

Anhang bzgl. RÜB Wurmstraße

Inhalt:

- Allgemeines:
 - Übersicht der Lage der Teilbauwerke
 - Übersichtsaufnahmen der Teilbauwerke

- Planunterlagen:
 - Bestandspläne: Lagepläne, Grundrisse und Schnitte – 3 Seiten
 - Vermessungsdaten: Vermasster Grundriss inkl. Volumenberechnung sowie Schnitt und 3D-Ansichten – 1 Seite

- Gutachtliche Stellungnahme:
 - B-6518-2 Gutachten inkl. Anhang – 43 Seiten

- Statische Unterlagen:
 - Bewehrungsplan – 1 Seite

Übersicht der Lage der Teilbauwerke:



Übersichtsaufnahmen des Zulaufschachts

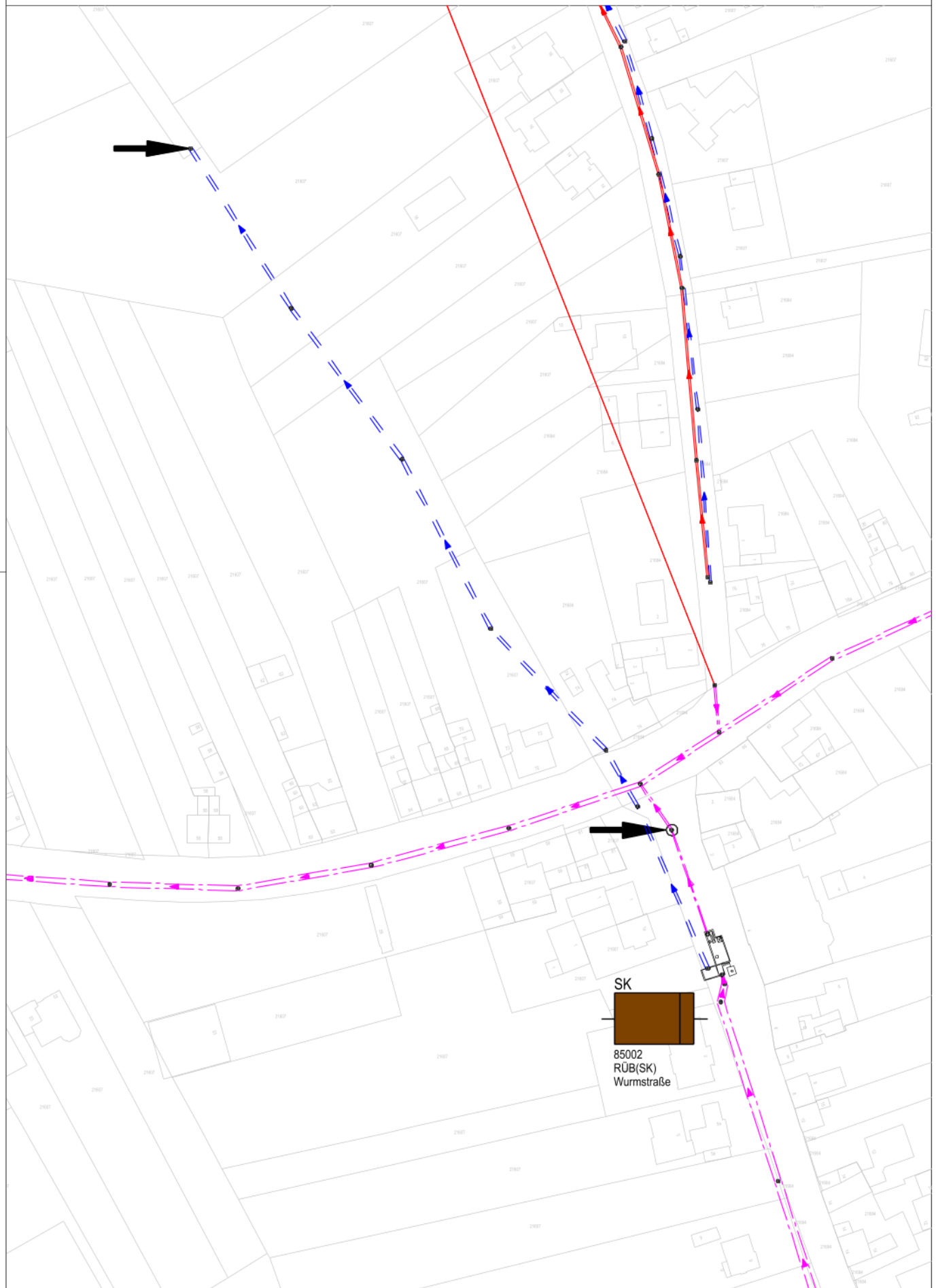


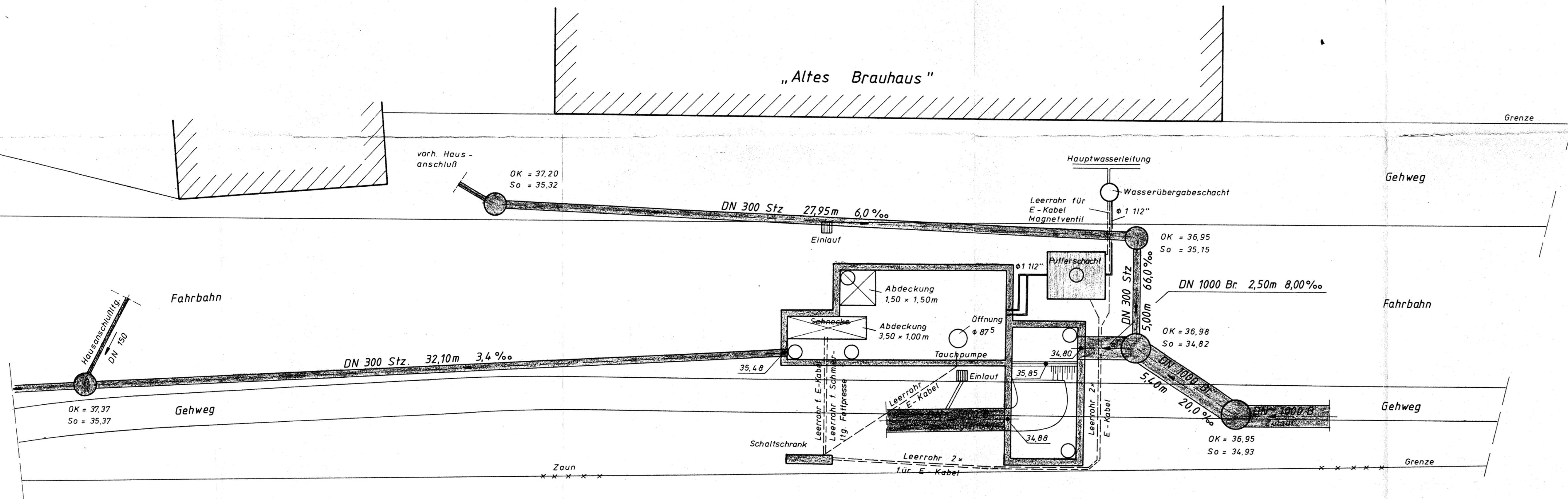
Übersichtsaufnahmen der Reinigungsanlage



Sonderbauwerke ABK
85002 RÜB(SK) Wurmstr.

Maßstab 1:1500
Proj.Nr.:362_1

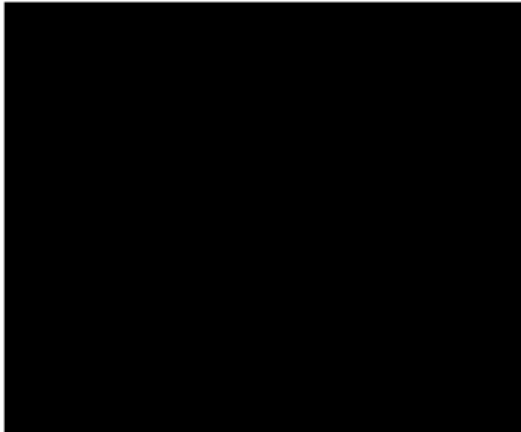




Details s. Plan Nr. 2

NN Höhen bezogen auf Festpunkt
Unterbruch Kirche mit 38,727 m ü. NN

Maßnahme: Regenwasserklärung Unterbruch RÜB Wurmstraße Lageplan (Bestandsplan)			
gez.: Sch.	Änder.	Pl.Nr.: 1	Dat.: 20.6.83
bearb.: E.	M 1: 100	Anlg.:	



Datum: 11.12.2023

**Gutachtliche Stellungnahme über betontechnologische
Untersuchungen am RÜB Wurmstraße in Heinsberg
B 6518-2**

Auftraggeber:



Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 43 Seiten.



Inhaltsverzeichnis

1	ALLGEMEINES.....	4
