

Anhang bzgl. RRB Im Hagenkamp

Inhalt:

- Allgemeines:
 - Übersicht der Lage des Teilbauwerks
 - Übersichtsaufnahmen des Teilbauwerks

- Planunterlagen:
 - Bestandspläne: Lageplan – 1 Seite
 - Vermessungsdaten: Vermasster Grundriss sowie Schnitt und 3D-Ansichten – 1 Seite

- Gutachtliche Stellungnahme:
 - B-6518-3 Gutachten inkl. Anhang – 44 Seiten

- Statische Unterlagen:
 - Geprüfter Schal- und Bewehrungsplan – 1 Seite

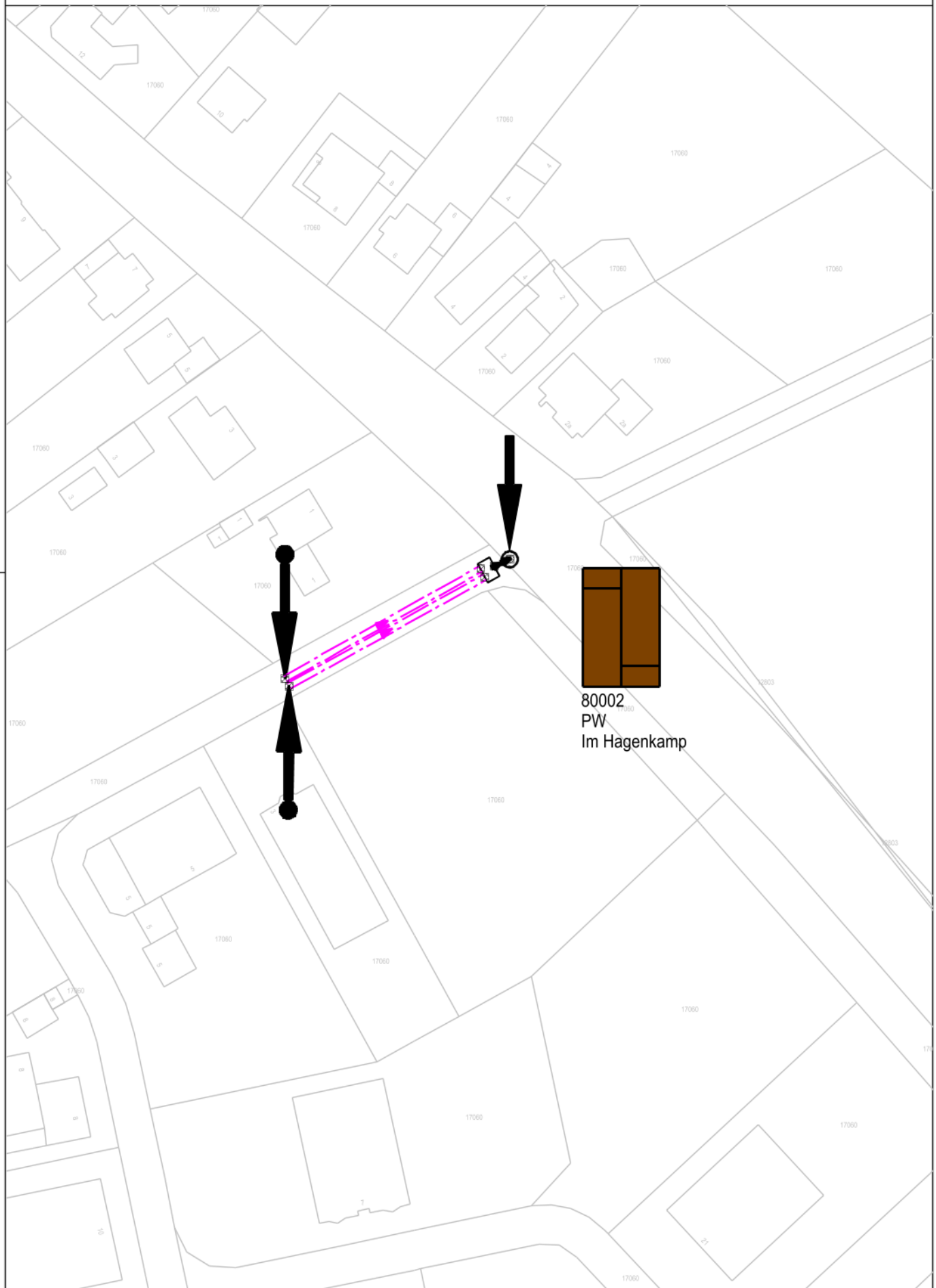
Übersicht der Lage des Teilbauwerks:



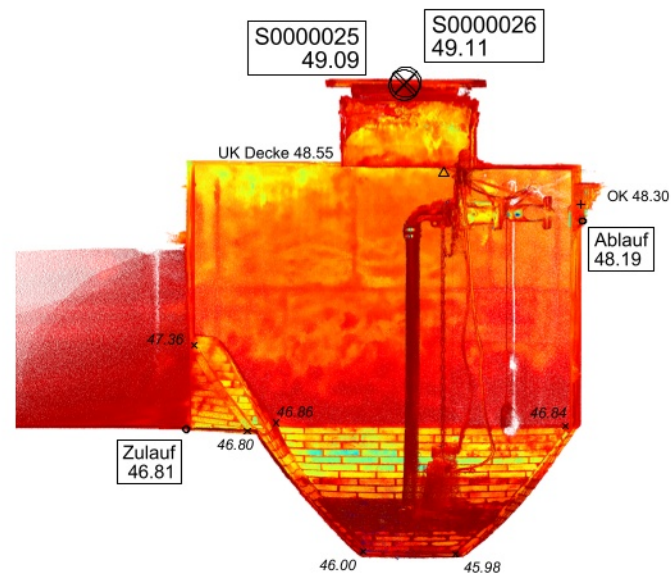
Übersichtsaufnahmen des Teilbauwerks



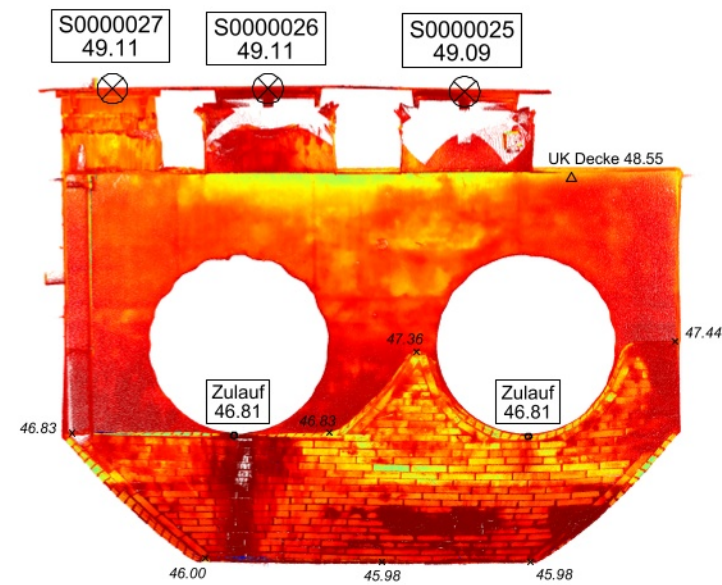
□



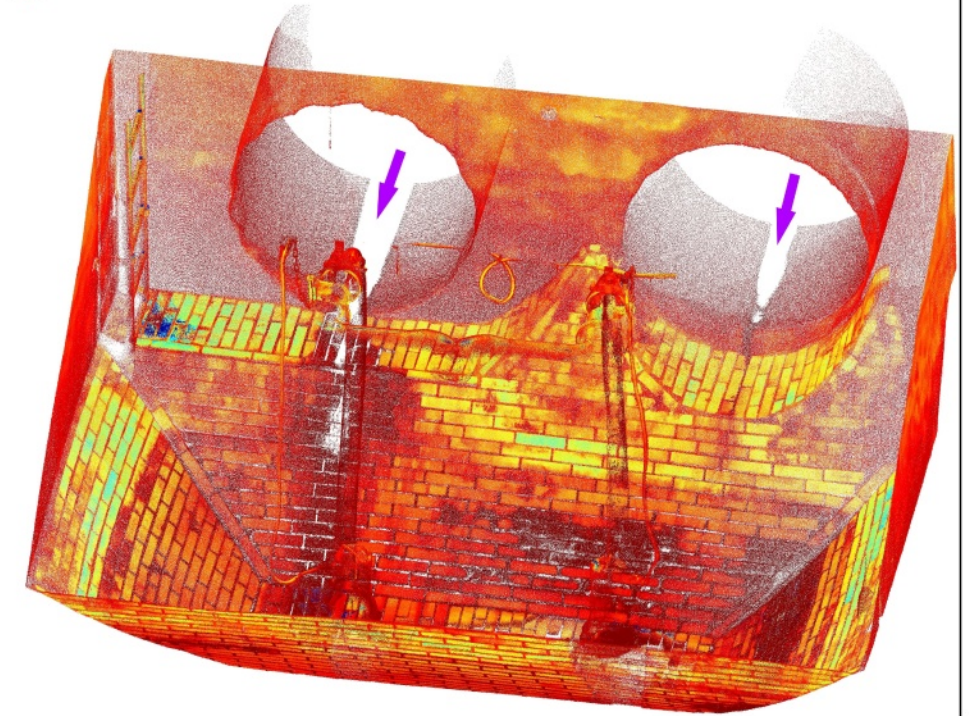
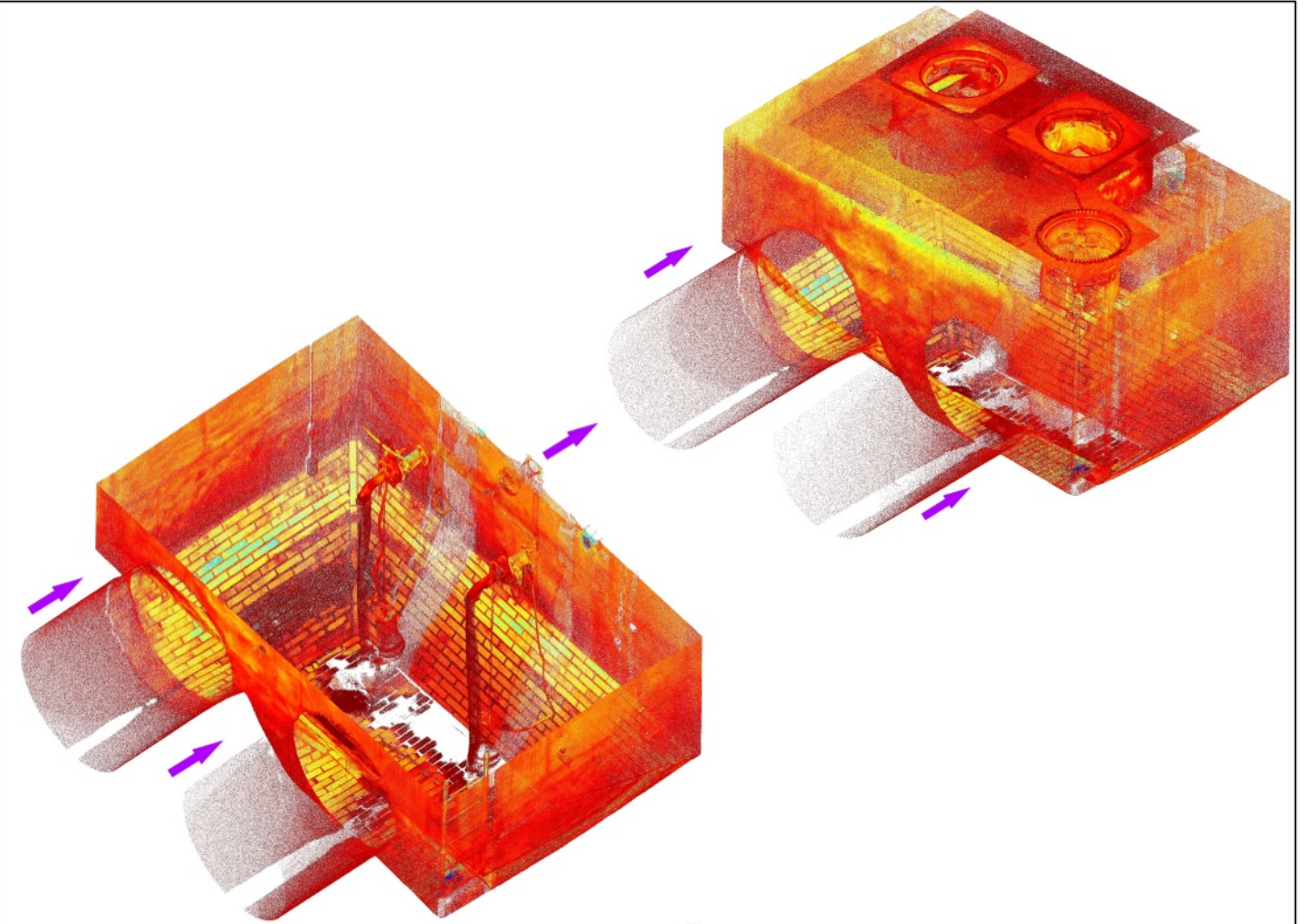
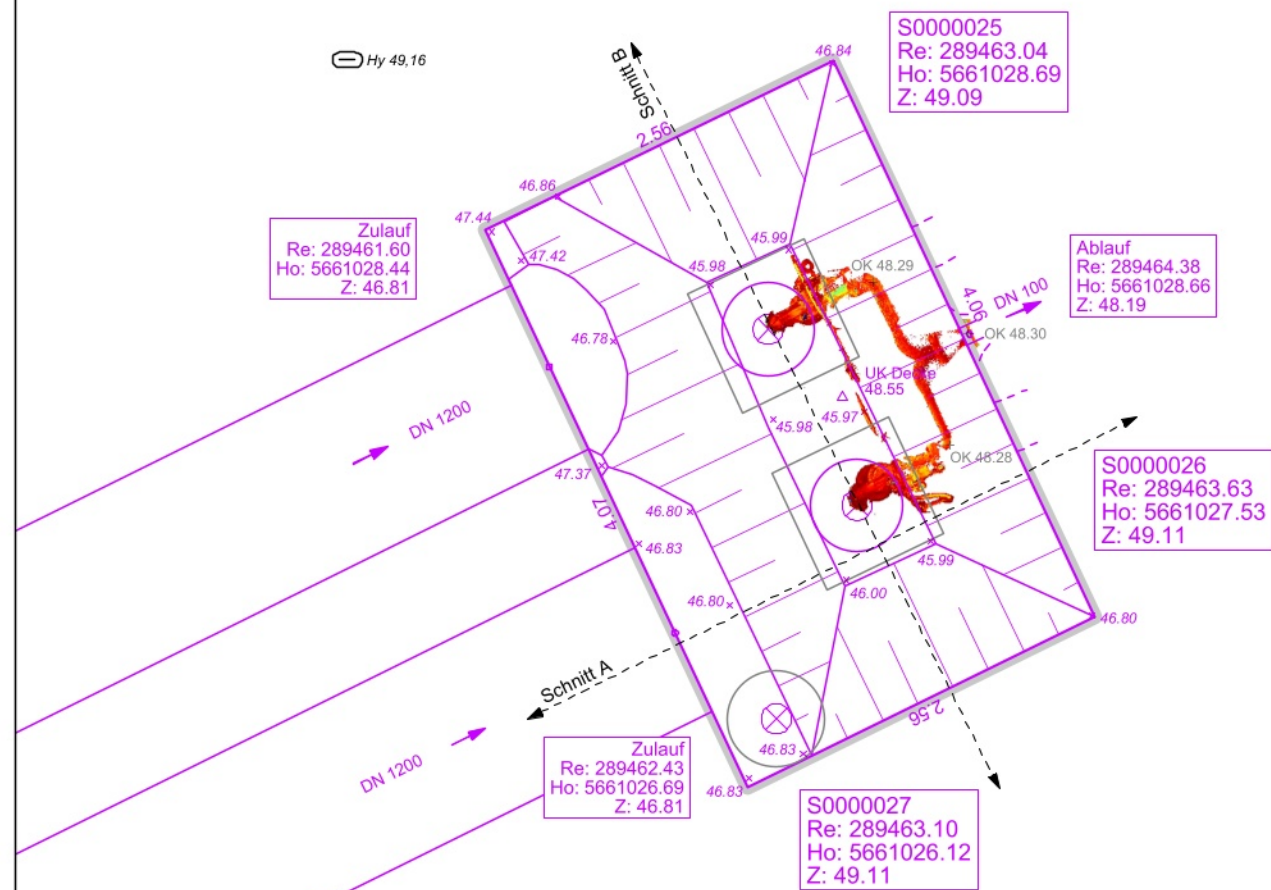
Schnitt A (1:50)

