füllstoffes der Fugen, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Füllziel	Merkmal	Prüfverfahren	Anforderung	Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung
Schließen, Abdichten, Begrenzt dehnbares Verbinden	Ausdehnungsverhältnis und -entwicklung (SPUR)	DIN EN 14406	Wert ermitteln und angeben ± 10 %	System B nach DIN 18200
	Viskosität/ Viskositätsanstieg bis zum Erreichen von 1000 mPas (PUR) bei T_{min}, T_{norm}, T_{max}	DIN EN ISO 3219 + Festlegung der Randbedingungen	Wert ermitteln und angeben ± 20 % für die Viskosität ± 10 min für den Viskositätsanstieg ≥ 20 min (Gebindeverarbeitbarkeitsdauer) [4]	System B nach DIN 18200
	Gebindeverarbeitbarkeitsdauer bei T_{min}, T_{norm}, T_{max}	Injektionsversuch am Bauteil, 1K-Anlage, [1] Anhang A2	Wert ermitteln und angeben, Riss: mindestens 20 min bei einkomponentiger Verarbeitung [4]	System B nach DIN 18200
	Mischgenauigkeit bei T_{min}, T_{norm}, T_{max}	Injektionsversuch am Bauteil - 2K-Anlage [5]	Wert ermitteln und angeben Kontrolle der temperaturabhängigen Mischgenauigkeit durch Auslitern	System B nach DIN 18200
	Topfzeit [3]	DIN EN ISO 9514	Wert ermitteln und angeben ± 20 %	System B nach DIN 18200 [2]
	Zugfestigkeit, Dehnung und Elastizitätsmodul	DIN EN ISO 527 (Teil 1 und Teil 2)	Wert ermitteln und angeben ± 20 %	System B nach DIN 18200 [2]
	Haftung und Dehnbarkeit von dehnbaren Rissfüllstoffen	DIN EN 12618-1	Haftung: Wert ermitteln und angeben Dehnung > 10 %	System B nach DIN 18200
	Wasserdichtheit [6]	DIN EN 14068	D1: wasserdicht bei 2×10^5 Pa	Nur Erstprüfung
	Glasübergangstemperatur	DIN EN 12614	angegebener Wert	Nur Erstprüfung
	Bestimmung der Injizierbarkeit	abgedeckt durch: Injektion zwischen Betonkörpern DIN EN 12618-2:2004 (4.3 bis 4.6) Betontyp MC (0.40) Bei den Breiten 0,5 mm und 0,8 mm müssen inerte flexible Abstandshalter aus Kunststoff mit einer Weite von jeweils 0,5 mm und 0,8 mm verwendet werden.	Injizierbarkeitsklasse 5: Füllgrad > 90 % bei Breiten 0,5 mm 8: Füllgrad > 90 % bei Breiten 0,8 mm	Nur Erstprüfung

[2] Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-5:2004

[3] Topfzeit ist alternatives Merkmal in der WPK und Bestätigungsprüfung zu Epoxid Äquivalent / Aminzahl bzw. Hydroxylzahl / Isocyanatgehalt.

[4] Einfachbestimmung je Temperatur an 1000 ml Prüfprobe, zusätzlich Vergleich mit den Angaben zur Gebindeverarbeitbarkeitsdauer beim Injektionsversuch.

[5] Ermittlung mittels Auslitern an einer in der Erstprüfung angewendeten 2-K-Anlage, nicht am Bauteilversuch

[6] Bei Einsatz in Bauteilen, die Wasserdrücken bis 2 x 10^5 Pa ausgesetzt sind.

[1] BAWEmpfehlung „Instandsetzungsprodukte – Hinweise für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2019, ISSN 2192-5380

Abb. 9.27: Anforderungen an dem nicht erhärteten und erhärteten Füllstoff der Fugen, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Füllziel	Merkmal	Prüfverfahren	Anforderung	Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung
Schließen, Abdichten, Begrenzt dehnbares Verbinden	Verträglichkeit mit Beton (und Verträglichkeit mit Wasser)	DIN EN 12637-1	kein Versagen bei Druckprüfung; Verlust des Formänderungsvermögens < 20 %	Nur Erstprüfung
	Dauerhaftigkeit [7] Haftung und Dehnung nach Temperatur-Wechsel-Beanspruchung und Nass-Trocken-Zyklen	DIN EN 12618-1 und DIN EN 13687-3 Probenpräparation nach [1] Anhang A2.2 (TW Maximaltemperatur: 40 °C)	Haftung: Haftungsverlust geringer als 20 % des Ausgangswertes Dehnung > 10 %	Nur Erstprüfung
	Auswirkung auf polymere Einlagen [8]	DIN EN 12637-3	Nach 70 Tagen müssen die Dehnbarkeitsänderungen geringer als 20 % des Ausgangswertes sein.	Nur Erstprüfung
	Injektionsverhalten in Betonbauteilen [9] Dehnungsabhängige Dichtheit und Füllgrad	Balkenversuch im Labor nach [2]	Überlastungsversuch: wasserdicht bei Dehnung > 10 % Füllgrad > 80 %	Nur Erstprüfung
	Injektionsverhalten in Betonbauteilen [9], [10] Dehnungsabhängige Dichtheit und Füllgrad (SPUR mit PUR)	Balkenversuch im Labor nach [2]	Überlastungsversuch: wasserdicht bei Dehnung > 10 % Füllgrad > 80 %	Nur Erstprüfung

[7] Bei Einsatz in Bauteilen, die Temperatur-Wechsel-Beanspruchungen und Nass-Trocken-Zyklen ausgesetzt sind.
[8] Bei Einsatz in Bauteilen in Kontakt mit polymeren Einlagen.
[9] inkl. Mischgenauigkeit bei 2K-Injektionsanlagen durch Auslitern der Einzelkomponenten und Erhärtungskontrolle am gemischten Rissfüllstoff in Becherprobe (Rückstellprobe)
[10] Bei Einsatz von SPUR in einer Vorinjektion bei unter Druck wasserführenden Rissen zur Verminderung der Wasserzufuhr.