2	UNTERLAGEN	5
3	ORTSTERMINE.....	6
4	BAUWERKS- UND LABORUNTERSUCHUNGEN	6
4.1	Allgemeines	6
4.2	Inaugenscheinnahme	7
4.3	Betondeckungsmessungen	8
4.4	Erstellung von Inspektionsöffnungen.....	9
4.5	Bestimmung von Karbonatisierungstiefen	9
4.6	Bohrmehlentnahmen	10
4.6.1	Bestimmung des Sulfatgehaltes	10
4.6.2	Bestimmung des Chloridgehaltes	10
4.7	Bohrkernentnahmen	11
4.7.1	Makroskopie der Bohrkern.....	11
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	16
5.4	Untersuchungsstellen	17
5.5	Bohrkernprüfungen	18
6	BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	19
7	INSTANDSETZUNGSKONZEPT	21
8	BESTIMMUNG DER RESTNUTZUNGSDAUER.....	23

9	ZUSAMMENFASSUNG	24
10	LITERATUR	25
11	ANHANG A: LAGEPLAN	27
12	ANHANG B: AUFNAHMEN DER PRÜF- UND ENTNAHMESTELLEN	28
13	ANHANG C: ERGEBNISSE DER BETONDECKUNGSMESSUNGEN	31
14	ANHANG D: ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGSSTELLEN	32
15	ANHANG E: ERGEBNISSE DER BOHRKERNPRÜFUNGEN	38

1 ALLGEMEINES

██ wurde am 14.11.2022 vom ██ auf der Grundlage unseres Angebotes A 2022-68 vom 31.08.2022 per Ingenieurvertrag ██ mit der Durchführung betontechnologischer Untersuchungen im Zuge der Ist-Zustandserfassung an fünf Sonderbauwerken des ██████████ sowie der Erarbeitung von Instandsetzungskonzepten beauftragt.