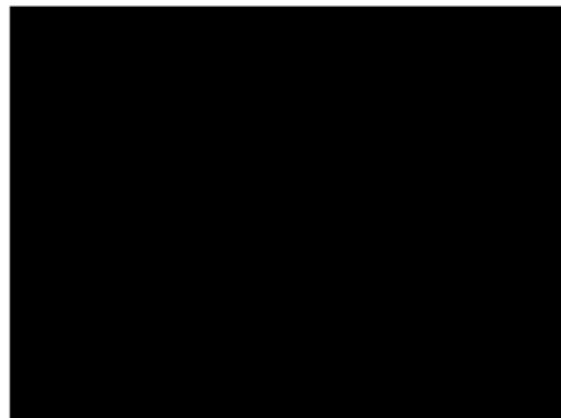
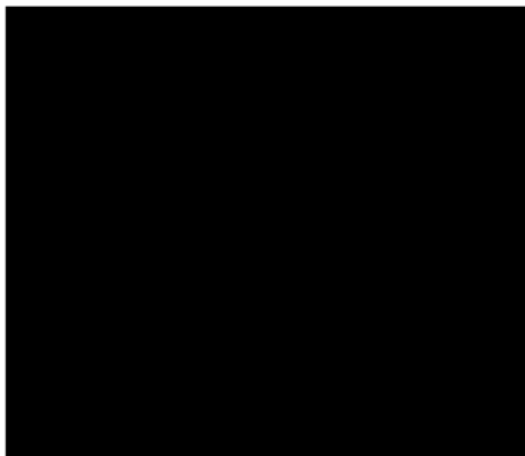


Schnitt B (1:50)



Grundriss (1:50)





Datum: 11.12.2023

**Gutachtliche Stellungnahme über betontechnologische
Untersuchungen am RRB Im Hagenkamp in Waldfeucht
B 6518-3**

Auftraggeber:



Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 44 Seiten.



Inhaltsverzeichnis

1	ALLGEMEINES.....	4
2	UNTERLAGEN	5
3	ORTSTERMINE.....	5
4	BAUWERKS- UND LABORUNTERSUCHUNGEN	6
4.1	Allgemeines	6
4.2	Inaugenscheinnahme	7
4.3	Betondeckungsmessungen	7
4.4	Erstellung von Inspektionsöffnungen.....	9
4.5	Bestimmung von Karbonatisierungstiefen	9
4.6	Bohrmehlentnahmen	9
4.6.1	Bestimmung des Sulfatgehaltes	10
4.6.2	Bestimmung des Chloridgehaltes	10
4.7	Bohrkernentnahmen	10
4.7.1	Makroskopie der Bohrkern.....	10
4.7.2	Bestimmung der Betondruckfestigkeit	11
4.7.3	Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit.....	11
5	ERGEBNISSE.....	12
5.1	Allgemeines	12
5.2	Ergebnisse der Inaugenscheinnahme	12
5.3	Betondeckungsmessungen	15
5.4	Untersuchungsstellen	15
5.5	Bohrkernprüfungen	16
6	BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	17
7	INSTANDSETZUNGSKONZEPT	19
8	BESTIMMUNG DER RESTNUTZUNGSDAUER.....	22

9	ZUSAMMENFASSUNG	25
10	LITERATUR	26
11	ANHANG A: LAGEPLAN	28
12	ANHANG B: AUFNAHMEN DER PRÜF- UND ENTNAHMESTELLEN	29
13	ANHANG C: ERGEBNISSE DER BETONDECKUNGSMESSUNGEN	32
14	ANHANG D: ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGSSTELLEN	33
15	ANHANG E: ERGEBNISSE DER BOHRKERNPRÜFUNGEN	39

(Pos. 5: Planungsbegleitende Unterstützung)

Über unsere Objektuntersuchungen im Zuge der Bearbeitung der Positionen 1 bis 4 zum Bauwerk **RRB Im Hagenkamp** in Waldfeucht wird in der vorliegenden Gutachtlichen Stellungnahme berichtet.

2 UNTERLAGEN

Mit einer Mail bezüglich der Bitte um Angebotsabgabe von [REDACTED] wurden uns mit Datum vom 12.07.2022 neben einem auszufüllenden Leistungsverzeichnis Planunterlagen zu den fünf Bauwerken zugesandt. Zum Bauwerk RÜB Wurmstraße war folgende Unterlage enthalten:

A) Datei RRB_Im Hagenkamp_Planunterlagen.pdf (Lageplan – 1 Seite)

Darüber hinaus wurde uns durch [REDACTED] mit Mail vom 10.11.2022 ein Link zum Download eines ZIP-komprimierten Ordners zur Verfügung gestellt. Dieser enthielt zum Bauwerk RÜB Wurmstraße folgende zusätzliche Unterlagen:

B) 7 JPG-Dateien (Aufnahmen aus dem Bauwerk)

C) 1 MOV-Datei (Video-Aufnahme aus dem Bauwerk)

Die für die Erstellung dieser Gutachtlichen Stellungnahme herangezogenen allgemein zugänglichen Unterlagen sind in Kapitel 10 zusammengestellt.

3 ORTSTERMINE

Zur Bearbeitung der Position 1 der Leistungsbeschreibung hat am 14.12.2022 ein Termin zur Besprechung des weiteren Vorgehens inkl. kurzer Inaugenscheinnahme aller fünf Bauwerke stattgefunden. Bei diesem Termin waren die folgenden Personen anwesend:

[REDACTED]

Die Bauwerksuntersuchungen am RRB Im Hagenkamp haben am 21.08.2023 stattgefunden. Bei diesen Terminen waren die folgenden Personen anwesend:

[REDACTED]

Die bei diesen Ortsterminen durchgeführten Bauwerksuntersuchungen und Probennahmen werden in Kapitel 4 beschrieben.

4 BAUWERKS- UND LABORUNTERSUCHUNGEN

4.1 Allgemeines

In den folgenden Abschnitten erfolgt eine Beschreibung der bei den Bauwerks- und Laboruntersuchungen angewendeten Untersuchungsmethoden. Die Ergebnisse der Bauwerks- und Laboruntersuchungen sind im nachfolgenden Kapitel 5 enthalten.

Im Zuge der Bearbeitung von Position 1 der Leistungsbeschreibung „Zustandserfassung des Bestands und Bewertung der mat. Untersuchungen“ hat [REDACTED] dem [REDACTED] am 01.12.2023 ein Anschreiben mit Vorschlägen zu Mengenänderungen von einzelnen Untersuchungsmethoden und Probennahmen zugesendet, die per Mail vom 02.02.2023 durch [REDACTED] bestätigt wurden. Daraus ergaben sich die in den nachfolgenden Abschnitten genannten Mengen. Die seitens [REDACTED] in diesem Schreiben formulierten Empfehlungen basierten auf unserem Ortstermin am 14.12.2022 sowie der Sichtung der zur Verfügung gestellten Unterlagen (A bis C).

Die Untersuchungen beschränkten sich im vorliegenden Fall auf das Pumpwerk. Etwa im Westen führen parallel zwei Leitungen in das Bauwerk (Zulauf und Ablauf). Das über den Zulauf kommende Abwasser fließt in einen Pumpensumpf. Bei Betätigung der Pumpe kann das Abwasser bis zu einem Stand von rd. 15 cm Höhe über Boden aus dem Bauwerk abgepumpt werden. Während unserer Untersuchungen floss dauerhaft Abwasser nach. Der Boden des Pumpwerks sowie die unteren Bereiche der Kanalklinker konnten aufgrund des ständig gegebenen Spiegels des nachfließenden Abwassers weder eingesehen, noch untersucht werden.

Wände und Decke des untersuchten Pumpwerks bestehen aus Stahlbeton. Die Bodenfläche, bestehend aus dem Pumpensumpf, zu den Wänden ansteigenden Schwellen sowie Schwellen im Bereich des Zu- und Ablaufs, bestehen aus Kanalklinkern.

Es wurden zum Teil mehrere unterschiedliche Prüfungen und Entnahmen an einer Stelle durchgeführt. Diese wurden jeweils zu Untersuchungsstellen U zusammengefasst. Im vorliegenden Fall enthielten die Untersuchungsstellen U H1 bis U H3 jeweils eine Bohrmehlentnahme, die Erstellung einer Inspektionsöffnung sowie eine Prüfung der Karbonatisierungstiefe. An den Untersuchungsstellen U H4 bis U H6 wurden nur Inspektionsöffnungen erstellt und die Karbonatisierungstiefe geprüft.

Dem Lageplan in Bild A1 in Anhang A ist die Lage dieser Untersuchungsstellen sowie der Bohrkernentnahmestellen und Betondeckungsmessungen zu entnehmen. Eine Auswahl der Aufnahmen der Untersuchungs- und Bohrkernentnahmestellen ist in den Bildern B1 bis B9 in Anhang B enthalten.

4.2 Inaugenscheinnahme

Das untersuchte Teilbauwerk wurde begangen und vollflächig in Augenschein genommen. Dabei wurden insbesondere die Stahlbetonbauteile (Wände und Decken) auf visuell erkennbare Schäden untersucht.

Zudem wurden auch die Bereiche mit Kanalklinkern, soweit erkennbar, visuell untersucht.

4.3 Betondeckungsmessungen

Die Betondeckung der Bewehrung wurde zerstörungsfrei mittels des Betondeckungsmessgerätes Proceq Profometer PM 650 in Anlehnung an /1/ untersucht. Dieses Gerät erlaubt die Durchführung von Linienscans.

Erfasst werden dabei alle leitfähigen Metalle, d.h. auch nicht magnetisierbare Metalle, jedoch nur im oberflächennahen Bereich bis rd. 80 mm Tiefe. Bei diesen Linienscans werden jeweils die orthogonal zur Scanrichtung verlaufende Bewehrung und ihre Betondeckung in Abhängigkeit eines vorgegebenen Bewehrungsdurchmessers über die Weglänge des Scans aufgezeichnet.