[1] BAWEmpfehlung „Instandsetzungsprodukte – Hinweise für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2019, ISSN 2192-5380
[2] TL/TP FG-PUR "Technische Lieferbedingungen und Prüfvorschriften für Füllgut aus Polyurethan und zugehöriges Injektionsverfahren". Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenwesen, Abteilung Binnenschiffahrt und Wasserstraßen, Deutsche Bundesbahn. Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund 1993

Abb. 9.28: Anforderungen an dem nicht erhärteten und erhärteten Füllstoff der Fugen (Fortsetzung), Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

9.4.3.3. Anforderungen an die Injektionsgeräte

Siehe *Abschnitt 9.2.1.1.2.*.

9.4.3.4. Anforderungen an die Packer

Siehe *Abschnitt 9.2.1.1.3.*.

9.4.4. Beschichtung / Beschichtungssystem

Prinzip (Beton)	1	Schutz gegen das Eindringen von Stoffen
Verfahren	1.3	Beschichtung
bzw.		
Prinzip (Beton)	6	Erhöhung des Widerstands gegen chemischen Angriff
Verfahren	6.1	Beschichtung
und		
Prinzip (Bewehrung)	7	Erhalt und Widerherstellung der Passivität
Verfahren	7.7	Beschichtung
Ziel:	Schutz gegen das Eindringen von Kohlenstoffdioxid und Chlorid	
bzw.		
	Erhöhung des Widerstands gegen chemischen Angriff	

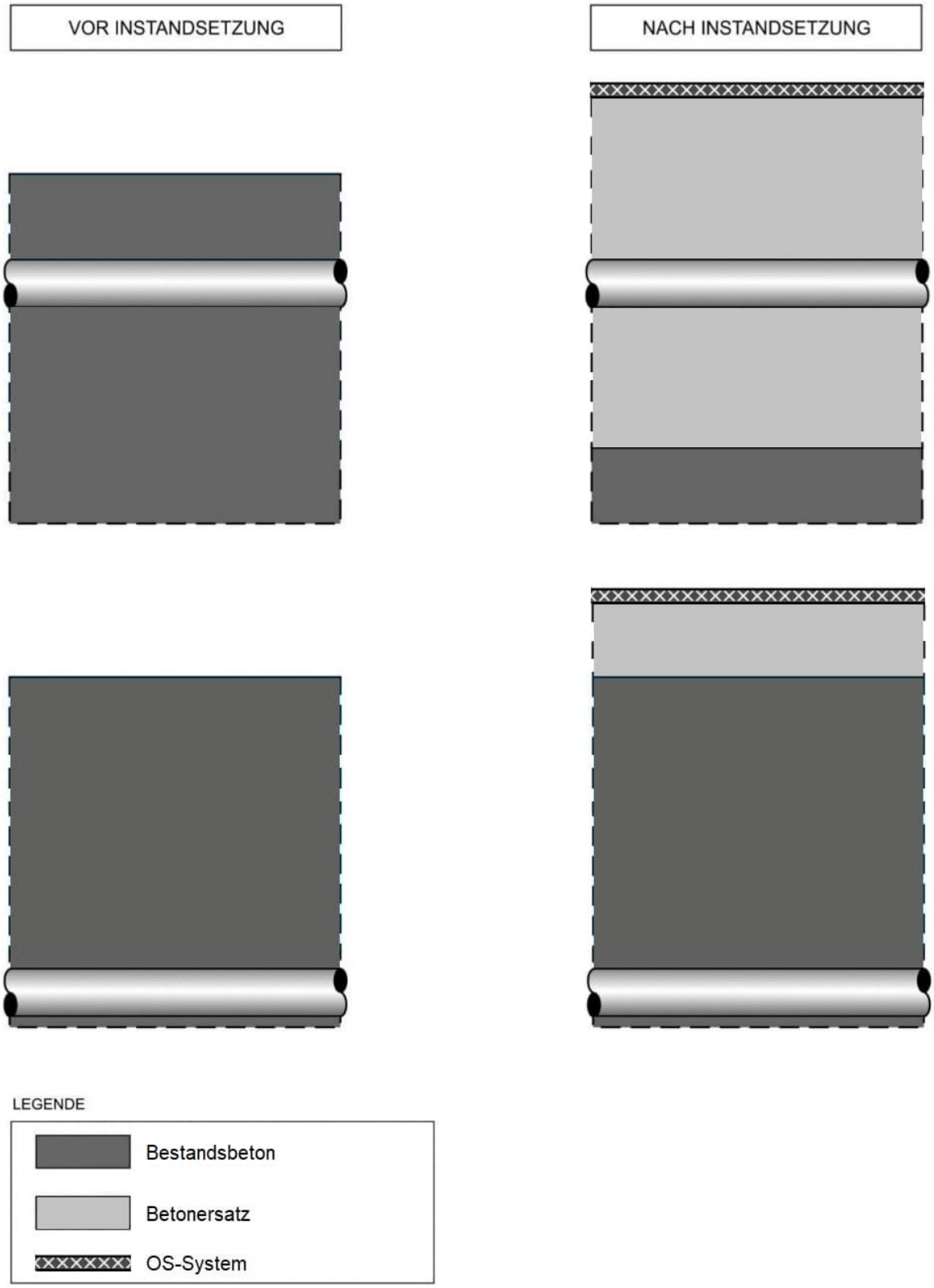


Abb. 9.29: Schematische Darstellung der Bedingungen für das Verfahren „Beschichtung“ – Bodenplatten, Wände und Stützen