Auftragsgemäß umfasste das Untersuchungsprogramm gemäß unserem Angebot A 2022-68 vom 31.08.2022 sowie unserer schriftlichen Ergänzungen im Schreiben B-6518 vom 01.02.2023 je Bauwerk die folgenden Positionen:

Pos. 1: Zustandserfassung des Bestands und Bewertung der materiellen Untersuchungen

Pos. 2: Durchführung und Dokumentation der mat. Untersuchungen:

- *Pos. 2.1: Gestellung Fahrgerüst/sonst. Gerüste*
- *Pos. 2.2: Betondeckungsmessungen*
- *Pos. 2.3: Bestimmung der Karbonatisierungstiefe*
- *Pos. 2.4: Entnahme von Bohrmehlproben:*
 - *Pos. 2.4.1: Chloridanalyse aus Bohrmehlprobe*
 - *Pos. 2.4.2: Sulfatanalyse aus Bohrmehlprobe*
- *Pos. 2.5: Entnahme von Bohrkernen:*
 - *Pos. 2.5.1: Makroskopie Bohrkern*
 - *Pos. 2.5.2: Bestimmung der Betondruckfestigkeit*
- *Pos. 2.6: Bewertung Korrosionszustand der Armierung*
- *Pos. 2.7: Oberflächenzugfestigkeit (Bestimmung am Bohrkern)*
- *Pos. 2.8: Dokumentation der Messergebnisse*

Pos. 3: Ausarbeitung Instandsetzungskonzept

Pos. 4: Bestimmung der Restnutzungsdauer

(Pos. 5: Planungsbegleitende Unterstützung)

Über unsere Objektuntersuchungen im Zuge der Bearbeitung der Positionen 1 bis 4 zum Bauwerk **RÜB Wurmstraße** in Heinsberg 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 RÜB-Wurmstraße_Planunterlagen.pdf (Lagepläne, Grundrisse und Schnitte – 3 Seiten)

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) Datei Bestandsplan.dwg (Vermasster Grundriss inkl. Volumenberechnung)
- C) Datei Bestandsplan.dxf (Vermasster Grundriss inkl. Volumenberechnung)
- D) Datei Bestandsplan.pdf (Vermasster Grundriss inkl. Volumenberechnung sowie Schnitt und 3D-Ansichten)
- E) Datei Schnitte.dwg (Schnitte)
- F) 10 JPG-Dateien (Aufnahmen 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 RÜB Wurmstraße haben am 20.06.2023 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 den Zulaufschacht. Auf der Ostseite des Bauwerks unterhalb des Straßenbereichs führt das Kanalnetz etwa im Süden in den Notüberlauf des Zulaufschachtes hinein. Von dort führt eine Rinne in Richtung Norden. Die Rinne endet in einem Ablauf, der in die Reinigungsanlage führt. Ebenso ist die Wand in Richtung der Reinigungsanlage geöffnet. Parallel zu dieser Rinne ist auf der Westseite des Bauwerks unterhalb des Gehwegbereichs eine zweite Rinne vorhanden.

Die Reinigungsanlage konnte aufgrund örtlicher Gegebenheiten nicht begangen werden. Ergebnisse der handnahen Untersuchungen im Notüberlauf müssen demnach auf die Reinigungsanlage übertragen werden.

Wände und Decke des untersuchten Teilbauwerks bestehen aus Stahlbeton. Die sichtbare Bodenfläche, bestehend aus Rinnen und Schwellen, besteht zum Teil aus Beton und zum Teil 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 Wu1 bis U Wu6 jeweils eine Bohrmehlentnahme, die Erstellung einer Inspektionsöffnung sowie eine Prüfung der Karbonatisierungstiefe.

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 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 8 Scans horizontal an Wänden (Scans Wu1, Wu2, Wu6, Wu7, Wu10, Wu11, Wu15 und Wu16), 10 Scans vertikal an Wänden (Scans Wu3 bis Wu5, Wu8, Wu9, Wu12 bis Wu14, Wu17 und Wu18), 3 Scans an der Deckenuntersicht in Längsrichtung (Scans Wu19 bis Wu21) und 2 Scans an der Deckenuntersicht in Querrichtung (Scans Wu22 und Wu23) durchgeführt. Die Gesamtlänge aller durchgeführten Scans beträgt rd. 54 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 (Wu1 bis Wu18) ein Bewehrungsdurchmesser von 8 mm und bei den Scans an der Decke (Wu19 bis Wu23) 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 Wu1 bis U Wu6). 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 Wu1 bis U Wu6) 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 6 Stellen tiefengestaffelt Bohrmehl aus drei unterschiedlichen Tiefenlagen (0 – 15 mm, 15 – 30 mm und 30 – 45 mm) entnommen (insgesamt 18 Bohrmehlproben an Untersuchungsstellen U Wu1 bis U Wu6). 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 18 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 12 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 Bohrkerne entnommen. Der Innendurchmesser der verwendeten Bohrkronen betrug rd. 80 mm.