Messungen der Betondeckung erfolgten an den Stahlbetonbauteilen (Wände und Deckenuntersicht). Insgesamt wurden 4 Scans horizontal an Wänden (Scans H1, H2, H6, und H4) und jeweils 1 Scan an der Decke in Längs- und Querrichtung (Scans H5 und H6) durchgeführt. Die Gesamtlänge aller durchgeführten Scans beträgt rd. 16 m.

Für die Auswertung der Scans ist die Eingabe eines Bewehrungsdurchmessers erforderlich. Diese wurden auf Basis von in Inspektionsöffnungen tatsächlich gemessenen Stabdurchmessern gewählt. Demnach wurde bei den Scans an Wänden (H1 bis H4) ein Bewehrungsdurchmesser von 8 mm und bei den Scans an der Deckenuntersicht (H5 und H6) ein Bewehrungsdurchmesser von 12 mm zugrunde gelegt. Sofern am Objekt tatsächlich vorhandene Bewehrungsstäbe geringere Durchmesser aufweisen, wird die gemessene Betondeckung damit überschätzt, im Fall am Objekt vorliegender größerer Bewehrungsdurchmesser unterschätzt.

Bei Bewehrungsscans ist grundsätzlich folgendes zu beachten:

Bei Bewehrungsscans bestehen verfahrensbedingt grundsätzlich Messunsicherheiten. Dies betrifft nicht nur von der Software zugeordnete Betondeckungen, sondern explizit auch die Detektion von Bewehrungsstäben. So kann es je nach Bewehrungsgeometrie durchaus vorkommen, dass Bewehrungsstäbe vom Messgerät gar nicht erfasst werden oder aber zwei eng beieinander liegende Stäbe nur als ein Stab erkannt werden. Auch ist die Fehlinterpretation von Messsignalen als Bewehrungsstab möglich.

Angaben zu Bewehrungsgeometrie, Anzahl an Bewehrungsstäben und Bewehrungsdurchmesser aus derartigen zerstörungsfreien Messungen müssen daher z.B. im Zuge einer statischen Nachrechnung mit entsprechender Sorgfalt und entsprechenden Sicherheiten behandelt werden.

Abschließend sei angemerkt, dass die vorliegende Auswertung der gemessenen Betondeckungen primär vor dem Hintergrund der Bewertung des Korrosionsrisikos der Bewehrung erfolgte. Die durchgeführte Auswertung ist nicht gleichzusetzen mit der Bewertung der Betondeckung gemäß DBV-Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung nach EC 2“ /2/.

4.4 Erstellung von Inspektionsöffnungen

An insgesamt 6 Stellen wurden Inspektionsöffnungen erstellt (Untersuchungsstellen U H1 bis U H6). Dafür wurden jeweils einzelne Bewehrungsstäbe mittels Stemmen freigelegt. An diesen wurden Durchmesser und Betondeckung bestimmt und der Korrosionszustand bewertet sowie zum Teil als Folge von Korrosion erfolgte Querschnittsverluste abgeschätzt.

4.5 Bestimmung von Karbonatisierungstiefen

Zur Messung der Karbonatisierungstiefe wurden an den 6 Inspektionsöffnungen (Untersuchungsstellen U H1 bis U H6) die frisch in den Beton eingebrachten Bruchstellen mit Druckluft ausgeblasen und die Stellen anschließend mit einer 1-%-igen Phenolphthaleinlösung besprüht. Die Indikatorlösung färbt sich in Abhängigkeit des pH-Wertes des Untergrundes entweder violett oder zeigt keine Verfärbung. Violette Bereiche weisen einen pH-Wert größer als 9 auf und sind somit noch nicht bzw. nicht vollständig karbonatisiert.

4.6 Bohrmehlentnahmen

Zur Bestimmung tiefenabhängiger Sulfat- und Chloridgehalte wurde an insgesamt 3 Stellen tiefengestaffelt Bohrmehl aus drei unterschiedlichen Tiefenlagen (0 – 15 mm, 15 – 30 mm und 30 – 45 mm) entnommen (insgesamt 9 Bohrmehlproben an Untersuchungsstellen U H1 bis U H3). Es wurde ein Bohrer mit einem Durchmesser von 18 mm verwendet.

Sulfat- und/oder Chloridgehalte wurden an ausgewählten Bohrmehlproben bestimmt. Zum Teil wurden in der Analyse einzelne Tiefenlagen ausgelassen, da die Ergebnisse an diesen Proben weniger Aussagekraft für das Gesamtergebnis geliefert hätten.

Die ausgewählten Bohrmehlproben wurden zur Bestimmung von Sulfatgehalten ins [REDACTED] und zur Bestimmung von Chloridgehalten in die [REDACTED] eingeliefert.

4.6.1 Bestimmung des Sulfatgehaltes

Die Bestimmung des Gesamtsulfatgehalts an 8 ausgewählten Bohrmehlproben erfolgte nach DIN EN ISO 14720-1 /3/.

Als Referenz wurde zudem der Sulfatgehalt an der Unterseite eines ausgewählten Bohrkerns ebenfalls nach DIN EN ISO 14720-1 /3/ bestimmt. In dieser Tiefe sollte der Ausgangssulfatgehalt des Betons vorliegen.

4.6.2 Bestimmung des Chloridgehaltes

Der Gesamtchloridgehalt an 7 ausgewählten Bohrmehlproben wurde mittels potentiometrischer Titration in Anlehnung an Heft 401 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton /4/ bestimmt. Die Umrechnung von M.-%/Beton auf M.-%/Zement erfolgte durch Annahme eines Zementgehaltes von 1/7 des Betons (in Masseprozent)

4.7 Bohrkernentnahmen

An insgesamt 3 Stellen an Wänden wurden mittels Nassbohren mit Stativ Bohrkern entnommen. Der Innendurchmesser der verwendeten Bohrkronen betrug rd. 80 mm.

Die Bohrkern wurden mit BK H1 bis BK H3 bezeichnet.

4.7.1 Makroskopie der Bohrkern

Nach Einlieferung der Bohrkern ins Labor von [REDACTED] wurden die entnommenen Bohrkern gereinigt, vermessen und auf Besonderheiten hin untersucht. Zudem wurden sie allseitig fotografiert.

4.7.2 Bestimmung der Betondruckfestigkeit

An den Bohrkernen erfolgte eine Bestimmung der Rohdichte und Druckfestigkeit am [REDACTED]. Dazu wurden die Bohrkern auf ein Verhältnis von $h/d \approx 1$ (gemäß /5/) abgelängt und die Stirnseiten planparallel geschliffen.

Die Bestimmung der Druckfestigkeit der Bohrkern erfolgte an den erstellten Prüfkörpern nach DIN EN 12504 1: 2021-02 /5/ mit einer Prüfmaschine des Typs FTS 3000/1 Alpha 4 und einer Belastungsgeschwindigkeit von 3,0 kN/s.

Scheiben der obersten rd. 2 cm der Bohrkern wurden [REDACTED] zurückgegeben und dienten als Prüfkörper für die Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit.

4.7.3 Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit

Die Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit des Betons erfolgte in Anlehnung an die Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Ausgabe 2001, Teil 3, Anhang C /6/ durch Abreißprüfungen gemäß DIN EN 1542 „Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch“ /7/.

Dazu wurden die Scheiben der Oberseiten der Bohrkern auf einer ebenen Platte horizontal ausgerichtet und aufgeklebt, um so eine waagerechte Prüffläche zu schaffen.

Die anschließende Prüfung umfasste die folgenden Schritte:

- Leichtes Anschleifen der Prüffläche (Betonoberseite) mit einem Winkelschleifer mit Topfscheibe (Reinigen der Oberfläche)
- Bohren einer Ringnut (\varnothing 50 mm) ca. 5 bis 10 mm tief in den Beton
- Entfernen von Staub und Verunreinigungen (Abblasen der Prüfstelle)
- Aufkleben von Stahlstempeln (\varnothing 50 mm) auf die Oberfläche mit einem 2-komponentigen pastösen Reaktionsharzkleber
- Durchführen einer einaxialen Zugprüfung mit einer Laststeigerungsrate von 100 N/s (Prüfgerät: Freundl F10D-Easy)

Anschließend wurden die Bruchflächenanteile visuell bewertet.

5 ERGEBNISSE

5.1 Allgemeines

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Bauwerks- und Laboruntersuchungen dargestellt. Eine verfahrensübergreifende Bewertung der Ergebnisse erfolgt im nachfolgenden Kapitel 6.

5.2 Ergebnisse der Inaugenscheinnahme

Im Zuge der Inaugenscheinnahme wurden als wesentliches Schadensbild Abplatzungen mit freiliegender, korrodierte Bewehrung, hauptsächlich in Längsrichtung des Bauwerks an der Deckenuntersicht festgestellt. Nur in einem Bereich lagen auf einem kurzen Stück auch zwei Stäbe in Querrichtung frei.

Bei genauerer Betrachtung ließ sich feststellen, dass es sich bei den in Längsrichtung freiliegenden Bewehrungsstäben hauptsächlich um drei Stäbe zu handeln scheint, die auf ihrer Länge immer wieder freiliegen. Das Erscheinungsbild deutet darauf hin, dass bei diesen Stäben bereits seit der Bauzeit nur geringe Betondeckungen vorlagen. Darüber hinaus wurden nur wenige kleinere lokale Abplatzungen festgestellt.

Bild 1 zeigt Beispiele für freiliegende, korrodierte Bewehrung an der Deckenuntersicht. In Bild 2 ist als Ausschnitt eines vor Ort erstellten 3D-Scans eine Übersicht der Deckenuntersicht dargestellt, in der zu erkennen ist, dass die Abplatzungen bzw. Abschnitte freiliegender Bewehrung hauptsächlich in drei Linien auftreten.



Bild 1: Beispiele für freiliegende Bewehrung an der Deckenuntersicht^

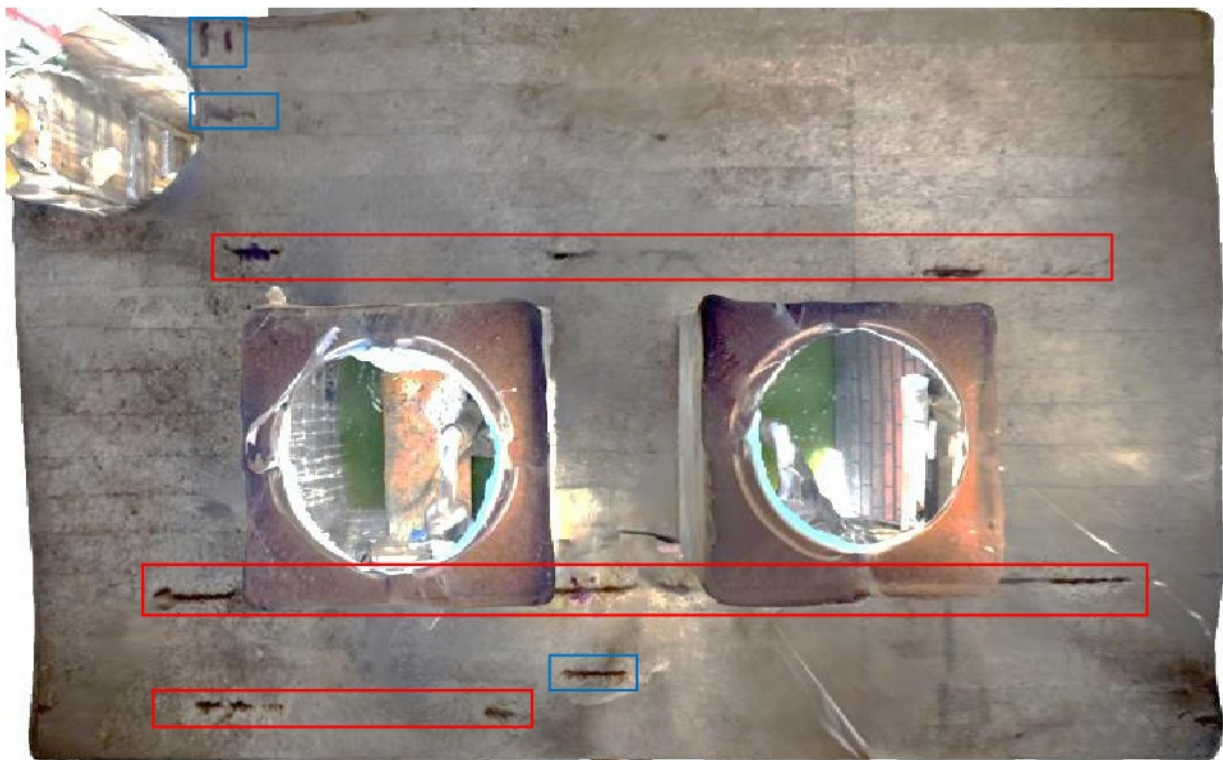


Bild 2: Übersicht der Deckenuntersicht mit Markierung der mehrfach freiliegenden einzelnen Bewehrungsstäbe (rot) und einzelner lokaler Abplatzungen (blau)

An Wänden waren nur wenige lokale Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung festzustellen. Bild 3 zeigt Beispiele hierfür.