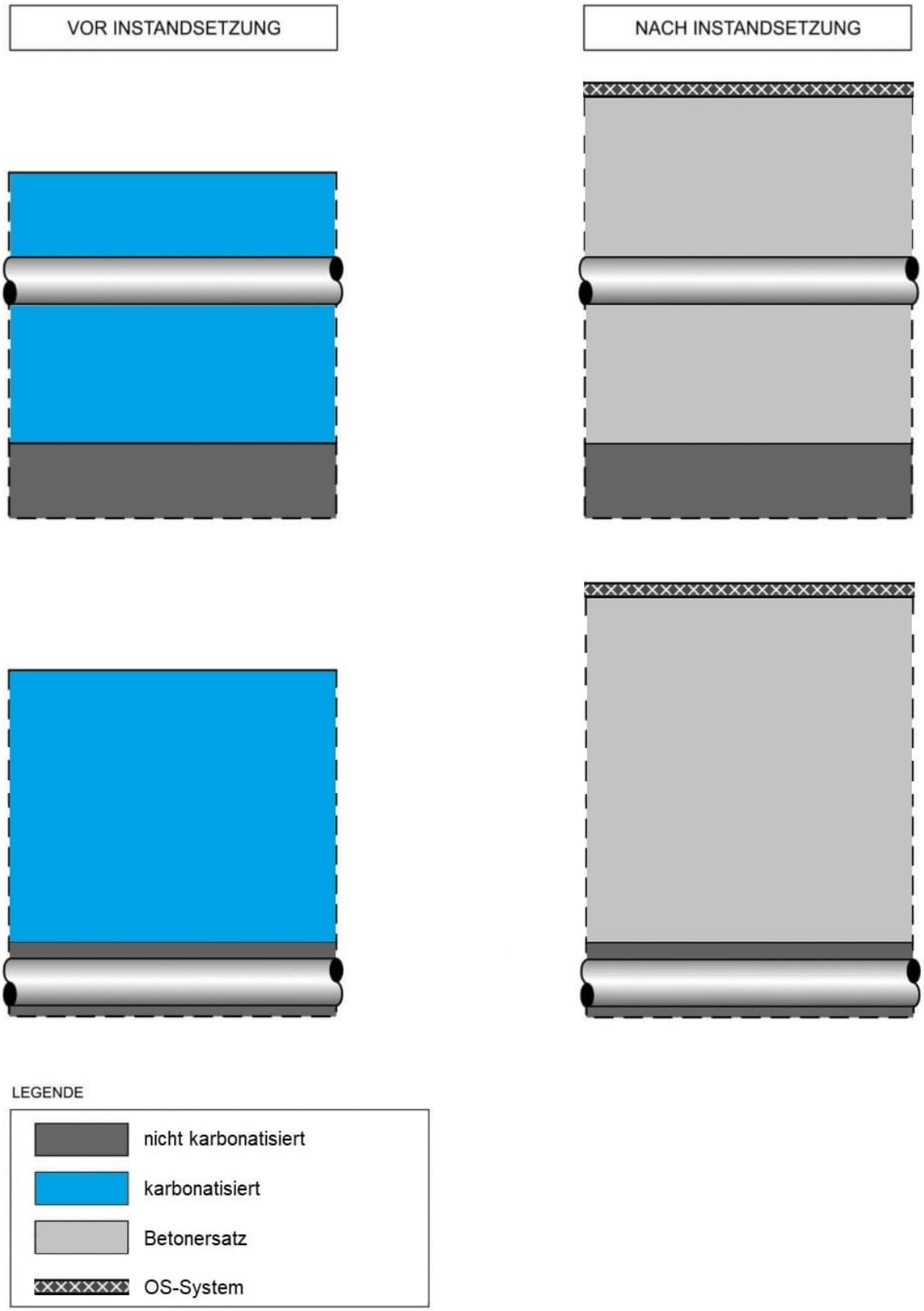


Abb. 9.30: Schematische Darstellung der Bedingungen für das Verfahren „Beschichtung“ – Träger und Deckenplatten

9.4.4.1. Geeignete Produkte/Systeme

9.4.4.1.1. Bodenplatten, Wände und Stützen

Da das Becken unter quasi ständiger Beaufschlagung durch Abwasser steht, werden auch in Zukunft weitere Chlorid und Sulfat in den Beton eingetragen. Dieser Eintrag (und auch der Eintrag von CO_2) ist zu verhindern.

Laut TR-Instandhaltung kann die Erhöhung des Widerstands gegen chemische Angriffe durch eine Beschichtung (oder ein Beschichtungssystem, das aus verschiedenen Schichten besteht) erreicht werden, sofern der Widerstand, die durch die Beschichtung / Beschichtungssystem erreicht werden soll, nachgewiesen ist.

Unter Berücksichtigung der Bedingungen muss das geeignete System als Oberflächenschutzsystem OS 5a (OS DII) oder OS 5b (OS DI) mit entsprechendem Nachweis des Widerstands gegen Sulfate und Chlorid Angriff zugeordnet werden.

9.4.4.1.2. Träger und Deckenplatten

Ziel: Schutz gegen das Eindringen von Kohlenstoffdioxid und Chlorid

Das geeignete System ist als Oberflächenschutzsystem OS 5a (OS DII) oder OS 5b (OS DI) zuzuordnen.

9.4.4.2. Anforderungen an den Untergrund

Bezüglich der Oberflächenzugfestigkeit aus dem Betonersatz sind folgende Grenzwerte zu berücksichtigen:

	Schutz- bzw. Instandsetzungsmaßnahme: Örtliche Ausbesserung bzw. flächige Beschichtung	Mindestwerte der Oberflächenzugfestigkeit in [MPa]	
		Mittelwert	kleinster Einzelwert
	1	2	3
1	OS 5a (OS DII) und OS 5b (DI) (ohne Feinspachtel)	1,0	0,6

Abb. 9.31: Anforderungen an die Oberflächenzugfestigkeiten, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Die Oberflächenzugfestigkeit ist nach der DIN EN 1542 zu bestimmen.

Bei den Anforderungen an die Rauheit der Oberfläche des Betonersatzes müssen Folgendes berücksichtigt werden:

	Instandsetzungssystem	Mindest-Rautiefenklasse
	1	2
5	OS 4, OS 5, OS 8, OS 11, OS 14, Feinspachtel [3)]	RT0,3
[3)]	Für Oberflächenschutzsysteme OS 1 und OS 2 gelten keine Anforderungen an die Rauheit.	

Abb. 9.32: Anforderungen an die Rauheit des Untergrundes bei Adhäsionsverbund, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

	Rautiefeklasse	Anforderung an die mittlere Rautiefe R_t [1)] in [mm]
	1	2
1	RT0,3	$0,3 \leq R_t < 0,5$
[1)]	Im Zuge der Untergrundvorbereitung darf die Rautiefe nicht mehr als unvermeidlich erhöht werden.	
	ANMERKUNG: Die Rautiefe kann an horizontalen oder schwach geneigten Flächen mittels Sandverfahren nach DAfStb-RL SIB (Teil 3, Abschnitt 3.2.5) bestimmt werden. An stark geneigten Flächen und über Kopf können berührungslose Profilmessverfahren nach DIN EN ISO 13473-1 mit Geräten nach DIN ISO 13473-3 eingesetzt werden. Für alternative Verfahren ist ein Nachweis zur Korrelation mit den zuvor genannten Verfahren erforderlich.	