Die Bohrkerne wurden mit BK Wu1 bis BK Wu3 bezeichnet.

4.7.1 Makroskopie der Bohrkerne

Nach Einlieferung der Bohrkerne ins Labor von [REDACTED] wurden die entnommenen Bohrkerne 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 Bohrkerne auf ein Verhältnis von $h/d \approx 1$ (gemäß /5/) abgelängt und die Stirnseiten planparallel geschliffen.

Die Bestimmung der Druckfestigkeit der Bohrkerne 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 Bohrkerne 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 Bohrkerns 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

Insbesondere im westlichen Teil des Notüberlaufs unterhalb der Gehwegbereichs wies der vorhandene Beton (Wände und Decke) bzw. Mörtel (Rinne und Angleichung an das Klinkerbett) stellenweise eine sehr geringe Festigkeit bzw. weiche Konsistenz auf. Dies spricht dafür, dass hier ggf. ein Sulfatangriff auf den Beton stattgefunden hat.

Bild 1 zeigt Beispiele für solche Bereiche minderfesten bzw. weichen Betons bzw. Mörtels von Decken, Wänden und der Rinne.



Bild 1: Beispiele für minderfesten bzw. weichen Beton bzw. Mörtel

Vereinzelte, aber insbesondere in einem Bereich nahe des Einstiegs im Straßenbereich (östlicher Bereich des Bauwerks) wurde zudem freiliegende, korrodierte Bewehrung an Wänden festgestellt. Bild 2 zeigt Beispiele dafür. Die Betondeckung der hier freiliegenden Bewehrungsstäbe war aber sehr gering bis z.T. praktisch nicht vorhanden.



Bild 2: Beispiele für freiliegende, korrodierte Bewehrungsstäbe an Wänden

Auch waren die im Bereich beider Einstiege (Gehwegbereich westlich und Straßenbereich östlich) vorhandenen Steigeisen sehr deutlich korrodiert und zum Teil durchgerostet bzw. nicht mehr vorhanden. Bild 3 zeigt Aufnahmen aus diesen beiden Bereichen.



Bild 3: Beispiele für korrodierte Steigeisen bei den Einstiegen

Bezüglich des großflächig vorhandenen und als Schwelle, Rinne und Ablauf dienenden Bereichs aus Kanalklinkern war festzustellen, dass die einzelnen Steine zwar augenscheinlich insgesamt ungeschädigt waren, das Mörtelbett und der Fugenmörtel allerdings in vielen Bereichen brüchig waren und zum Teil eine eher sandige Konsistenz aufwiesen. Dadurch erscheint der Rinnenbereich insgesamt abgängig und einzelne Kanalklinker waren bereits heruntergefallen. Bild 4 zeigt Beispiele für Bereiche mit intakten Kanalklinkern, jedoch und brüchigem Fugen- bzw. Bettungsmörtel.



Bild 4: Beispiele für intakten Kanalklinker mit brüchigem Fugen- / Bettungsmörtel

Das Teilbauwerk Reinigungsanlage konnte, wie oben beschrieben, nicht begangen und handnah untersucht werden. Es konnte allerdings vom Notüberlauf eingesehen werden. Dabei wurde festgestellt, dass hier augenscheinlich zeitweise ein hoher Stand des Wassers bzw. Abwassers vorlag. Dies war an den Schmutzablagerungen an den Wänden zu erkennen. Am Beton wurde zumindest aus der Entfernung nur eine Stelle an der Decke entdeckt, an der eine lokale Abplatzung zu erkennen war. An den am Boden des Teilbauwerks vorhandenen Kanalklinkern ließ sich ein ähnliches Schadensbild wie im Notüberlauf vermuten, d.h. ein lokal zerstörter Fugen- bzw. Bettungsmörtel mit der Folge sich gelöster Kanalklinker. Bild 5 zeigt beispielhaft Aufnahmen der Reinigungsanlage, aufgenommen vom Notüberlauf.



Bild 5: Beispiele für Schmutzablagerungen an Wänden (oben), eine Abplatzung an der Deckenuntersicht (unten links) und lokal zerstörte Kanalklinkerbereiche am Boden (unten rechts) der Reinigungsanlage

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 Wu1 bis U Wu6 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 Wu3 ergab einen Gesamtschwefelgehalt als SO_3 von 0,46 M.-% (vermutlich Ausgangssulfatgehalt des Betons in 86 mm bis 100 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) wurde nur vereinzelt freiliegende, korrodierte Bewehrung festgestellt. Diese einzelnen freiliegenden Stäbe wiesen praktisch keine Betondeckung auf. Ein Hinweis auf Bewehrungskorrosion infolge von Chlorideintrag ist nicht gegeben, da alle an den entnommenen Bohrmehlproben bestimmten Chloridgehalte in einem Bereich von für Beton üblichen Ausgangschloridgehalten liegen.