Bild 3: Beispiele für lokale Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung an Wänden

Andere Arten von Schäden am Beton wurden nicht festgestellt.

Der bereichsweise vorhandene und als Schwellen dienende Kanalklinker konnte zwar nur lokal handnah untersucht werden, da zum einen Schmutzablagerung in vielen Bereichen der Kanalklinker vorhanden waren und zum anderen im Pumpensumpf dauerhaft Abwasser stand und beständig nachlief und der Kanalklinker so in weiten Teilen nicht sichtbar war. Die einsehbaren und handnah prüfbaren Bereiche der Kanalklinker wirkten allerdings ungeschädigt. Auch war kein brüchiger Mörtel festzustellen. Bild 4 zeigt Beispiele für den augenscheinlich intakten Kanalklinker.



Bild 4: Beispiele für augenscheinlich intakten Kanalklinker mit ausgeprägten Schmutzablagerungen

5.3 Betondeckungsmessungen

Die Ergebnisse der Betondeckungsmessungen sind in grafisch ausgewerteter Form in Bild C1 in Anhang C dargestellt.

Die Messergebnisse der Linienscans wurden derart ausgewertet, dass jeweils die auf einer Messlänge von 20 cm gemessene mittlere Betondeckung bestimmt wurde und anhand einer Betondeckungsklasse farblich skaliert im Linienscan dargestellt wurde.

Die für die Darstellung der Betondeckungsscans verwendete Farbskalierung reicht von ≤ 5 mm (rot) bis >50 mm (violett). Eine Legende für diese Farbskalierung ist in Bild C1 in Anhang C enthalten. In weiß dargestellten Bereichen wurde keine Bewehrung detektiert.

Bei nassen oder rauen bzw. unebenen Betonoberflächen ist es unter Umständen möglich, dass der Wegaufnehmer des Betondeckungsmessgeräts nicht konstant mitläuft. So möglicherweise entstandene Wegverluste werden jeweils über die Länge eines Scans verschmiert ausgeglichen, indem die Wegkoordinate eines Messsignals jeweils mit dem Faktor zwischen Weglänge eines Scans und Soll-Länge multipliziert wurde.

5.4 Untersuchungsstellen

Die Ergebnisse der Untersuchungen an den Untersuchungsstellen U H1 bis U H6 sind in tabellarischer Form in den Tabellen D1 bis D6 im Anhang D gegeben.

Für jede Untersuchungsstelle ist in einer Tabelle jeweils eine Übersichtsaufnahme und eine Beschreibung der Lage und des Zustands der Untersuchungsstelle gegeben.

Für die Inspektionsöffnungen werden jeweils die Richtung, der Durchmesser, die Betondeckung sowie der Korrosionszustand jedes freigelegten Stabs angegeben. Zudem wird die Karbonatisierungstiefe angegeben.

Für die Untersuchungsstellen, an denen Bohrmehl entnommen wurde, sind in den Tabellen jeweils die ermittelten Schwefel- und Chloridgehalte je Tiefenlage angegeben.

Entsprechend der Höhe der ermittelten Schwefelgehalte wurden diese in Anlehnung an den beispielsweise in /8/ genannten Schwellenwert wie folgt farblich markiert:

Grün: Gesamtschwefelgehalt als $\text{SO}_3 < 1,0 \text{ M.-%}$

Rot: Gesamtschwefelgehalt als $\text{SO}_3 \geq 1,0 \text{ M.-%}$

Die Referenzbeprobung an der Unterseite von Bohrkern BK H1 ergab einen Gesamtschwefelgehalt als SO_3 von 0,53 M.-% (vermutlich Ausgangssulfatgehalt des Betons in 107 mm bis 136 mm Tiefe).

Entsprechend der Höhe der ermittelten Chloridgehalte wurden diese in Anlehnung an /9/ wie folgt farblich markiert:

Grün: Chloridgehalt $< 0,5 \text{ M.-%/Zement}$

Gelb: $0,5 \text{ M.-%/Zement} \leq \text{Chloridgehalt} < 1,0 \text{ M.-%/Zement}$

Rot: Chloridgehalt $\geq 1,0 \text{ M.-%/Zement}$

Nicht analysierte Bohrmehlproben einzelner Tiefenlagen sind in den Tabellen grau hinterlegt.

5.5 Bohrkernprüfungen

Die Ergebnisse der Bohrkernprüfungen (Fotografie, Makroskopie, Druck- und Oberflächenzugfestigkeit) sind in Anhang E gegeben.

Aufnahmen der Bohrkerns sind in den Bildern E1 bis E3 gegeben.

Die Ergebnisse der Makroskopie können Tabelle E1 entnommen werden. In dieser Tabelle sind Durchmesser und Länge der Bohrkerns sowie die längste Ausdehnung des augenscheinlich größten Gesteinskorns an der Bohrkernmantelfläche (hier als Größtkorn bezeichnet, nicht gleichzusetzen mit dem Größtkorn einer Sieblinie) gegeben. Zudem sind an den Bohrkerns festgestellte Besonderheiten aufgeführt.

Die Maße der für die Druckfestigkeitsprüfungen erstellten Prüfkörper sowie die an diesen bestimmten Rohdichten und Druckfestigkeiten sind in Tabelle E2 gegeben. In Tabelle E3 sind die Ergebnisse der Prüfung der Oberflächenzugfestigkeiten sowie jeweils eine Beschreibung und eine Aufnahme des Bruchbilds gegeben.

Im Zuge der Präparation der Prüfkörper wurden die Scheiben für die Prüfung der Oberflächenzugfestigkeiten im unterbeauftragten Prüflabor in zu geringer Dicke abgesägt. Dies führte dazu, dass bei allen drei geprüften Bohrkernen während der Prüfung kein kompletter Bruch im Beton erreicht wurde, sondern teilweise im Kleber zwischen den Betonscheiben und der Platte, auf der sie aufgeklebt wurden. Eine Auswertung der Ergebnisse dieser Prüfungen muss daher entfallen.

6 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

An den Stahlbetonbauteilen (Decke und Wände) wurden als einziges Schadensbild Abplatzungen des Betons mit zum Teil freiliegender, korrodierter Bewehrung festgestellt.

Die an den entnommenen Bohrmehlproben bestimmten Chloridgehalte zeigen, dass die Korrosion der freiliegenden Bewehrungsstäbe wahrscheinlich nicht chloridinduziert ist. An nur einer Bohrmehlprobe (erste Tiefenlage an Untersuchungsstelle U H2) wurde ein gegenüber einem für Beton üblichen Ausgangschloridgehalt stärker erhöhter Chloridgehalt von 0,52 M.-%/Zement festgestellt. Der Schwellenwert nach TR Instandhaltung /9/ wurde mit diesem Wert knapp überschritten. Dies zeigt zwar, dass ein stattgefundener Chlorideintrag nicht generell ausgeschlossen werden kann, sich dieser aber vermutlich auf ein unkritisches Maß und eher auf lokale Bereiche nahe der Einstiege beschränken lässt.

Freiliegende, korrodierte Bewehrungsstäbe sind eher in Bereichen mit geringerer Betonqualität (kiesnestartige Struktur, zum Teil mit kuppenartig freiliegender Gesteinskörnung) vorhanden oder aber weisen lokal praktisch keine Betondeckung auf. Während die Abschnitte der Stäbe ohne Betondeckung vermutlich nie in einem alkalischen Milieu lagen und somit nie passiv waren, zeigte sich, dass die Karbonatisierungsfront an den Stäben in Bereichen geringerer Qualität des Betons bis in die Tiefenlagen der Bewehrung vorgedrungen ist und so vermutlich zur Depassivierung der Bewehrung geführt hat. Diese Depassivierung und die folglich stattgefundene Korrosion führten zu Querschnittsverlusten von 20 % bis 50 %.

Vor dem Hintergrund der bestimmten Betondeckungen liegen vor allem an den Wänden nicht generell geringe Betondeckungen vor, aber auch die Ergebnisse an der Deckenuntersicht lassen nicht die Vermutung zu, dass diverse weitere Bewehrungsstäbe auf Grund sehr geringer Betondeckung zu korrodieren drohen. Wahrscheinlicher ist es, dass es in den Bereichen geringerer Betonqualität zu weiteren Schädigungen bereits korrodierender Bewehrung infolge von Karbonatisierung kommen kann. Dies bedeutet, die Anzahl an Schadstellen kurz- bis mittelfristig vermutlich nicht deutlich zunehmen wird, wohl aber der Grad des korrosionsbedingten Querschnittsverlustes an bereits korrodierenden Stäben.

Wenn auch ein Sulfatangriff im Bereich der geschädigten Betonoberfläche nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann, ist es doch wahrscheinlicher, dass die bereichsweise geringe Qualität des Betons maßgeblich zum aktuellen Schadensbild beigetragen hat. So wurden nur an einigen entnommenen Bohrmehlproben geringfügig erhöhte Sulfatgehalte gegenüber dem vermutlichen Ausgangssulfatgehalt von 0,53 M.-% bestimmt, was eher nicht auf einen stattgefundenen oder noch stattfindenden Sulfatangriff hindeutet. Vielmehr geben die auch in größerer Tiefe z.T. schwankenden Sulfatgehalte eher einen Hinweis auf eine schwankende Betonzusammensetzung.

Auch an den entnommenen Bohrkernen zeigte sich, dass der Beton des Bauwerks nicht homogen zu sein scheint. So besteht BK H3 augenscheinlich aus zwei Materialien, zum einem aus einem Beton und zum anderen aus einem Mörtel mit vereinzeltem Zuschlag aus Kies und Klinkerbruch. Die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfungen zeigen zusätzlich den Einfluss dieser Inhomogenität, da die an BK H3 bestimmte Druckfestigkeit nur rd. 25 % der an BK H1 und BK H2 bestimmten liegt. Auch die Rohdichte ist bei BK H3 deutlich geringer als bei den beiden anderen Bohrkernen. BK H1 und BK H2 hingegen weisen ein vergleichsweise homogenes Gefüge und eine für Normalbeton erwartbare Rohdichte auf.

Obwohl wegen oben beschriebener Gründe die bestimmten Oberflächenzugfestigkeiten nicht in eine Auswertung einbezogen werden sollen, scheint eine einheitliche Einordnung des Betons in eine Altbetonklasse nach TR Instandhaltung /9/ vor dem Hintergrund der gezeigten Inhomogenität ohnehin nicht zielführend zu sein.

Sollte eine Instandsetzung nach TR Instandhaltung /9/ in Betracht gezogen werden, werden dementsprechend ergänzende Beprobungen vorgeschlagen.

Da der als Schwellen dienende Aufbau aus Kanalklinkern augenscheinlich, soweit aufgrund des Wasserstandes während der Untersuchung beurteilbar, nicht geschädigt zu sein scheint, ist eine Instandsetzung aus unserer Sicht aktuell nicht erforderlich.

7 INSTANDSETZUNGSKONZEPT

Die TR Instandhaltung /9/ beschreibt für die Instandsetzung von durch Bewehrungskorrosion geschädigten Bauteilen grundsätzlich drei verschiedene Instandsetzungsprinzipien, wobei anschließend zwei der drei Instandsetzungsprinzipien nochmals in unterschiedliche Verfahren unterteilt werden. Die einzelnen Instandsetzungsprinzipien und –verfahren sind in der folgenden Tabelle 1 zusammengestellt.

Die in den Spalten 1 bis 3 enthaltenen Informationen sind /9/ entnommen. Die in den Spalten 4 und 5 enthaltenen Informationen haben wir unter Berücksichtigung der Inhalte aus /9/ hinzugefügt.

Tabelle 1: Prinzipien und Verfahren zum Schutz oder zur Instandsetzung von durch Bewehrungskorrosion geschädigten Bauteilen nach TR Instandhaltung /9/ mit erläuternden Ergänzungen zum Anwendungsfall

Prinzip	Bezeichnung	Geregelte Verfahren, die auf den Prinzipien beruhen	Geeignet für	Bemerkung
1	2	3	4	5
7	Erhalt oder Wiederherstellung der Passivität	7.1 Erhöhung bzw. Teilersatz der Betondeckung mit zusätzlichem Mörtel oder Beton	Erhalt der Passivität (d.h. der Bewehrungsstahl ist noch nicht korrosionsbereit)	Nicht geeignet bei bereits depassivierter Bewehrung
		7.2 Ersatz von chloridhaltigem oder karbonatisiertem Beton	Wiederherstellung der Passivität	Geeignet bei Chlorideinwirkung und Karbonatisierung
		7.4 Realkalisierung von karbonatisiertem Beton durch Diffusion	Erhalt oder Wiederherstellung der Passivität	Nicht geeignet bei Chlorideinwirkung
		7.6 Füllen von Rissen oder Hohlräumen	Erhalt oder Wiederherstellung der Passivität bei Karbonatisierung oder bei zu erwartender Chlorideinwirkung	Nicht geeignet bei bereits in den Beton eingedrungenen Chloriden
		7.7 Beschichtung	Erhalt der Passivität (d.h. der Bewehrungsstahl ist noch nicht korrosionsbereit)	Präventive Schutzmaßnahme bei Chlorideinwirkung und Karbonatisierung
		7.8 Lokale Abdeckung von Rissen (Bandagen)	Erhalt der Passivität (d.h. der Bewehrungsstahl ist noch nicht korrosionsbereit)	Geeignet bei Chlorideinwirkung und Karbonatisierung
8	Erhöhung des elektrischen Widerstandes	8.1 Hydrophobierung	Erhalt der Passivität oder Reduzierung der Korrosionsgeschwindigkeit	Nicht geeignet bei Chlorideinwirkung
		8.3 Beschichtung		Anwendung bei hohen Chloridgehalten kritisch
10	Kathodischer Schutz (KKS)	10.1 Anlegen eines elektrischen Potentials	Elektrochemischer Korrosionsschutz	Anwendung vorwiegend bei Chlorideinwirkung

Grundsätzlich sollten die vorhandenen Schadstellen an Wänden und der Deckenuntersicht in jedem Fall im Sinne von Verfahren 7.2 (Ersatz von chloridhaltigem oder karbonatisiertem Beton) bzw. Verfahren 3.1 (kleinflächiger Handauftrag) instandgesetzt werden. Dies kommt der lokalen Reparatur der Schadstellen gleich, indem der minderfeste Beton in den Abplatzungen bis in die Tiefe des Betons höherer Festigkeit entfernt wird, die Bewehrungsstäbe entrostet werden und die Stellen anschließend mit einem geeigneten Material reprofiliert werden. Die Passivität der Bewehrung wird so durch die Alkalität des Betonersatzes lokal wiederhergestellt.