Abb. 9.33: Rautiefeklassen, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Es ist zu beachten, dass zur Erreichung einer bestimmten Rauheit (die sich von der Spritzrauheit unterscheidet) an der Oberfläche des Spritzbeton das Aufbringen eines systemverträglichen Spritzmörtels oder Feinspachtels nach dem Aushärten des Spritzbetons eingeplant werden sollte. Die Dicke dieser zusätzlichen Schicht wird bei der geforderten Schichtdicke für den Betonersatz (d_E) nicht berücksichtigt.

Die Betonersatzfeuchte muss ebenfalls entsprechend den Anforderungen des Herstellers des Oberflächenschutzsystems unter Berücksichtigung Folgendes beachtet werden:

- „trocken“: eine ca. 2 cm tiefe, frisch hergestellte Bruchfläche darf (infolge Austrocknens) nicht augenscheinlich heller werden. Unter einer am Rand aufgeklebten PE-Folie (500 mm x 500 mm) darf über Nacht keine Dunkelfärbung des Betons und keine Kondensation von Feuchtigkeit auftreten;

- „feucht“: die Oberfläche hat ein mattfeuchtes Aussehen, darf aber keinen glänzenden Wasserfilm aufweisen; das Porensystem des Betonuntergrundes darf nicht wassergesättigt sein, d. h., aufgebrachte Wassertropfen müssen eingesogen werden und nach kurzer Zeit muss die Oberfläche wieder matt erscheinen. Der Feuchtegehalt kann mit der CM-Methode bzw. durch Darren bei 105 °C genauer bestimmt und mit dem in den Angaben zur Ausführung angegebenen zulässigen Wert verglichen werden;

- „nass“: das Porensystem des Betonunteruntergrundes ist wassergesättigt; die Betonoberfläche wirkt glänzend, weist jedoch keinen tropfbaren Wasserfilm auf.

9.4.4.3. Witterungsbedingungen

Laut den TR-Instandhaltung von Mai 2020 müssen die Witterungsbedingungen bei der Einbringung von flächigen Beschichtungen wie folgt sein:

	Exposition	kunststoffgebundene Stoffe
	1	3
1	Relative Luftfeuchte	Bauteiltemperatur muss mind. 3 K über dem Taupunkt liegen
2	Niederschlag	kein Regen oder Nebelnässen
3	Wind	Staub muss ferngehalten werden
4	Sonne	keine Anforderung

Abb. 9.34: Witterungsbedingungen, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

9.4.4.4. Temperatur des Betonersatzes und der unmittelbar überlagernden Luftschicht

Laut den TR-Instandhaltung von Mai 2020 müssen die folgenden Grenzwerte berücksichtigt werden:

	1	2	3
	Aufzubringender Stoff	Temperatur [°C] Mindestens	Höchstens
4	Einkomponentige, lösemittelhaltige Oberflächenschutzsysteme	8	30
5	Wasserdispergierbare Oberflächenschutzsysteme		

Abb. 9.35: Grenztemperaturen des Betonersatzes und der unmittelbar überlagernden Luftschicht, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Bei den Grenzwerten sind auch die Temperaturentwicklung für den Zeitraum der Ausführung und im angemessen anschließenden Zeitraum sowie die Abkühlung in der Nacht zu beachten.

9.4.4.5. Erschütterungen

Während des Erhärtens der Beschichtung sind Erschütterungen zu vermeiden (oder das Instandsetzungsprodukt muss für das zu erwartende Erschütterungsniveau während der Aushärtung zugelassen sein).

9.4.4.6. Anforderungen an die minimale Schichtdicke

Laut den TR-Instandhaltung von Mai 2020 gelten für die systemspezifische Mindestschichtdicke ($d_{min,S}$) folgende Grenzwerte:

Oberflächenschutzsystem	**Mindestschichtdicke $d_{min,S}$ [µm]**
OS 5a (OS DII)	300
OS 5b (OS DI)	2000

Abb. 9.36: Mindestschichtdicken $d_{min,S}$ der hauptsächlich wirksamen Oberflächenschutzschicht (hwO) für Oberflächenschutzsysteme, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Der maßgebende Wert für die produktspezifische Mindestschichtdicke $d_{min,P}$ ist durch den Hersteller in den Angaben zur Ausführung vorzugeben.

Die Angaben zu den Mindestschichtdicken beziehen sich immer auf die Trockenschichtdicke der für die Funktion hauptsächlich wirksamen Oberflächenschutzschicht (hwO).

Bezüglich der produktspezifische Maximalschichtdicke $d_{max,P}$ werden die Angaben zur Ausführung ebenfalls durch den Hersteller vorgegeben.

Die Kontrolle den Schichtdicken auf der Baustelle erfolgt durch direkte Messungen. Die produktspezifische Mindestschichtdicke $d_{min,P}$ wird als Mittelwert in der Erstprüfung des Oberflächenschutzsystems bestimmt. Die produktspezifische Maximalschichtdicke $d_{max,P}$ wird ebenfalls in der Erstprüfung rechnerisch ermittelt.

9.4.4.7. Anforderung an die Rissüberbrückungsfähigkeit

Laut den TR-Instandhaltung von Mai 2020 muss die Rissüberbrückungsfähigkeit im Anschluss an die Konditionierung (nach EN 1062-11) nach dem Verfahren B der DIN EN 1062-7 geprüft werden. Die Anforderungen der Klasse B2 müssen erfüllt sein.

Bei 3 von 4 Probekörpern müssen zusätzlich die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

- keine Durchrisse und oberseitige Anrisse der hwO;
- Unterseitige Anrisse ≤ 25 % der Dicke der hwO;
- Keine Ablösungen seitlich des Risses ≥ 2 x der Dicke der hwO.