Als häufigeres Schadensbild wurden Bereiche festgestellt, in denen der Beton (Wände und Decke) oder Mörtel (Rinnen und Angleichung an das Klinkerbett) eine sehr geringe Festigkeit bzw. weiche Konsistenz aufwies. Die zusätzlich in diesen Bereichen stellenweise kuppenartig freiliegende Bewehrung deutet auf einen Sulfatangriff hin. An Bohrmehlproben, die unmittelbar in solchen Bereichen entnommen wurden (Untersuchungsstellen U Wu2 und U Wu4), wurden allerdings gegenüber dem vermutlichen Ausgangssulfatgehalt von 0,46 M.-% nur geringfügig erhöhte Gesamtschwefelgehalte bestimmt. Dies könnte ggf. daran liegen, dass in den stark geschädigten Bereichen eher die Gesteinskörnung beprobt wurde, in die Schwefel nicht eindringen kann, da der Zementstein in diesen Bereichen zum Teil kaum mehr vorhanden war. An den Bohrmehlproben, die außerhalb der auf einen Sulfatangriff hindeutenden Bereiche entnommen wurden, wurden dagegen zumindest in der ersten Tiefenlagen erhöhte Gesamtschwefelgehalte bis 0,77 M.-% bestimmt. U.E. nach spricht dies dafür, dass eine erhöhte Sulfatbelastung im Bauwerk vorliegt, die lokal vermutlich zumindest im oberflächennahen Bereich bereits zu einem Angriff auf den Zementstein geführt hat. Großflächige Schäden infolge eines Sulfatangriffs waren aber nicht erkennbar.

Karbonatisierungstiefen in optisch unauffälligen Bereichen wurden zu 5 mm bis 10 mm bestimmt. In den ggf. durch einen Sulfatangriff geschädigten Bereichen wurde festgestellt, dass die Karbonatisierungstiefen in etwa den Tiefen der Schadstelle, also des minderfesten Betons entspricht (40 mm bei U Wu2 und 15 mm bei U Wu4).

Die Karbonatisierungsfront hat die Tiefenlage der Bewehrung an nur zwei Untersuchungsstellen, U Wu1 wegen geringer Betondeckung von 10 mm und U Wu2 wegen hoher Karbonatisierungstiefe (40 mm), erreicht. Dies führte zumindest zu erkennbarer Korrosion und Querschnittsverlusten bis 10 %.

Wie oben beschrieben, wies der Beton stellenweise oberflächliche Schädigungen in Form minderfester, weicher Konsistenz auf. Im Zuge einer Instandsetzung sollten diese minderfesten Bereiche bis auf den tragfähigen Beton abgetragen werden, wodurch sich die Instandsetzungsebene darunter befindet. Wegen oben beschriebener Gründe wurden die bestimmten Oberflächenzugfestigkeiten ohnehin nicht in eine Auswertung einbezogen. Wir gehen allerdings auf Basis der bestimmten Druckfestigkeiten mit einem Mittelwert von 47,8 N/mm² davon aus, dass der gesamte Beton in der Instandsetzungsebene vermutlich der Altbetonklasse A4, mindestens aber Altbetonklasse A3, nach TR Instandhaltung /9/ zugeordnet werden kann (s. Bild 6).

	1 Altbetonklasse	2 Druckfestigkeit ¹⁾ [MPa]	3 Oberflächenzugfestigkeit ²⁾	
			Mittelwert	kleinster Einzelwert
			[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.

Bild 6: Einordnung des Altbetons im Bereich der Instandsetzungsebene nach TR Instandhaltung /9/

Ein kurzfristige Instandsetzung aufgrund von Bewehrungskorrosion scheint am in Rede stehenden Bauwerk nicht erforderlich zu sein, da die Bedingungen hierfür aktuell nicht gegeben sind. Allerdings ist nicht auszuschließen, dass es durch den lokal augenscheinlich stattfindenden Sulfatangriff zu einer weiteren Zerstörung des Zementsteins kommen kann. Dies kann dann in Folge zu einer Depassivierung der Bewehrung und damit zu Bewehrungskorrosion führen.

Eine Instandsetzung im Sinne des Abtrags schwefelhaltigen Betons ist beispielsweise laut /8/ nicht erforderlich, da der in /8/ genannte Schwellenwert von 1,0 M.-% Gesamtschwefelgehalt an keiner entnommenen Bohrmehlprobe überschritten wurde. Indem der gesamte minderfeste Beton entfernt würde und anschließend eine abtragende Untergrundvorbereitung erfolgt, ist anzunehmen, dass der überwiegende Teil des in den Beton eingedrungenen Schwefels entfernt würde. Im Zuge einer Instandsetzung sollte allerdings auf die Verwendung eines geeigneten, hoch sulfatbeständigen Betonersatzes geachtet werden.