Da der Zusammenhang zwischen den Bereichen minderer Betonqualität und infolge von Karbonatisierung korrodierender Bewehrung deutlich ist, sollte der Beton dieser Bereiche auch da, wo noch keine Bewehrung freiliegt, entfernt und ersetzt werden.

Folgende wesentliche Teilschritte wären im Zuge dieser lokalen Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich:

- Abtrag loser und mindererfester Betonteile
- Untergrundvorbereitung des Altbetons und der Bewehrung (z.B. durch Strahlen mit festem Strahlmittel, bei kleinen Flächen kann ggf. auch eine Untergrundvorbereitung mittels Nadelpistole erfolgen.) zur Erzielung des Reinheitsgrads der Bewehrung Sa 2 (bei Kleinflächen nach /9/ ggf. St2 ausreichend)
- Reprofilierung der Schadstellen mit Betonersatz nach TR Instandhaltung /9/ (z.B. mit RM-A4) und im Zuge dieser Reprofilierungen sollte, soweit möglich, die Betondeckung unmittelbar über dem Bewehrungsstab geringfügig erhöht werden (durch Ausbildung einer leichten Erhöhung).

Obwohl es beispielsweise in /10/ heißt, dass „die generellen Voraussetzungen für eine Korrosion der Bewehrung infolge Carbonatisierung des Betons [...] bei den ständig feuchten Umgebungsbedingungen für Bauteile im Abwasserbereich nicht gegeben“ sind, zeigt der vorliegende Fall, dass es dennoch insbesondere im Bereich von Beton minderer Qualität zu eben dieser Korrosion kommen kann. Das Entfernen und Ersetzen des Betons dieser Bereiche scheint demnach bereits zum Ziel der Wiederherstellung und dem Erhalt der Passivität zu führen.

Die Verfahren 8.1 (Hydrophobierung) und 8.3 (Beschichtung) zur Erhöhung des elektrischen Widerstandes sind unter den feuchten Bedingungen im vorliegenden Fall vermutlich nicht denkbar, da nicht mit einer vollständigen Austrocknung des Bauteils zu rechnen ist.

Die oben genannten Vorschläge für eine Instandsetzung setzen voraus, dass die lokal bereits erfolgten Querschnittsverluste der Bewehrung bis 50 % aus tragwerksplanerischer Sicht akzeptiert werden können, wenn eine weitere Schwächung zukünftig vermieden wird. Sollte dies nicht der Fall sein, wären zusätzliche Verstärkungsmaßnahmen beispielsweise im Sinne zusätzlicher Bewehrung erforderlich. Im Zuge statischer Nachweise an der Deckenuntersicht ist zu beachten, dass die Mehrzahl der Schadstellen an der Deckenuntersicht lediglich auf drei Stäbe zurückzuführen ist.

Zwar gelten die genannten Vorschläge hauptsächlich für drei an der Decke über ihre Länge mehrfach freiliegende Bewehrungsstäbe sowie vereinzelte zusätzliche lokale Stellen, aus wirtschaftlicher Sicht kann allerdings als Alternative zur Instandsetzung der Decke auch ein Austausch dieser in Betracht gezogen werden. Dies gilt vor allem vor dem Hintergrund, dass eine Instandsetzung der Deckenuntersicht des Pumpwerks aufgrund der beengten Verhältnisse vermutlich sehr aufwändig sein kann, während eine Neuerstellung der Decke ggf. schneller und wirtschaftlicher möglich sein kann und sich hierbei zudem die Vorteile eines neuen Bauteils gegenüber einem nur bereichsweise instandgesetzten Bauteil ergeben.

8 BESTIMMUNG DER RESTNUTZUNGSDAUER

Die „Baufachlichen Richtlinien Abwasser“ vom Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen und vom Bundesministerium der Verteidigung /11/ gibt für den Beton von Schächten und Bauwerken abwassertechnischer Anlagen eine technische Lebensdauer von 60 bis 80 Jahren und für sogenannten Kanalklinker 80 bis 100 Jahre an. Allerdings wird in /11/ ebenso beschrieben, dass die Restnutzungsdauer einer abwassertechnischen Anlage neben der technischen Lebensdauer auch auf Grundlage bekannter Zustandsinformationen und sonstiger örtlicher Randbedingungen festzulegen ist.

Das Baujahr des in Rede stehenden Bauwerks wurde uns im Angebotsschreiben mit Anfang der 1990er Jahre angegeben. Das Ende der technischen Lebensdauer des Betons nach /11/ von mindestens 60 Jahren ist damit bei weitem noch nicht erreicht. Grund dafür ist vermutlich, wie oben beschrieben, die lokal mindere Güte des Betons und lokal kaum vorhandene Betondeckungen, vor allem an der Deckenuntersicht.

Prognosen einer Restnutzungsdauer von Stahlbetonbauteilen sind auf Grundlage verschiedener Modelle möglich (s. z.B. /12/ und /13/). Diese Modelle beschreiben die Dauer bis zur Initiierung korrosionsauslösender Prozesse an der Bewehrung.

Demnach wurde das Ende der Restnutzungsdauer der Stahlbetonbauteile auf Grundlage der ermittelten Zustandsinformationen und sonstiger örtlicher Randbedingungen in Form festgestellter Bewehrungskorrosion infolge von Karbonatisierung mit z.T. bereits deutlich korrodierten Bewehrungsstäben bereichsweise bereits erreicht bzw. ggf. schon überschritten.

Betrachtet man die im folgenden Bild 5 dargestellte Abbildung aus der TR Instandhaltung /9/, in der der Instandsetzungszyklus während der Lebensdauer eines Tragwerks, dessen Zustand durch Instandhaltungsmaßnahmen beeinflusst wird, beschrieben wird, befindet man sich bei den Stahlbetonbauteilen in dem in Rede stehenden Bauwerk aktuell in dem rot markierten Bereich.

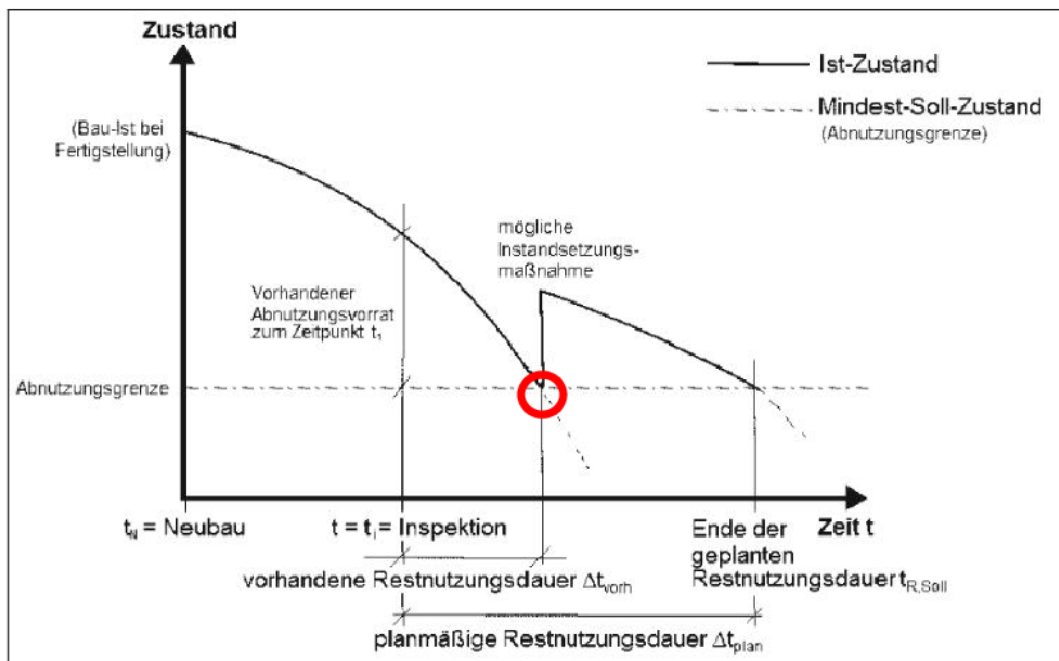


Bild 5: Instandsetzungszyklus während der Lebensdauer eines Tragwerks, dessen Zustand durch Instandhaltungsmaßnahmen beeinflusst wird (Abbildung aus TR Instandhaltung /9/)

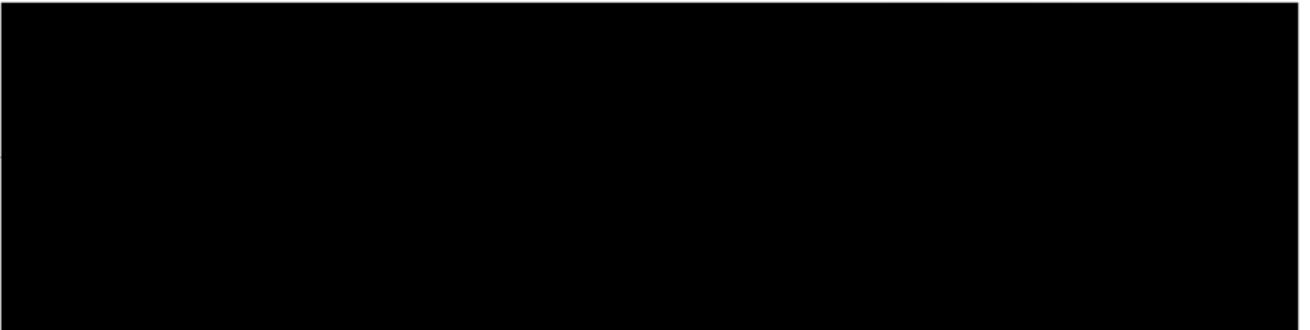
Deutlich ist, dass durch eine Instandsetzungsmaßnahme eine Verlängerung der Restnutzungsdauer erreicht werden kann. Geht man von zukünftig gleichbleibenden Randbedingungen aus (kein nennenswerter Chlorideintrag, kein relevanter chemischer Angriff, etc.) und davon, dass Karbonatisierung nur in Bereichen minderer Betonqualität stattfindet, kann mit dem Entfernen und Ersetzen des Betons dieser Bereiche ein Ende der Restnutzungsdauer erreicht werden, welches etwa dem Ende der technischen Lebensdauer der Stahlbetonbauteile nach /11/ entspricht. So kann bei lokaler Instandsetzung der Schadstellen und der weiteren Bereiche mit minderfestem Beton und größeren Karbonatisierungstiefen bis zur Bewehrung unter den gegebenen Randbedingungen vermutlich die Restlebensdauer des Stahlbetons um 20 bis ggf. 30 Jahren verlängert werden (bei üblicher Instandhaltung).

9 ZUSAMMENFASSUNG

█ wurde vom █ mit der Durchführung betontechnologischer Untersuchungen im Zuge der Ist-Zustandserfassung an fünf Sonderbauwerken des █ sowie der Erarbeitung von Instandsetzungskonzepten beauftragt.

In der vorliegenden Gutachtlichen Stellungnahme wird über die angewandten Untersuchungsmethoden sowie die dabei erzielten Ergebnisse am **RRB Im Hagenkamp** berichtet. Darüber hinaus wird ein Instandsetzungskonzept als Vorschlag für weitere Maßnahmen unterbreitet. Zudem wird die Restnutzungsdauer bestimmt und beschrieben, wie diese durch die Durchführung von Instandsetzungsmaßnahmen verlängert werden kann.

Zu den vier weiteren Sonderbauwerken wurden separate Dokumente erstellt.