9.4.4.8. Anforderungen an die Beschichtung / das Beschichtungssystem

Laut den TR-Instandhaltung von Mai 2020 muss das Oberflächenschutzsystem folgende Anforderungen erfüllen:

Spalte	1	2	3	4
Zeile	**Merkmale**	**Prüfverfahren**	**Anforderung**	**Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung**
Bestandteile				
1	Allgemeines Erscheinungsbild und Farbe (alle)	Sichtprüfung	Wert ermitteln und angeben Keine Hinweise auf Abweichungen der Zusammensetzung	System B nach DIN 18200 [1]
2	Dichte [2] (Polymerdispersion des 2K-Feinspachtels bzw. des Polymer/Zementgemisches; Polymerdispersion) – Pyknometer-Verfahren – Tauchkörper-Verfahren	DIN EN ISO 2811-1 DIN EN ISO 2811-2	Wert ermitteln und angeben ± 3 %	System B nach DIN 18200 [1]
3	Infrarotspektroskopie (alle)	DIN EN 1767 DIN 51451	Wert ermitteln und angeben / Fingerprint Keine Hinweise auf Abweichungen der Zusammensetzung	System B nach DIN 18200 [1]
4	Flüchtige und nichtflüchtige Anteile [3] (Polymerdispersion des 2K-Feinspachtels bzw. des Polymer/ Zementgemisches; Polymerdispersion)	DIN EN ISO 3251	Wert ermitteln und angeben ± 5 %	System B nach DIN 18200 [1]
5	Aschegehalt [3] (Polymerdispersion des 2-K-Feinspachtels bzw. des Polymer/ Zementgemisches; Polymerdispersion)	DIN EN ISO 3451-1	Wert ermitteln und angeben ± 5 %	System B nach DIN 18200 [1]
6	Thermogravimetrie (alle)	DIN EN ISO 11358-1	Wert ermitteln und angeben / Fingerprint Keine Hinweise auf Abweichungen der Zusammensetzung ± 5 % bezüglich des Masseverlusts bei 600 °C	System B nach DIN 18200 [1]
7	Auslaufzeit [4] (Polymerdispersion des 2K-Feinspachtels bzw. des Polymer/ Zementgemisches; Polymerdispersion)	DIN EN ISO 2431	Wert ermitteln und angeben ± 15 %	System B nach DIN 18200 [1]
8	Viskosität [4] (Polymerdispersion des 2K-Feinspachtels bzw. des Polymer/ Zementgemisches; Polymerdispersion)	DIN EN ISO 3219	Wert ermitteln und angeben ± 20 %	System B nach DIN 18200 [1]
9	Korngrößenverteilung der trockenen Bestandteile (Feinspachtel; Polymer/ Zement-gemisch)	DIN EN 12192-1	Wert ermitteln und angeben > 2 mm: ± 6% absolut 0,063 mm – 2 mm: ± 4% absolut < 0,063 mm: ± 2% absolut Feinspachtel: Prüfkorngrößen ≥ 0,125 mm: ± 5% absolut (jeweils bezogen auf die Sieblinie)	System B nach DIN 18200 [1]

[1] Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-2:2004
[2] Neben den Referenzverfahren nach DIN EN ISO 2811 Teil 1 und 2 gelten die Teile 3 und 4 bei Nachweis der gleichen Genauigkeit und Wiederholbarkeit als Alternativverfahren.
[3] Nur bei einkomponentigen Systemen.
[4] Alternative Verfahren Viskosität

Abb. 9.37: Anforderungen an den Bestandsteile des Oberflächenschutzsystems, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Spalte	1	2	3	4
Zeile	**Merkmale**	**Prüfverfahren**	**Anforderung**	**Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung**
Frisches Gemisch				
10	Oberflächentrocknungszeit – Glasperlenverfahren (Polymerdispersion)	DIN EN ISO 9117-3	Wert ermitteln und angeben ± 10 %	System B nach DIN 18200 [1)]
11a	Konsistenz [5)] (Feinspachtel; Polymer/ Zement-gemisch)	DIN EN 1015-3	Wert ermitteln und angeben Ausbreitmaß: ± 15 % oder 20 mm	System B nach DIN 18200 [1)]
11b	Luftgehalt (Feinspachtel; Polymer/ Zement-gemisch)	DIN EN 1015-7	Wert ermitteln und angeben ± 2 % absolut	System B nach DIN 18200
11c	Rohdichte (Feinspachtel; Polymer/ Zement-gemisch)	DIN EN 1015-6	Wert ermitteln und angeben ± 5 %	System B nach DIN 18200 [1)]
11d	Konsistenzänderung (Temperatur, Zeit) (Feinspachtel; Polymer/ Zementgemisch) [6)]	[1] Anhang A1.10	Wert ermitteln und angeben Keine Hinweise auf nicht baustellengerechte Verarbeitbarkeit	System B nach DIN 18200
11e	Verarbeitbarkeit – Fließverhalten [5)] (Feinspachtel; Polymer/ Zementgemisch)	DIN EN 13395-2	Wert ermitteln und angeben ± 15 %	System B nach DIN 18200 [1)]
11f	Verarbeitbarkeitszeit (Ansteifungszeit) (Feinspachtel; Polymer/ Zementgemisch) [6]	DIN EN 13294	Wert ermitteln und angeben ± 20 %	System B nach DIN 18200 [1)]
Festmörtel				
11g	Festigkeit Lagerung B, 28 d (Feinspachtel; Polymer/ Zementgemisch)	DIN EN 196-1	Wert ermitteln und angeben $\Delta f_{D,28}$ = ± 10 %; $\Delta f_{BZ,28}$ = ± 20 %	System B nach DIN 18200

[1)] Umgesetzt als AVCP-System 2+ in DIN EN 1504-2:2004
[5)] Alternative Verfahren Verarbeitbarkeit
[6)] Alternative Verfahren Verarbeitbarkeitszeit
[1] BAWEmpfehlung „Instandsetzungsprodukte – Hinweise für den Sachkundigen Planer zu bauwerksbezogenen Produktmerkmalen und Prüfverfahren" der Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2019, ISSN 2192-5380

Abb. 9.38: Anforderungen am frischen Gemisch und Festmörtel des Oberflächenschutzsystems, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