Eine Instandsetzung des als Rinnen, Schwellen und Ablauf dienenden Aufbaus aus Kanalklinkern scheint zumindest im Sinne einer Reparatur der schadhafte Fugen und lokal auch schadhafte Bettung sowie dem Ersatz bereits fehlender Kanalklinker erforderlich, um sicher zu stellen, dass es zukünftig nicht zu weiterer Abgängigkeit kommen kann.

Im nachfolgenden Kapitel werden verschiedene Möglichkeiten einer Instandsetzung unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren diskutiert.

7 INSTANDSETZUNGSKONZEPT

Eine flächige Instandsetzung nach TR Instandhaltung /9/ von durch Bewehrungskorrosion geschädigten Bauteilen scheint am im Rede stehenden Bauwerk aktuell nicht erforderlich zu sein, da nur vereinzelt Bewehrungsstäbe in relevantem Maß Korrosion aufweisen. Dies ist allerdings nicht auf den Eintrag von Chlorid oder eine Depassivierung infolge von Karbonatisierung zurückzuführen, denn die betroffenen Bewehrungsstäbe weisen vermutlich bereits seit der Bauzeit praktisch keine Betondeckung auf. Dass somit freiliegender Stahl in dem Bauwerk korrosiven Umgebungsbedingungen ausgesetzt ist, zeigen ebenso die Steigeisen aus Stahl, die zum Teil vollständig durchgerostet sind.

Höhere Karbonatisierungstiefen wurden hauptsächlich in solchen Bereichen festgestellt, in denen der Beton vermutlich durch einen Sulfatangriff bereits oberflächlich zerstört wurde und eine offene, kiesnestartige Struktur aufweist. Eine relevante Korrosion der in diesen Bereichen vorhandenen Bewehrung konnte zum jetzigen Zeitpunkt allerdings noch nicht festgestellt werden. Es ist auch denkbar, dass der Beton in diesen Bereichen ggf. ein gröberes oder minderfestes Gefüge aufwies und der Sulfatwiderstand des Betons damit sehr lokal geringer ist als in den übrigen Bereichen.

Wird der Abtrag des losen bzw. minderfesten Betons mit anschließender Reprofilierung mit einem geeigneten Betonersatz auf die lokalen visuell auffälligen Bereiche bzw. schadhaften Bereiche beschränkt, kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass zukünftig weitere Bereiche durch Sulfatangriff geschädigt werden, da sich die erhöhten Gesamtschwefelgehalte vermutlich nicht zielsicher auf bestimmte Bereiche beschränken lassen. Auch muss bedacht werden, dass durch diese lokale Instandsetzung die Betondeckung flächig nicht erhöht wird.

Eine Alternative wäre es daher, eine flächige Instandsetzung vorzusehen. Hierzu müsste zunächst ebenfalls der schadhafte und minderfeste Beton lokal abgetragen werden. Anschließend würde in diesem Fall flächig ein Betonersatz mit definierter Schichtdicke aufgebracht werden. Der Aufwand für diese Instandsetzung ist vor dem Hintergrund der beengten Verhältnisse im Zulaufschacht mit sehr großem Aufwand verbunden, da sowohl der Abtrag des schadhaften Betons, die Untergrundvorbereitung sowie die anschließende Applikation von Betonersatz unter beengten Platzverhältnissen mit externer Zu- und Abluft erfolgen müssen. So muss der Beton vor Auftrag des Betonersatzes, je nach Art des Betonersatzes, nach TR Instandhaltung /9/ mindestens auf eine Rautiefeklasse RT1,0 aufgeraut werden (mittlere Rautiefe 1,0 mm bis 1,5 mm), was nur mit intensivem Strahlen mit festen Strahlmittel möglich ist. Bei noch größeren Rautiefeforderungen wäre ggf. Hochdruckwasserstrahlen erforderlich. Zu beachten ist, dass aufgrund des Baujahrs (das Jahr 1983 nach Unterlage A) nicht ausgeschlossen werden kann, dass asbesthaltige Abstandhalter für die Stahlbetonbauteile verwendet wurden. Wäre dies der Fall, wären der Betonabtrag bzw. die Untergrundvorbereitung mit noch größerem Aufwand verbunden.

Eine Alternative könnte es demnach auch sein, zunächst durch regelmäßige kurze Inaugenscheinnahmen (ggf. auch Kamerabefahrungen) Veränderungen des Zustands des Schachtbauwerks zu verfolgen und eine ggf. zukünftig erforderlich werdende größerflächige Instandsetzung der Stahlbetonbauteile abzuwarten. Zeigt sich hingegen auch nach vielen Jahren, dass sich die Schadensbilder nicht wesentlich vergrößern, könnte ggf. auch auf lange Sicht auf eine größere Betoninstandsetzung verzichtet werden.