10 LITERATUR

- /1/ Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung - Merkblatt zur zerstörungsfreien Betondeckungsmessung und Bewehrungsortung an Stahl- und Spannbetonbauteilen – Merkblatt B 02 – April 2014
- /2/ DBV-Merkblatt: DBV-Merkblatt "Betondeckung und Bewehrung nach EC 2" Fassung 12/2015
- /3/ DIN EN ISO 14720-1: 2013-06: Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe – Bestimmung des Schwefelgehaltes in pulver- und kornförmigen nicht oxidischen keramischen Roh- und Werkstoffen – Teil 1: Infrarotmessverfahren
- /4/ Springenschmid, R.: Anleitung zur Bestimmung des Chloridgehaltes von Beton. In: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton DAfStb, Heft 401. Beuth Verlag GmbH Berlin 1989
- /5/ DIN EN 12504-1: 2021-02 Prüfung von Beton in Bauwerken - Teil 1: Bohrkernproben - Herstellung, Untersuchung und Prüfung der Druckfestigkeit
- /6/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton; DAfStb; DAfStb-Instandsetzungs-Richtlinie: Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (RiLi SIB). Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze. Teil 2: Bauprodukte und Anwendung. Teil 3: Anforderungen an die Betriebe und Überwachung der Ausführung. Teil 4: Prüfverfahren. Ausgabe Oktober 2001. Berlin : Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, 2001, inklusive Ergänzungsblättern
- /7/ DIN EN 1542; 07.1999 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch; Deutsche Fassung EN 1542:1999
- /8/ DWA-Regelwerk: Merkblatt DWA-M 211: Schutz und Instandsetzung von Betonbauwerken in kommunalen Kläranlagen. April 2008
- /9/ Deutsches Institut für Bautechnik Berlin DIBt: Technische Regel Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung). Fassung Mai 2020
- /10/ DWA-Regelwerk: Merkblatt DWA-M 168: Korrosion von Abwasseranlagen - Abwasserleitungen. Juni 2010

- /11/ Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen und Bundesministerium der Verteidigung: Baufachliche Richtlinien Abwasser – Arbeitshilfen zu Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaft des Bundes. Stand: Juli 2022
- /12/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Instandhaltung von Betonbauteilen“, Teil 5 – Nachweisverfahren zur Ermittlung der Restnutzungsdauer und der Bemessung von Schichtdicken für Betonersatz bei Karbonatisierung und Chlorideinwirkung. Gelbdruck-Entwurf Stand 2016-06-14
- /13/ Bundesanstalt für Wasserbau (BAW): BAWMerkblatt Dauerhaftigkeitsbemessung und -bewertung von Stahlbetonbauwerken bei Carbonatisierung und Chlorideinwirkung (MDCC). Ausgabe 2019

11 ANHANG A: LAGEPLAN

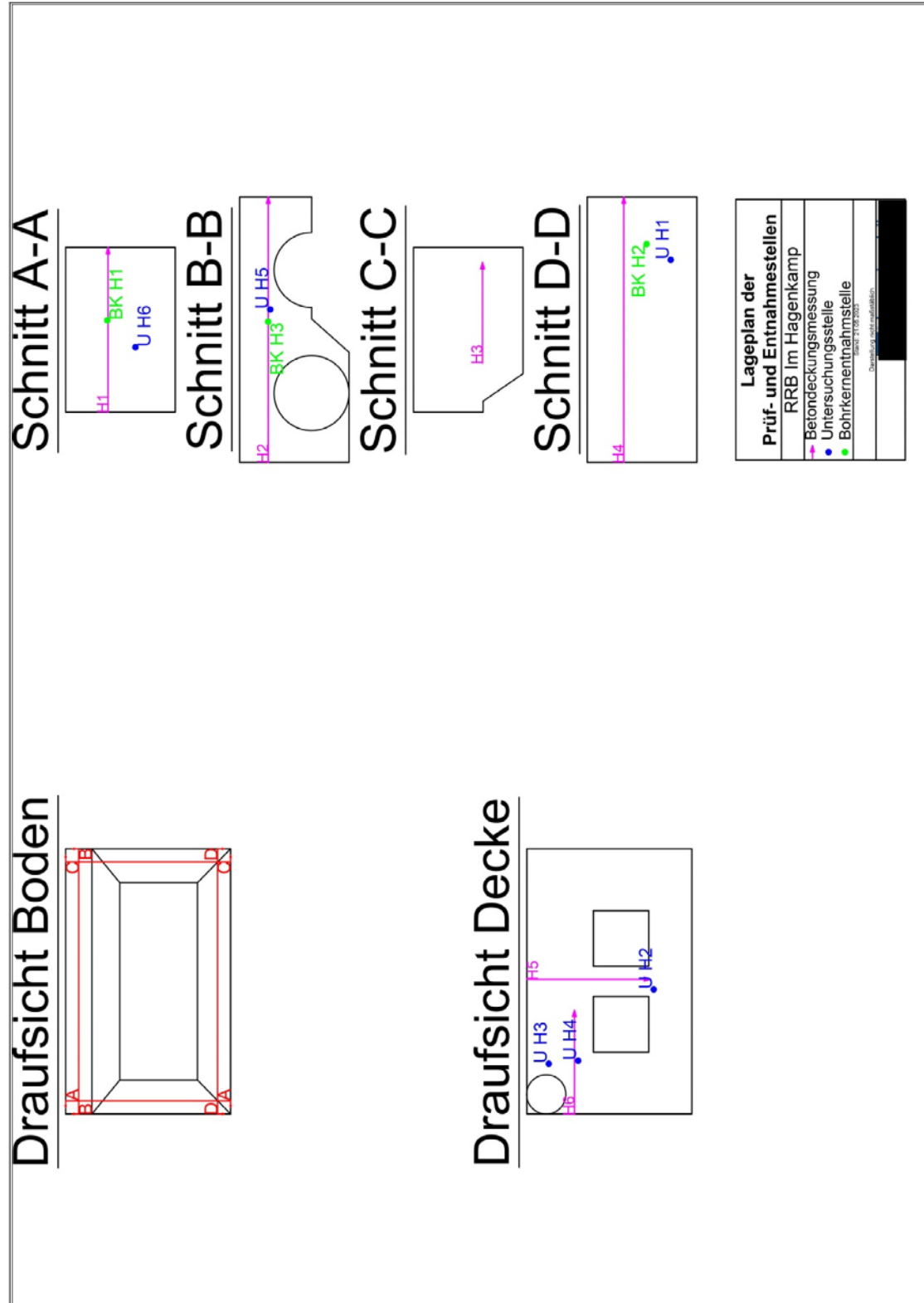


Bild A1: Lageplan der Prüf- und Entnahmestellen

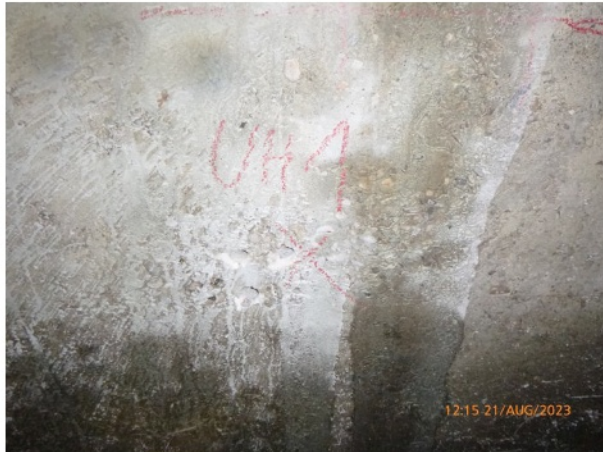
12 ANHANG B: AUFNAHMEN DER PRÜF- UND ENTNAHMESTELLEN

Bild B1: Untersuchungsstelle U H1



Bild B2: Untersuchungsstelle U H2



Bild B3: Untersuchungsstelle U H3





Bild B4: Untersuchungsstelle U H4



Bild B5: Untersuchungsstelle U H5



Bild B6: Untersuchungsstelle U H6



Bild B7: Bohrkernentnahmestelle BK H1

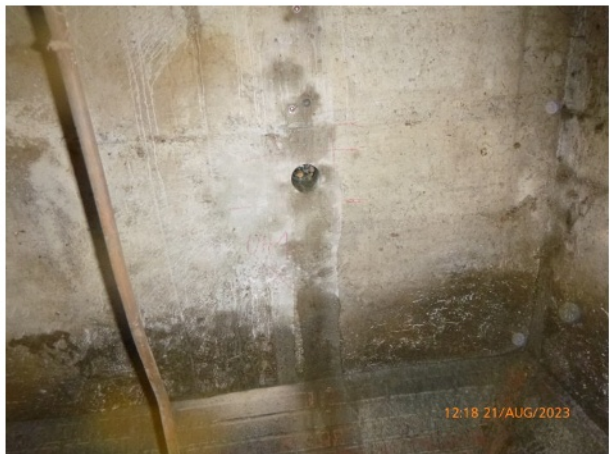


Bild B8: Bohrkernentnahmestelle BK H2



Bild B9: Bohrkernentnahmestelle BK H3



14 ANHANG D: ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGSSTELLEN

Tabelle D1: Ergebnisse der Untersuchungsstelle U H1 (Ø: Durchmesser; c: örtlich gemessene Betondeckung; QV: abgeschätzter korrosionsbedingter Querschnittsverlust)


Übersichtaufnahme				Beschreibung			
				Untersuchungsstelle an der Wand in einem Bereich kiesnestartiger Struktur des Betons, was ein Hinweis auf eine Schädigung infolge einer Sulfatbeaufschlagung sein kann			
Inspektionsöffnung				Tiefe der Karbonatisierung	Bohrmehlproben		
Stab	Ø	c	Korrosion		Tiefenlage	Schwefel als SO ₃	Chloridgehalt
Richtung	mm	mm			mm	mm	M.-%
Horizontal	7,6	38	leicht kein QV	Lokal im Riss bis 51	0 ÷ 15	0,40	0,09
					15 ÷ 30	0,32	0,12
					30 ÷ 45	0,20	-

Tabelle D2: Ergebnisse der Untersuchungsstelle U H2 (Ø: Durchmesser; c: örtlich gemessene Betondeckung; QV: abgeschätzter korrosionsbedingter Querschnittsverlust)


Übersichtaufnahme				Beschreibung			
				Untersuchungsstelle an der Deckenuntersicht in einem Bereich kiesnestartiger Struktur des Betons sowie mehrerer Abplatzungen mit freiliegender, zum Teil sehr deutlich korrodierter Bewehrung in unmittelbarer Nähe zu den beiden eckigen Einstiegen			
Inspektionsöffnung				Tiefe der Karbonatisierung	Bohrmehlproben		
Stab	Ø	c	Korrosion		Tiefenlage	Schwefel als SO ₃	Chloridgehalt
Richtung	mm	mm			mm	mm	M.-%
Längs	12,3	18	sehr deutlich QV: bis 50 %	18	0 ÷ 15	0,62	0,52
					15 ÷ 30	0,62	0,19
					30 ÷ 45	0,73	0,12

Tabelle D3: Ergebnisse der Untersuchungsstelle U H3 (Ø: Durchmesser; c: örtlich gemessene Betondeckung; QV: abgeschätzter korrosionsbedingter Querschnittsverlust)


Übersichtsaufnahme				Beschreibung			
				Untersuchungsstelle an der Decke im Bereich mehrerer Abplatzung mit freiliegender, zum Teil deutlich korrodierter Bewehrung in unmittelbarer Nähe zu dem runden Einstieg			
Inspektionsöffnung				Tiefe der Karbonatisierung	Bohrmehlproben		
Stab	Ø	c	Korrosion		Tiefenlage	Schwefel als SO ₃	Chloridgehalt
Richtung	mm	mm		mm	mm	M.-%	M.-%/z
Längs (Stumpfes Ende)	9,8	16	deutlich QV: 20 %	12 bis 25 (schwankend)	0 ÷ 15	0,48	0,13
					15 ÷ 30	0,62	0,23
					30 ÷ 45	-	-

Tabelle D4: Ergebnisse der Untersuchungsstelle U H4 (Ø: Durchmesser; c: örtlich gemessene Betondeckung; QV: abgeschätzter korrosionsbedingter Querschnittsverlust)


Übersichtaufnahme				Beschreibung	
				<p>Untersuchungsstelle an der Deckenuntersicht in einem Bereich mit oberflächlichen Rostspuren und z.T. kuppenartig freiliegender Gesteinskörnung</p>	
Inspektionsöffnung				Tiefe der Karbonatisierung	
Stab	Ø	c	Korrosion	mm	
Richtung	mm	mm			
Längs	11,8	18	erkennbar QV: bis 20 %	26	

Tabelle D5: Ergebnisse der Untersuchungsstelle U H5 (Ø: Durchmesser; c: örtlich gemessene Betondeckung; QV: abgeschätzter korrosionsbedingter Querschnittsverlust)



Übersichtaufnahme				Beschreibung	
				<p>Untersuchungsstelle an der Wand zwischen den beiden Kanälen, die ins das Bauwerk führen in einem Bereich einer lokalen Abplatzung mit einem freiliegenden Endhaken in horizontaler Richtung</p>	
Inspektionsöffnung				Tiefe der Karbonatisierung	
Stab	Ø	c	Korrosion	mm	
Richtung	mm	mm			
Horizontal	8,6	0	deutlich QV: bis 30 %	mehr als 15	

Tabelle D6: Ergebnisse der Untersuchungsstelle U H6 (Ø: Durchmesser; c: örtlich gemessene Betondeckung; QV: abgeschätzter korrosionsbedingter Querschnittsverlust)

Übersichtsaufnahme				Beschreibung	
				<p>Untersuchungsstelle an der Wand in einem Bereich zweier Abplatzungen mit freiliegenden, korrodierten Bewehrungsstäben in horizontaler Richtung ohne Betondeckung</p>	
Inspektionsöffnung				Tiefe der Karbonatisierung	
Stab	Ø	c	Korrosion	mm	
Richtung	mm	mm			
Horizontal	7,0	0	deutlich QV: 20 %	<5	