Spalte	1	2	3	4
Zeile	**Merkmale**	**Prüfverfahren**	**Anforderung**	**Verfahren zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der erklärten Leistung**
System				
12	Abreißversuch	DIN EN 1542, [1] Anhang A3.2	≥ 0,8 (0,5) MPa Mittelwert (kleinster Einzelwert)	System B nach DIN 18200
13	Gitterschnittprüfung [7), 8)]	DIN EN ISO 2409 (Schnittbreite: 4 mm)	Gitterschnittwert: ≤ GT 2	Nur Erstprüfung
14	CO_2-Durchlässigkeit [9)]	DIN EN 1062-6	s_D > 50 m	Nur Erstprüfung
15	Wasserdampf-Durchlässigkeit [9)]	DIN EN ISO 7783	Klasse I: s_D < 5 m	Nur Erstprüfung
16	Kapillare Wasseraufnahme und Wasser-Durchlässigkeit [9)]	DIN EN 1062-3	w < 0,1 kg/(m²·h^{0,5})	Nur Erstprüfung
17	Haftfestigkeit nach Prüfung auf Temperaturwechselverträglichkeit		Nach Temperaturwechselbeanspruchung a) keine Risse, Blasen, Ablösungen b) Abreißversuch ≥ 0,8 (0,5) MPa Mittelwert (kleinster Einzelwert)	Nur Erstprüfung
	Für Verwendungen im Außenbereich unter Einfluss von Tausalzen: Gewitterregenbeanspruchung (Temperaturschock) (10x)	DIN EN 13687-2		
	und Frost-Tau-Wechselbeanspruchung mit Tausalzangriff (50x)	DIN EN 13687-1		
18	Brandverhalten nach Aufbringung	DIN EN 13501-1	Mindestanforderung: Klasse E-d2	Nur Erstprüfung
19	Künstliche Bewitterung (nur bei Verwendung im Außenbereich)	DIN EN 1062-11 (Verfahren 4.2)	Nach 2 000 h künstlicher Bewitterung: keine Blasen, keine Risse, kein Abblättern	Nur Erstprüfung

7) nur für OS 5a
8) Prüfverfahren in Anlehnung an DIN EN ISO 2409
9) nur hwO

Abb. 9.39: Anforderungen an dem Oberflächenschutzsystems, Auszug aus TR-Instandhaltung von Mai 2020

9.4.5. Bauwerksaustattungen

Ausstattungen sind erneut zu installieren. Beschädigt Ausstattungen sind zu ersetzten.

9.4.6. Steigbügel

Steigbügel sind erneut zu installieren. Beschädigte Steigbügel sind zu ersetzten (inkl. Dübel für die Verankerung im Untergrund):

- Steigbügel - Form B DIN V 19555.

10. Zusammenfassung

Es wurde eine Hauptprüfung im Jahr 2021 durchgeführt, bei denen Bauteile des Bauwerks weitestgehend handnah geprüft wurden.

Auf der Grundlage der Erkenntnisse aus der Prüfung wurden Bauwerksuntersuchungen empfohlen und durchgeführt, um die Eigenschaften der Materialien des Bauwerks und den Schadstoffgehalt zu ermitteln.

Anhand der vorliegenden Informationen wurde der Ist-Zustand des Bauwerks festgestellt und die vorhandene Restnutzungsdauer prognostiziert.

Unter Berücksichtigung des Mindest-Sollzustandes und der prognostizierten vorhandenen Restnutzungsdauer wurden Instandsetzungsmaßnahmen aufgeführt, um den geplanten Restnutzungsdauer von 30 Jahren zu erreichen.

Die Maßnahmen sollten mittelfristig durchgeführt werden, da diese standsicherheitsrelevant sind.

In einem Abstimmungstermin mit dem Auftraggeber wurde festgelegt, dass eine Instandsetzung des Beckens in 2 Stufen erfolgen soll. In der ersten Stufe werden alle bereits vorgefundenen Schadstellen (Betonausbrüche, freiliegende Bewehrung) im Deckenbereich ausgebessert. Damit ist das Bauwerk wieder in seinem „Soll-Zustand“. Darauffolgend werden bei der zweiten Stufe die gesamte Sohle sowie die Wände und Stützen bis zur Höhe der Wasserwechselzone saniert, so dass ein zukünftiger Eintrag von Schadstoffen verhindert wird.

11. Anforderungen an die Qualifikation von ausführenden Unternehmen

Unternehmen müssen eine nachgewiesene Fachkunde besitzen. Die Sach- und Fachkunde kann z.B. durch eine Mitgliedschaft in einer Gütegemeinschaft für Betoninstandsetzung und Referenzen nachgewiesen werden.

Auf der Baustelle muss mindestens ein SIVV-Schein-Inhaber dauerhaft anwesend sein.

12. Allgemeine Anforderungen an die zu verwendeten Stoffe und Stoffsysteme

Die Stoffe und Bauprodukte müssen so hergestellt, gelagert und angeliefert werden, dass deren Leistung nicht beeinträchtigt wird. Sie müssen auch vom sachkundigen Planer vor Beginn der Arbeiten freigegeben werden, bevor sie in Anwendung kommen. Dafür sind folgende Unterlagen einzureichen:

- Technische Merkblätter bzw. weitere Verfahrensanweisungen der Hersteller,
- Sicherheitsdatenblätter,
- Allgemein bauaufsichtliche Prüfzeugnisse / Leistungserklärung,
- Verwendbarkeitsnachweise, Übereinstimmungsnachweise und Angaben zur Ausführung,
- Vorhandene DIBt-Gutachten.

Kostenschätzung

Projekt: **RKB / RRB Lortzingstraße** **Variante 3:** **Kombination aus Variante 1 und 2**
Proj.-Nr.: **22719.41**