An den Rinnen, Schwellen und dem Ablauf sollte unabhängig davon der vorhandene minderfeste und brüchige Fugenmörtel vollständig entfernt und durch einen neuen geeigneten Mörtel ersetzt werden. Darüber hinaus sollten bereits herausgespülte Kanalklinker ersetzt werden. So kann vermieden werden, dass zukünftig weitere Bereiche abgängig sind.

8 BESTIMMUNG DER RESTNUTZUNGSDAUER

Die „Baufachlichen Richtlinien Abwasser“ vom Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen und vom Bundesministerium der Verteidigung /10/ 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 /10/ ebenso beschrieben, dass die Restnutzungsdauer einer abwassertechnischen Anlage neben der technischen Lebensdauer auch auf Grundlage bekannter Zustandsinformationen und sonstiger örtlicher Randbedingungen festzulegen ist.

Die bisherige Nutzungsdauer des in Rede stehenden Schachtbauwerks beträgt laut Unterlage rd. 40 Jahre. Das Ende der technischen Lebensdauer nach /10/ von mindestens 60 Jahren für die Betonbauteile und des Kanalklinkers von 80 Jahren sind damit noch nicht erreicht.

Aufgrund der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Mechanismen ist der wesentliche Schädigungsmechanismus ein begrenztes Sulfateindringen in den Beton. Es ist aber denkbar, dass sich dieser Schädigungsmechanismus auf Bereiche mit einem lokal minderfesten oder gröberen Betongefüge beschränkt. Eine Restnutzungsdauer für die Betonbauteile des Schachtbauwerks lässt sich aus diesen sehr lokalen Effekten nicht ableiten.

Auf Basis der exemplarisch ermittelten Zustandsinformationen und sonstiger örtlicher Randbedingungen wurden hingegen keine Hinweise darauf festgestellt, dass das Ende der Restnutzungsdauer des Betons sich in hohem Maße von dem Ende der in /10/ genannten technischen Lebensdauer von mindestens 60 Jahren unterscheidet, auch wenn diesbzgl. keine präzisen Prognosen möglich sind.

Selbst wenn lokal in den kommenden Jahren Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich werden, so zeigte sich anhand der exemplarischen Untersuchungen kein Hinweis dafür, dass kurz- oder mittelfristig flächige Instandsetzungsmaßnahmen an den Betonbauteilen erforderlich werden.

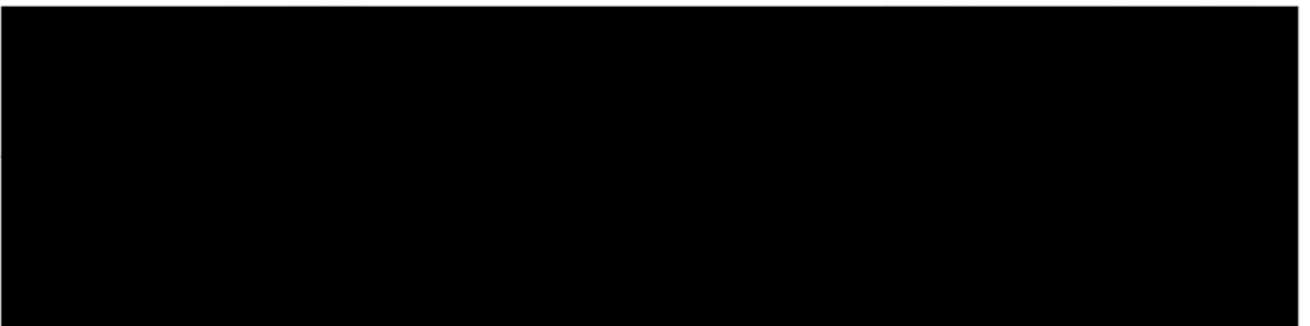
Bei dem Gerinne aus Kanalklinkern zeigt sich dagegen, dass es schon jetzt zu erheblicheren Schädigungen gekommen ist, sodass eine Instandsetzung wie oben beschrieben erforderlich ist, um die Restnutzungsdauer der Rinnen an die des Betons anzugleichen. Bei Instandsetzung der Gerinne aus Kanalklinkern sollte untersucht werden, ob darunter ggf. bereits Schäden an den aktuell durch die Gerinne verdeckten Stahlbetonbauteile vorliegen.

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 **RÜB Wurmstraße** berichtet. Darüber hinaus werden Vorschläge für weitere Maßnahmen unterbreitet. Zudem werden Aussagen zur Restnutzungsdauer getroffen 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/ 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