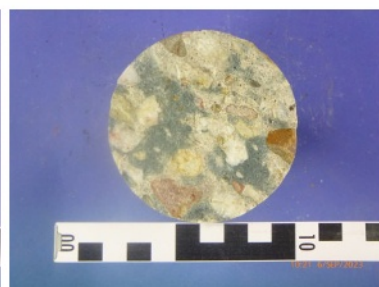
15 ANHANG E: ERGEBNISSE DER BOHRKERNPRÜFUNGEN

Bild E1: Aufnahmen des Bohrkerns BK H1

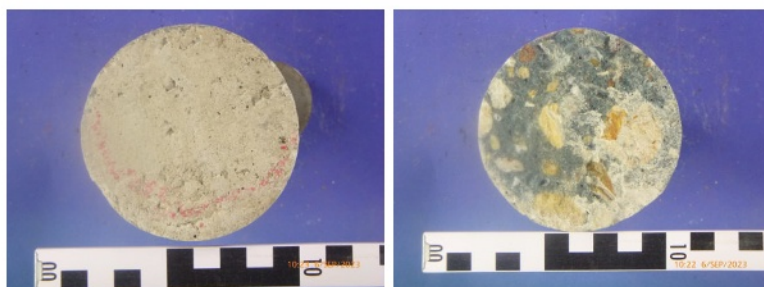


Bild E2: Aufnahmen des Bohrkerns BK H2

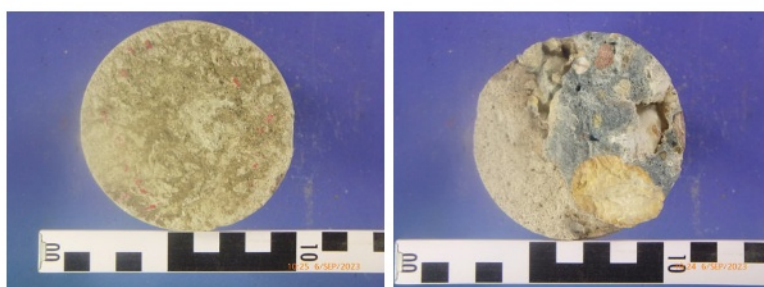


Bild E3: Aufnahmen des Bohrkerns BK H3

Tabelle E1: Ergebnisse der Makroskopie

Bohrkern	Durch- messer	Mindest- länge	Größtkorn	Bemerkung
	mm			
1	2	3	4	5
BK H1	79	136	31	Dichtes Gefüge Höherer Porenanteil in den oberen 8 cm
BK H2		120	46	Dichtes Gefüge
BK H3		125	34	Bohrkern längs augenscheinlich aus 2 Materialien Beton (rd. 35 %): sehr porös Mörtel (rd. 65 %): mit vereinzeltem Zuschlag (Kies und Klinkerbruch)




Tabelle E2: Probekörpergeometrie, Rohdichte und Druckfestigkeiten

Bohrkern	Durchmesser	Höhe	Rohdichte	Druckfestigkeit	h/d	Korr.-faktor	Druckfestigkeit korrigiert
	mm		kg/m ³	N/mm ²	-	-	N/mm ²
1	2	3	4	5	6	7	8
BK H1	79,7	79,3	2340	97,5	0,99	1,00	97,5
BK H2	79,6	79,7	2360	91,4	1,00	1,00	91,4
BK H3	79,6	80,3	1970	24,7	1,01	1,00	24,7
Mittelwert							(71,2)

Anmerkung:

Aufgrund der erkennbar anderen Matrix bei Bohrkern BK H3 erscheint eine Mittelwertbildung der Ergebnisse aus den drei Bohrkernen nicht zulässig, da diese vermutlich nicht einer gemeinsamen Grundgesamtheit angehören. Der berechnete Mittelwert wurde daher in Klammern gesetzt.

Tabelle E3: Übersicht über die ermittelten Oberflächenzugfestigkeiten des Betons (gerundet auf 0,05 N/mm²)

Bohrkern	Oberflächen- zugfestigkeit in N/mm	Bruchbild	Bild
1	2	3	4
BK H1	1,00 (Ergebnis entfällt für Auswertung)	50% im Beton 50% im Kleber zwischen Beton und Platte gebrochen	
BK H2	0,45 (Ergebnis entfällt für Auswertung)	20% im Beton 80% im Kleber zwischen Beton und Platte gebrochen	
BK H3	0,20 (Ergebnis entfällt für Auswertung)	70% in im Bohrkern einge- schlossenem Klinkerbruch- stück 30% im Kleber zwischen Beton und Platte gebrochen	
Mittelwert	-		
Kleinsten Einzelwert	-		

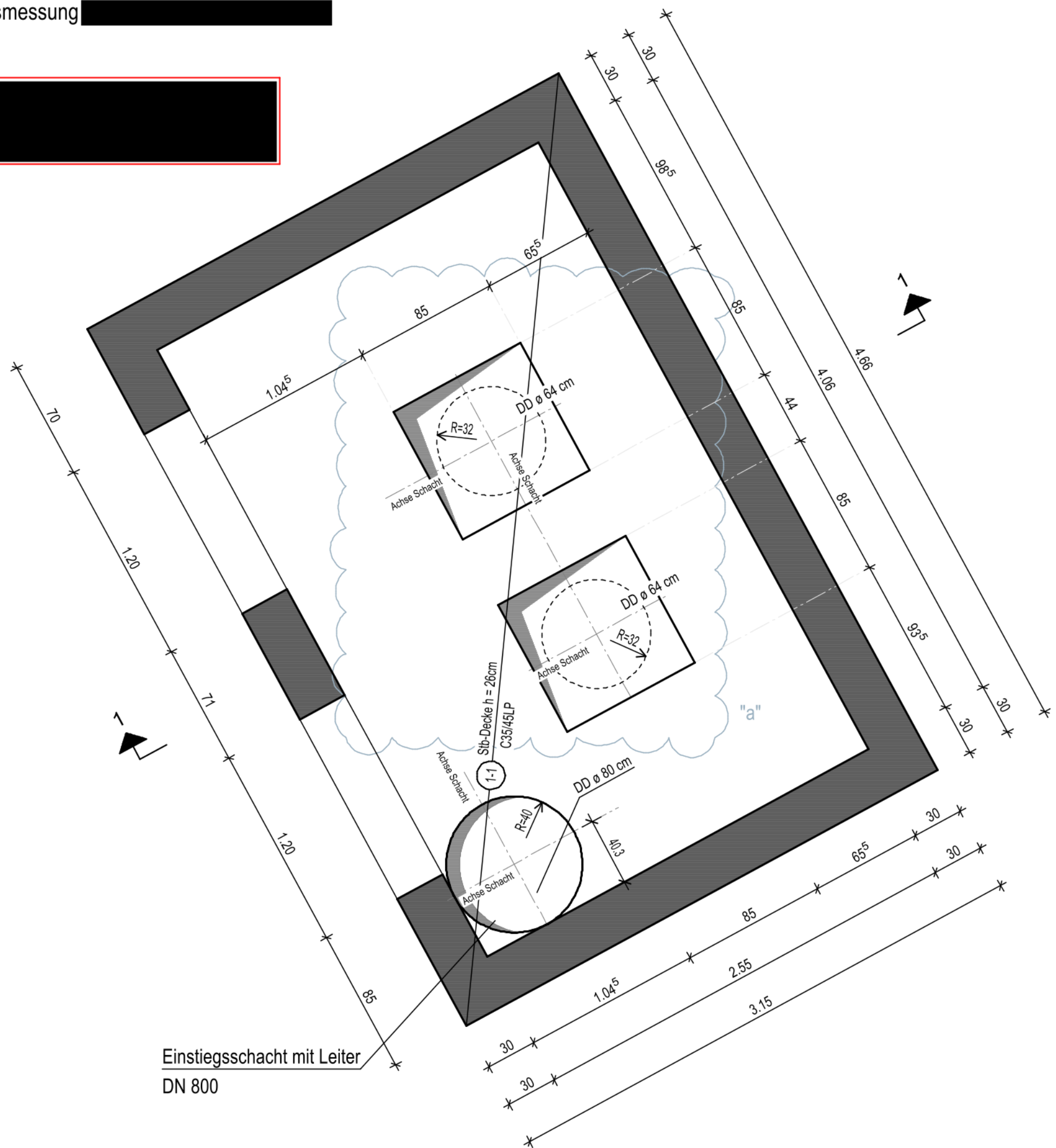
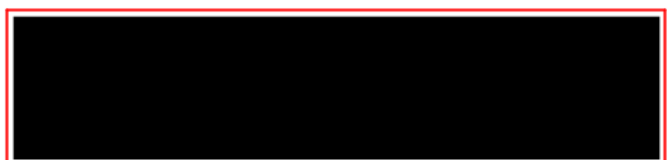
Pos. 1-1 Schachtdecke h=26cm; C35/45 (LP)