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
1.	**Betoninstandsetzung**				
1.1	**Baustelleneinrichtung**				
	Einrichten, Räumen, Vorhalten	1,00	psch	40.000,00	40.000,00
	Gefährdungsanalyse gem. Arbeitsschutzgesetz und - beurteilung	1,00	psch	750,00	750,00
	Gerüstgestellung, sichern und reinigen	1,00	psch	5.000,00	5.000,00
	Be- und Entlüftung	1,00	psch	3.000,00	3.000,00
	Beleuchtung	1,00	psch	1.000,00	1.000,00
					49.750,00
1.2.	**Vorbereitende Arbeiten**				
	Grundreinigung der Beckenanlage	1,00	psch	5.000,00	5.000,00
	Optische Inspektion / Erfassen aller Bauwerksschäden	3.030,00	m²	1,50	4.545,00
	Betonfeuchtigkeit mit dem CM-Gerät prüfen	10,00	St	50,00	500,00
	Bestimmung der Rautiefe gem. DAfStb-Richtlinie	10,00	St	50,00	500,00
	Überprüfung der Haftzugfestigkeiten	10,00	St	50,00	500,00
	Luftfeuchtemessung	1,00	psch	500,00	500,00
					11.545,00
1.3.	**Instandsetzung Beton - Risse, Fehlstellen, Ausbrüche**				
	Risse, wasserführend mittels Injektion von PUR-Harz abdichten, inkl. Setzen von Bohrpackern	5,00	St	35,00	175,00
	Injektionsmittel PUR-Harz	25,00	kg	35,00	875,00
	Risse mittels Injektion verschließen mit Epoxidharz für Rissbreiten von 0,3 bis 1,0 m und Risslängen von 1,50 bis 4,50 m	50,00	m	125,00	6.250,00
	Schadhafte, lockere Betonteile abstemmen, Tiefe: bis 45 mm, Flächen bis 0,2 m²	150,00	St	40,00	6.000,00
	Schadhafte, lockere Betonteile abstemmen, Tiefe: bis 45 mm, Flächen bis 0,5 m²	60,00	St	90,00	5.400,00
	Korrosionsschutz Bewehrung erneuern	280,00	St	15,00	4.200,00
	Betonersatz, Reperaturmörtel, t bis 45 mm, Flächen bis 0,2 m²	150,00	St	75,00	11.250,00
	Betonersatz, Reperaturmörtel, t bis 45 mm, Flächen bis 0,5 m²	60,00	St	140,00	8.400,00
					42.550,00
1.4.	**Instandsetzung Beton - Sohle**				
	Stahlbetonflächen aufrauen	1.000,00	m²	25,00	25.000,00
	Haftbrücke auf mineralischem Untergrund	1.000,00	m²	3,00	3.000,00
	Reprofilieren der Sohle	1.000,00	m²	30,00	30.000,00
	Nassschichtdickenmessung mit Messkamm	10,00	St	25,00	250,00
	Nachbehandlung	1.000,00	m²	2,50	2.500,00
					60.750,00
1.5.	**Instandsetzung Beton - Wandflächen (inkl. Überfall, Tauchwand etc.) bis zur WwZ 30 % Wandhöhe**				
	Stahlbetonoberflächen aufrauen	190,00	m²	25,00	4.749,95
	Haftbrücke auf mineralischem Untergrund	190,00	m²	3,00	569,99
	Reprofilieren der Wände	190,00	m²	30,00	5.699,94
	Nassschichtdickenmessung mit Messkamm	10,00	St	25,00	250,00
	Nachbehandlung	190,00	m²	2,50	475,00
					11.744,89
1.6.	**Instandsetzung Beton - Stützen bis zur WwZ ca. 30 % Wandhöhe**				
	Stahlbetonoberflächen aufrauen	73,33	m²	25,00	1.833,32
	Haftbrücke auf mineralischem Untergrund	73,33	m²	3,00	220,00
	Reprofilieren der Stützen, D 30 mm	73,33	m²	30,00	2.199,98
	Nassschichtdickenmessung mit Messkamm	120,00	St	25,00	3.000,00
	Nachbehandlung	73,33	m²	2,50	183,33
					7.436,62
1.8.	**Bauwerksfugen**				

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
	Bauwerksfugen vorbereiten, Fugendichtstoff entfernen	50,00	m	15,00	750,00
	Abdichtung der Bauwerksfuge umlaufend, von Innen	50,00	m	50,00	2.500,00
					3.250,00
1.9.	**Entsorgung**				
	Laboruntersuchungen EBV	20,00	St	500,00	10.000,00
	Schuttcontainer für schadstofffreien Abfall	1,00	psch	2.500,00	2.500,00
	Abbruchstoffe entsorgen, n. EBV	12,00	t	100,00	1.200,00
					13.700,00
1.10.	**Schächte**				
	Steigleiter aus Stahl abbrechen und Entsorgen	6,00	Stk	25,00	150,00
	Steigleiter aus Stahl erneuern	6,00	Stk	450,00	2.700,00
	Schachtdeckel inkl. Auflagerring abbrechen	6,00	Stk	20,00	120,00
	Schachtdeckel inkl. Auflagerring erneuern	6,00	Stk	2.000,00	12.000,00
	Begehbare Einstiegfsöffnung inkl. Einfassung abbrechen	1,00	Stk	2.000,00	2.000,00
	Begehbare Einstiegfsöffnung inkl. Einfassung erneuern	1,00	Stk	5.000,00	5.000,00
					21.970,00
1.11.	**Einbauteile**				
	Abbruch und Erneuerung von Rohrleitungen	1,00	psch	20.000,00	20.000,00
					20.000,00
1.12.	**Straßenbau- / Pflasterarbeiten**				
	Pflaster entlang der Bauwerksfuge aufnehmen und lagern	50,00	m²	10,00	500,00
	Bettung erneuern / Unterlage profilieren	50,00	m²	7,50	375,00
	Pflaster entlang der Bauwerksfuge setzen	50,00	m²	50,00	2.500,00
					3.375,00
1.13.	**Abwasserlenkung**				
	Abwasserlenkung	1,00	psch	20.000,00	20.000,00
					20.000,00

Zusammenstellung

1	Baustelleneinrichtung	49.750,00
2	Vorbereitende Arbeiten	11.545,00
3	Instandsetzung Beton - Risse, Fehlstellen, Ausbrüche	42.550,00
4	Instandsetzung Beton - Sohle	60.750,00
5	Instandsetzung Beton - Wandflächen (inkl. Überfall, Tauchwand etc.) bis zur WwZ 30 % Wandhöh	11.744,89
6	Instandsetzung Beton - Stützen bis zur WwZ ca. 30 % Wandhöhe	7.436,62
8	Bauwerksfugen	3.250,00
9	Entsorgung	13.700,00
10	Schächte	21.970,00
11	Einbauteile	20.000,00
12	Straßenbau- / Pflasterarbeiten	3.375,00
13	Abwasserlenkung	20.000,00
	Summe	**266.071,51**
	Nicht einzeln aufgeführte Kleinleistungen (10%)	**26.607,15**
	Nettosumme	**292.678,66**
	19 % MwSt.	**55.608,95**
	Bruttosumme	**348.287,60**

Aufgestellt:
Köln, im Oktober 2023
FISCHER TEAMPLAN Ingenieurbüro GmbH
BAYA / 22719.41