Im Hagenkamp ; 52525 Heinsberg / Waldfeucht

Schalplanung

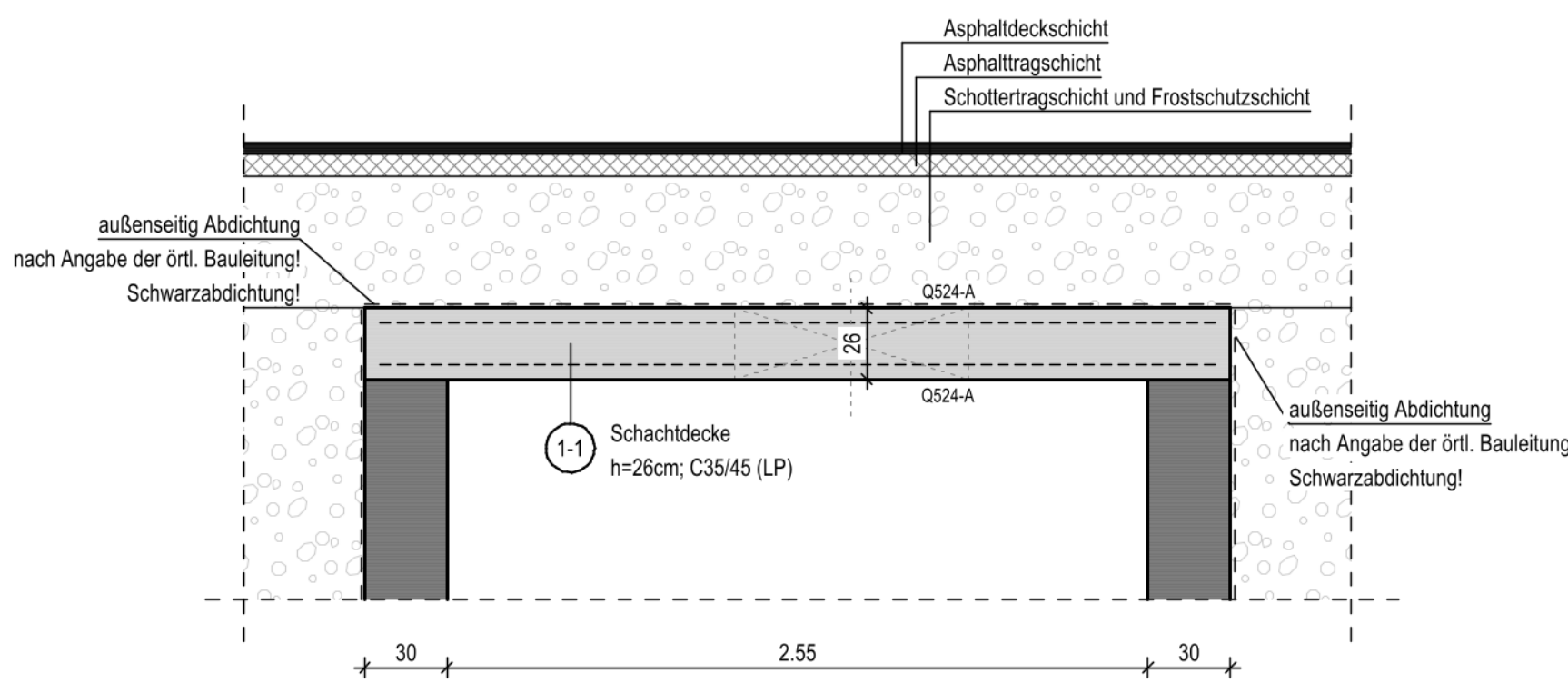
Gundriss M=1:25

Die Innenmaße der Schachtdecke basieren auf die Bestandsmessung



Schnitt 1-1

M. 1:25

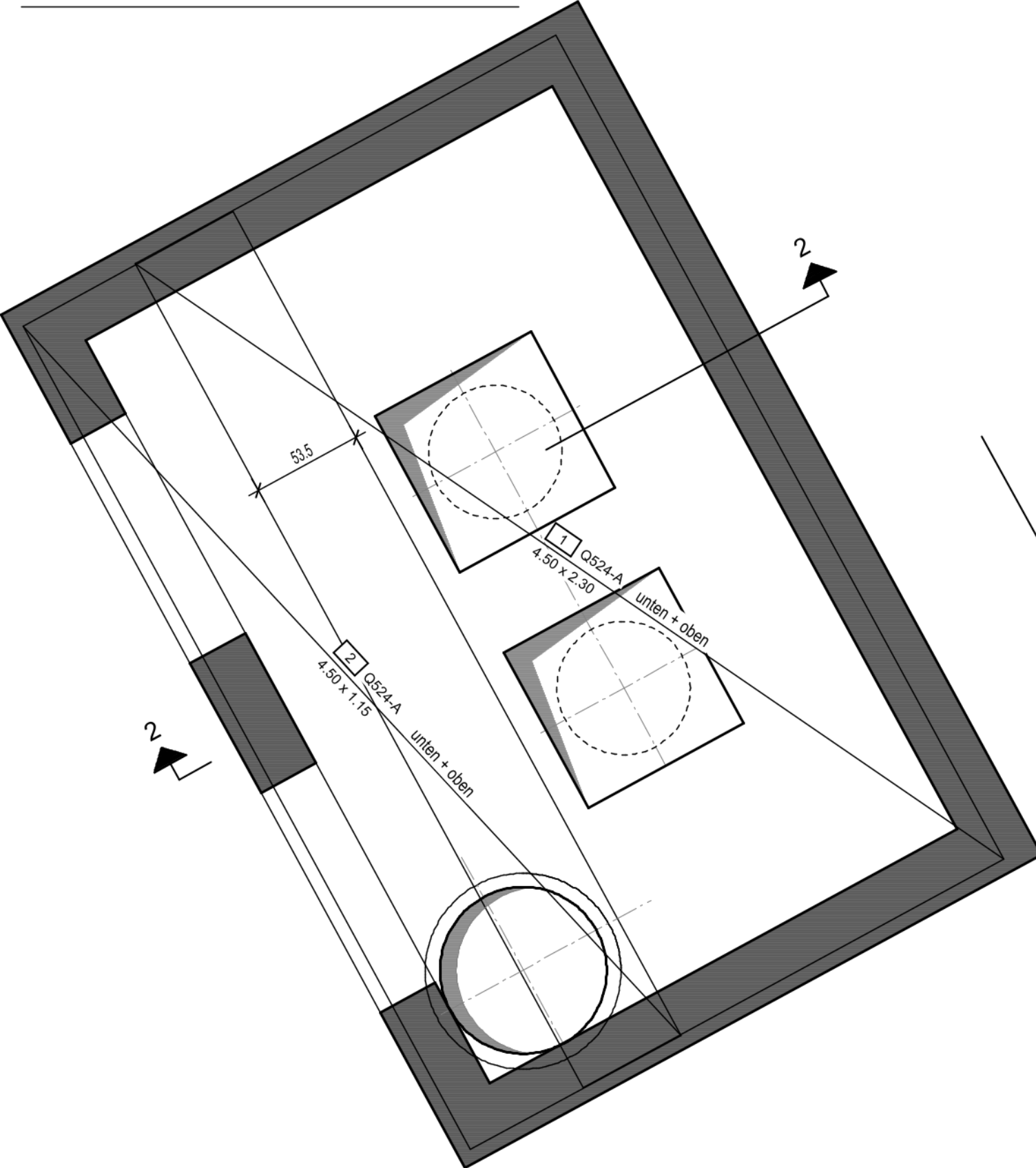


untere u. obere Bewehrungslage

M. 1:25

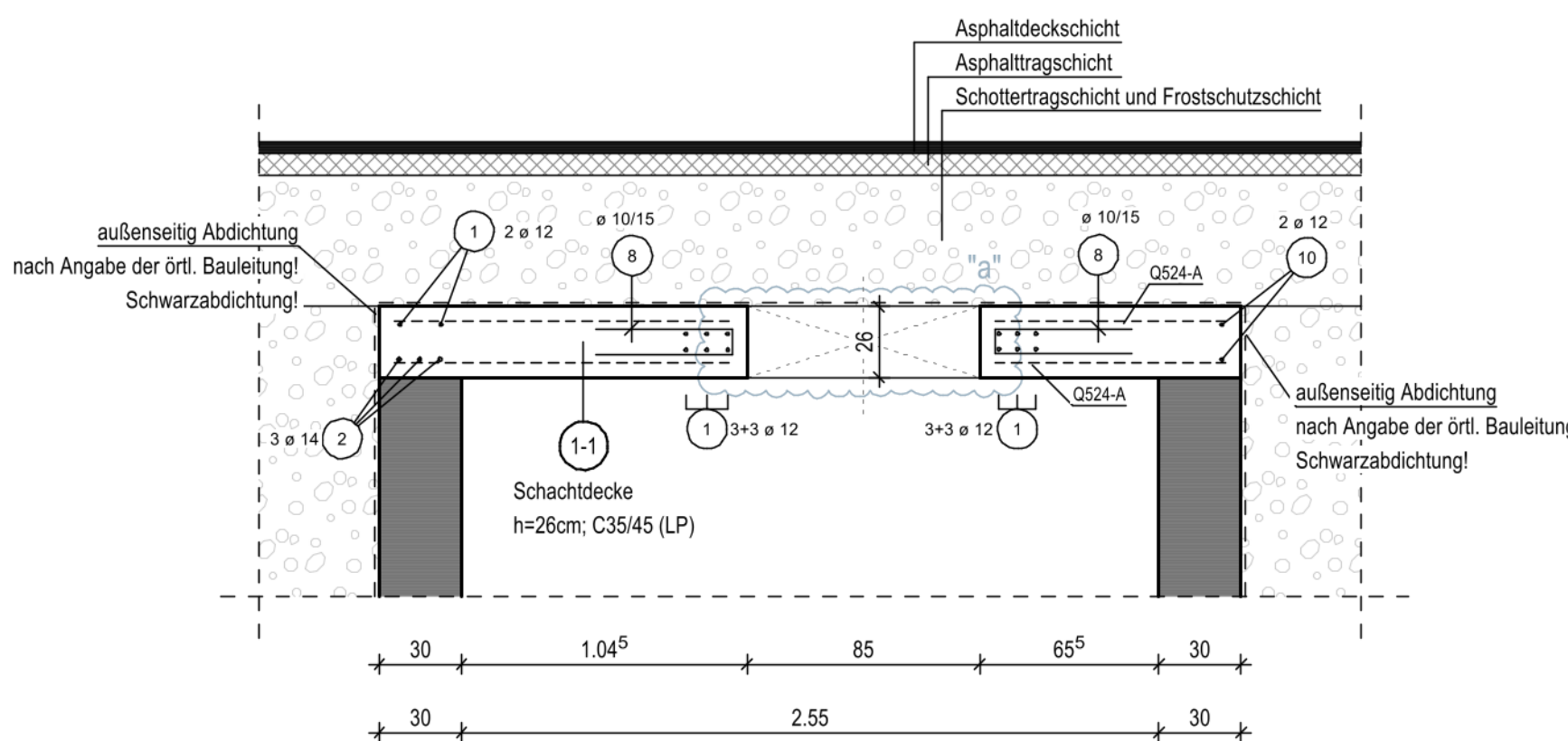
Mattenbewehrung verschwenkt einbauen!
Die Bewehrung ist der Schalung anzupassen!

Matten an den Deckendurchbrüchen schneiden!



Schnitt 2-2

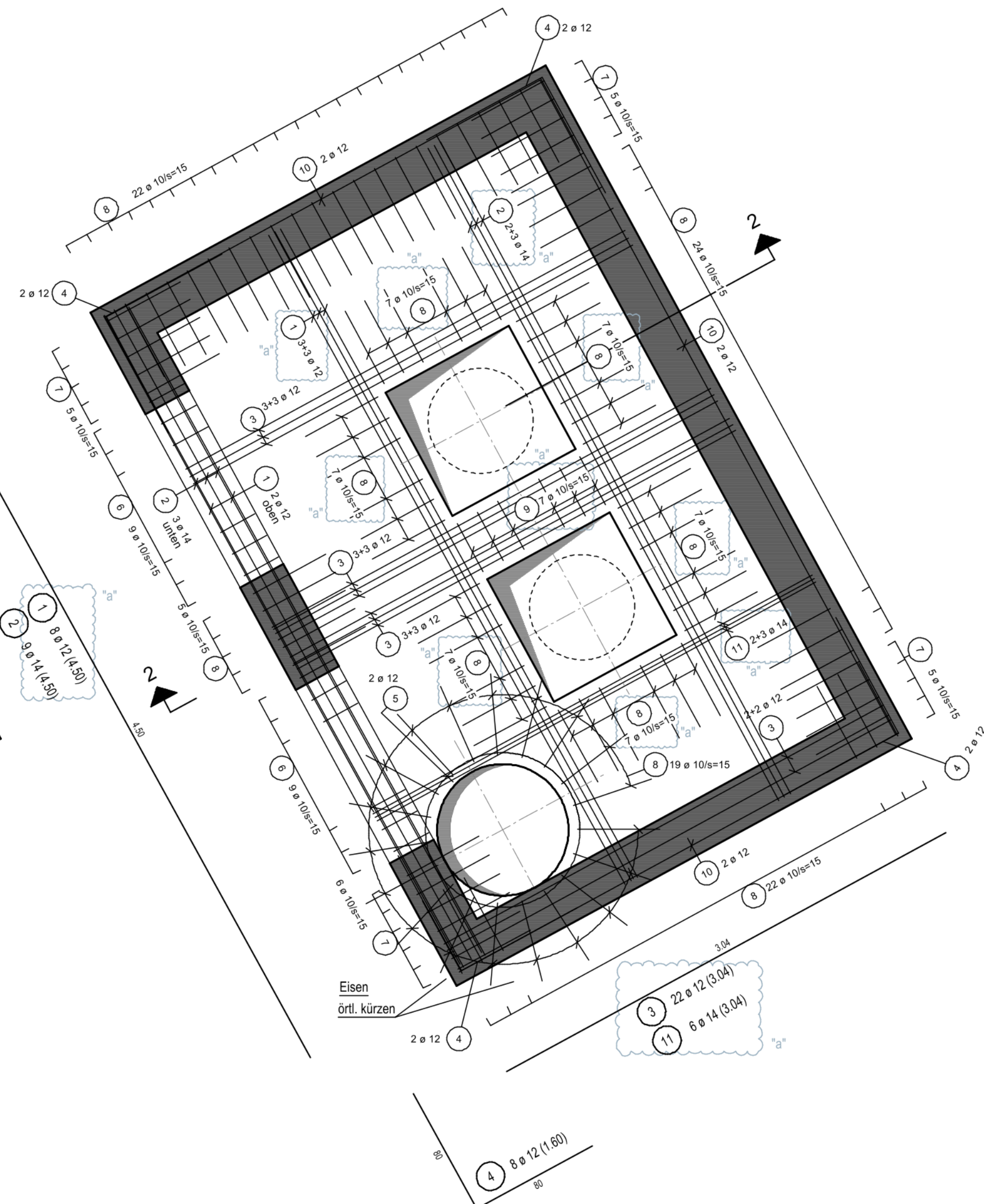
M. 1:25



Randeinfassung

M. 1:25

Die Bewehrung ist der Schalung anzupassen !



Übergreifungsstöße Matten:

Beton C35/45 (LP)

VB 1
hs300mm

Mattentyp

Stoßüberdeckung längs

Stoßüberdeckung quer

Q524-A

≥43cm

≥50cm

Matten an Durchbrüchen örtl. freischneiden

Empfohlene Abstandhalter der Schachtdecke, h=26cm

20.00 fkm DBV-DT-9-B-L
s = 70 cm

Plattendicke h = 26,0 cm

Betondeckung oben c1 = 5,5 cm

Obere Bewehrung b2 = 3,0 cm

Untere Bewehrung b1 = 3,0 cm

h = 9,0 cm

geschliffenes Unterlagesystem DBV-DT-9-B-L, s = 70 cm

Definition der Bewehrungslagen

1. Lage

2. Lage

1. Lage

2. Lage

Die Bewehrung ist zwingend durch den zuständigen qualifizierten Tragwerksplaner bzw. Prüfenieur für die Bescheinigung der stichprobenhafte Kontrolle gem. § 68 Abs. 2 BauO NRW abzunehmen und freizugeben! Ohne die vom Bauamt geforderte Bescheinigung kann die Endabnahme des Bauwerks nicht erfolgen!!

Zum Betonieren freigegeben:

Datum	qual. Tragwerksplaner	Unterschrift

Freigabe:	Datum:	Plan Nr.:	Index:
Prüfenieur	10.02.2026	4598-Bw-1	a
Statiker			

Biegen von Betonstählen nach DBV-Merkblatt "Betondeckung und Bewehrung 2002-07"

Bei der Bestimmung des Biegedurchmessers d_B ist DIN 1045-12, 12.3. Tabelle 23 zu beachten und nach der bautechnischen Funktion der Biegung zu unterscheiden:

A) Biegung zur Kraftumleitung

B) konstruktive Biegung

Mindestwerte der Betondeckung

Biegedurchmesser d_B [mm]

Stabdurchmesser d_s [mm]

Biegedurchmesser d_B [mm]

Bei der Herstellung und Überprüfung ist der erforderliche Biegedurchmesser immer anzugeben und zwar an der Biegeform in der Bewehrungsanordnung und auf der Statik.

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen

Ausführung von Biegeschlüssen bei Stützen