Berechnung der Folgekosten für städtische Investitionen nach § 13 KomHVO

Maßnahme: **Bauwerkssanierung Lortzingsstraße**

		Gesamt EUR	Amt
1	**Personalkosten**		IV/66
	Berechnung (**Summe 1**)		
2	**Sächlicher Verwaltungs- und Betriebsaufwand**		
	Unterhaltung der Grundstücke und baulichen Anlagen		
2.10	Gebäudeunterhaltung Berechnung:		
2.11	Unterhaltung der zu den Gebäuden gehörenden Außenanlagen Berechnung:		jeweiliges Fachamt bzw. anforderndes Amt
	Unterhaltung des sonstigen unbeweglichen Vermögens		
2.12	Unterhaltung der Grün- und Parkanlagen, Sport und Spielplätze Berechnung:		
2.13	Unterhaltung von Straßen, Wegen, Brücken, Parkplätzen etc. und Tiefbauten der Abwasserbeseitigung Berechnung :1% von 445.000,00 € (Bau- und Baunebenkosten 435.000,00 € + akt. Eigenleistung 10.000,00 €)	4.450,00 €	
	Bewirtschaftungskosten für Grundstücke, bauliche Anlagen usw.		
2.14	Wasser-, Strom- und Gasverbrauch Berechnung:		jeweiliges Fachamt bzw. anforderndes Amt
2.15	Öffentliche Abgaben Berechnung:		
2.16	Gebäude-Versicherungen Berechnung:		
2.17	Heizung Berechnung:		
2.18	Reinigung Berechnung:		
	Weitere Verwaltungs- und Betriebsausgaben		jeweiliges Fachamt bzw. anforderndes Amt
2.19	Nicht zum Geschäftsbedarf gehörende Verbrauchsmittel, die zum Verzehr und Verbrauch oder zur Verarbeitung in Betriebszweigen der Verwaltung, in Anstalten und Einrichtungen einschließlich ihrer Nebenbetriebe bestimmt sind, z.B. Lebensmittel, Saat- und Pflanzgut Berechnung:		
	Steuern, Versicherungen, Schadensfälle		jeweiliges Fachamt bzw. anforderndes Amt
2.20	Versicherungen z.B. Haftpflicht Berechnung:		
2.21	Körperschaftsteuer, Gewerbesteuer, Umsatzsteuer - Zahllast Berechnung:		
	Geschäftsausgaben		jeweiliges Fachamt bzw. anforderndes Amt
2.22	Bürobedarf Berechnung:		
2.23	Post- und Fernmeldegebühren Berechnung:		
Summe 2		4.450,00 €	

3	**Schuldendienst**		jeweiliges Fachamt bzw. anforderndes Amt
3.10	Bei Inanspruchnahme von Krediten Gesamtausgabenbedarf		
	./. zweckgebundene Zuweisungen p.p. Kredite		
	Zinsen Berechnung		
	Tilgung Berechnung:		
3.11	Bei kostenrechnenden Einrichtungen kalkulatorische Kosten Gesamtausgabenbedarf. ./. zweckgebundene Zuweisungen		
verbleiben			
	Verzinsung des Anlagevermögens Berechnung: 3,03 % von 435.000,00 € (Baukosten invest 435.000,00 € ohne akt. Eigenleistung)	13.180,50 €	
	Abschreibungen Berechnung: 2 % von 445.000,00 € (Baukosten invest 435.000,00 € + akt. Eigenleistung 10.000,00 €)	8.900,00 €	
Summe 3		22.080,50 €	
4	**Summe 4 der Folgekosten 2.10 - 3.11**	26.530,50 €	
5	**Einnahmen**	26.530,50 €	jeweiliges Fachamt bzw. anforderndes Amt
1 Gebühreneinnahmen (Benutzungsgebühren)			
2 Sonstige Einnahmen			
Summe 5			
6	**Gegenüberstellung** 1 Folgekosten (vergl. Gesamtsumme Ziffer 4)	26.530,50 €	
	2 Einnahmen (vergl. Gesamtsumme Ziffer 5)	26.530,50 €	
Belastung der Stadt jährlich		0,00	
		Datum: 19.10.2023 Unterschrift: [redacted]	

Beratungs- und Prüfungsamt 31.10.2023
II/14-RH

Bauwerkssanierung Lortzingstraße:
Hier: Unterlagen gem. § 13 KomHVO: Sitzungsvorlage SV-Nr.: WP 20-25 SV 66/097

Zur vorliegenden SV wird Folgendes festgestellt:

Die Unterlagen zur SV sind am 30.10.2022 zur Prüfung beim BPA eingegangen. In Anbetracht des engen Zeitfensters bis zur Zustellfrist an die Mitglieder des Ausschusses für Umwelt- und Klimaschutz konnten die Unterlagen nur formell und stichprobenartig geprüft werden.

Mit den beiliegenden Unterlagen der Verwaltung wird die Notwendigkeit der baulichen Sanierung des kombinierten Regenklär- und Regenrückhaltebeckens in der Lortzingstraße dargelegt.
Anhand des vorliegenden Prüfberichtes nebst Schadenskartierung und Fotodokumentation lässt sich der Handlungsbedarf der Sanierung erkennen. Zusätzlich wurde eine baustofftechnologische Untersuchung des Stahlbetons nebst Instandsetzungskonzept vorgelegt.
Nach Sichtung dieser Unterlagen ist zu erkennen, dass für den Werterhalt und Weiterbetrieb des Bauwerks Handlungsbedarf besteht, bzw. bei Unterlassung die Standsicherheit und Dauerhaftigkeit beeinträchtigt werden kann.

Die Gesamtkosten der Baumaßnahme inkl. Nebenkosten und Honorare belaufen sich auf 435.000,- €. Die vorliegende Kostenberechnung ist trotz der Schwierigkeit der Erfassung des genauen Schadensausmasses sehr detailiert und umfangreich erstellt worden. Das BPA geht davon aus, dass die ermittelten Einheitspreise der zurzeit herrschenden Marktlage entspricht.

Da das Bauwerk bereits komplett abgeschrieben ist, ist die Begründung der Verwaltung die Sanierung als Investionsmaßnahme anzusetzen nachvollziehbar. Durch die Sanierung wird mit einer Erhöhung der Nutzungsdauer des Bauwerks um weitere 30 Jahre gerechnet.

Nach technischer Prüfung bestehen aus Sicht des BPA gegen die geplante Durchführung der Sanierungsmaßnahme keine Bedenken.
Form und Inhalt der beigefügten Unterlagen entsprechen den Anforderungen nach §13 KomHVO.

gez. Hundshammer
Technischer Prüfer