11 ANHANG A: LAGEPLAN

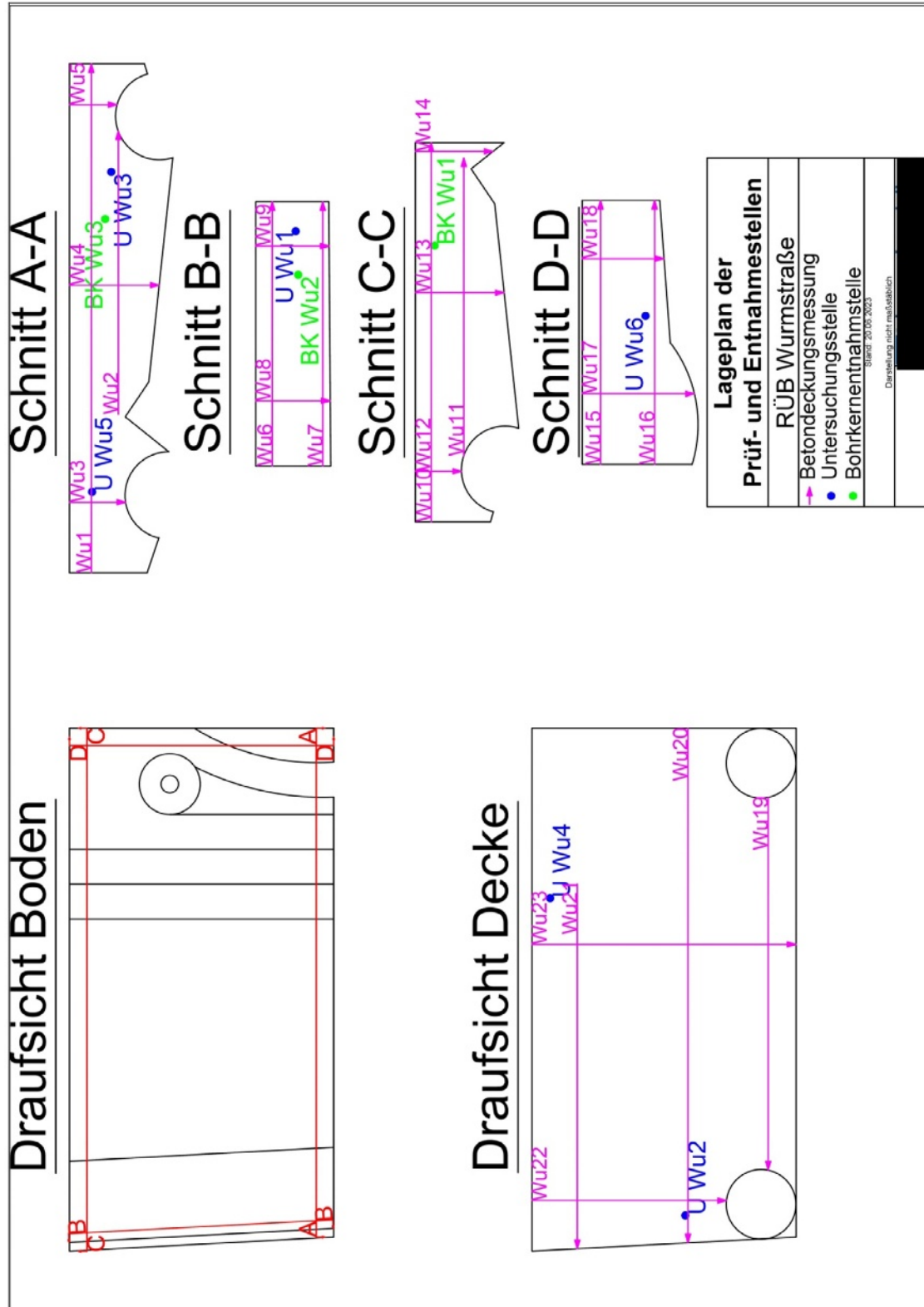


Bild A1: Lageplan der Prüf- und Entnahmestellen

12 ANHANG B: AUFNAHMEN DER PRÜF- UND ENTNAHMESTELLEN

Bild B1: Untersuchungssstelle U Wu1



Bild B2: Untersuchungssstelle U Wu2



Bild B3: Untersuchungssstelle U Wu3





Bild B4: Untersuchungsstelle U Wu4



Bild B5: Untersuchungsstelle U Wu5



Bild B6: Untersuchungsstelle U Wu6

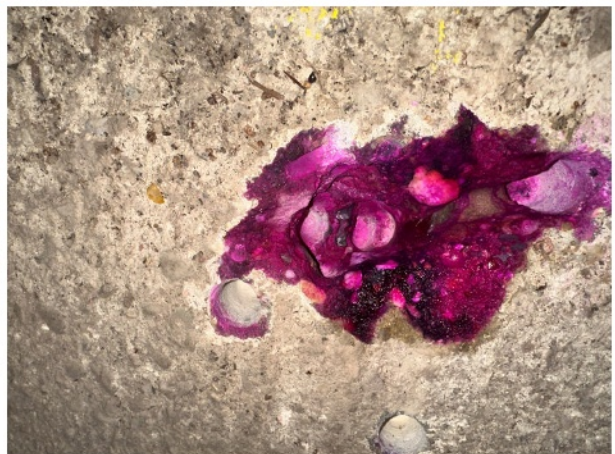




Bild B7: Bohrkernentnahmestelle BK Wu1



Bild B8: Bohrkernentnahmestelle BK Wu2



Bild B9: Bohrkernentnahmestelle BK Wu3

13 ANHANG C: ERGEBNISSE DER BETONDECKUNGSMESSUNGEN

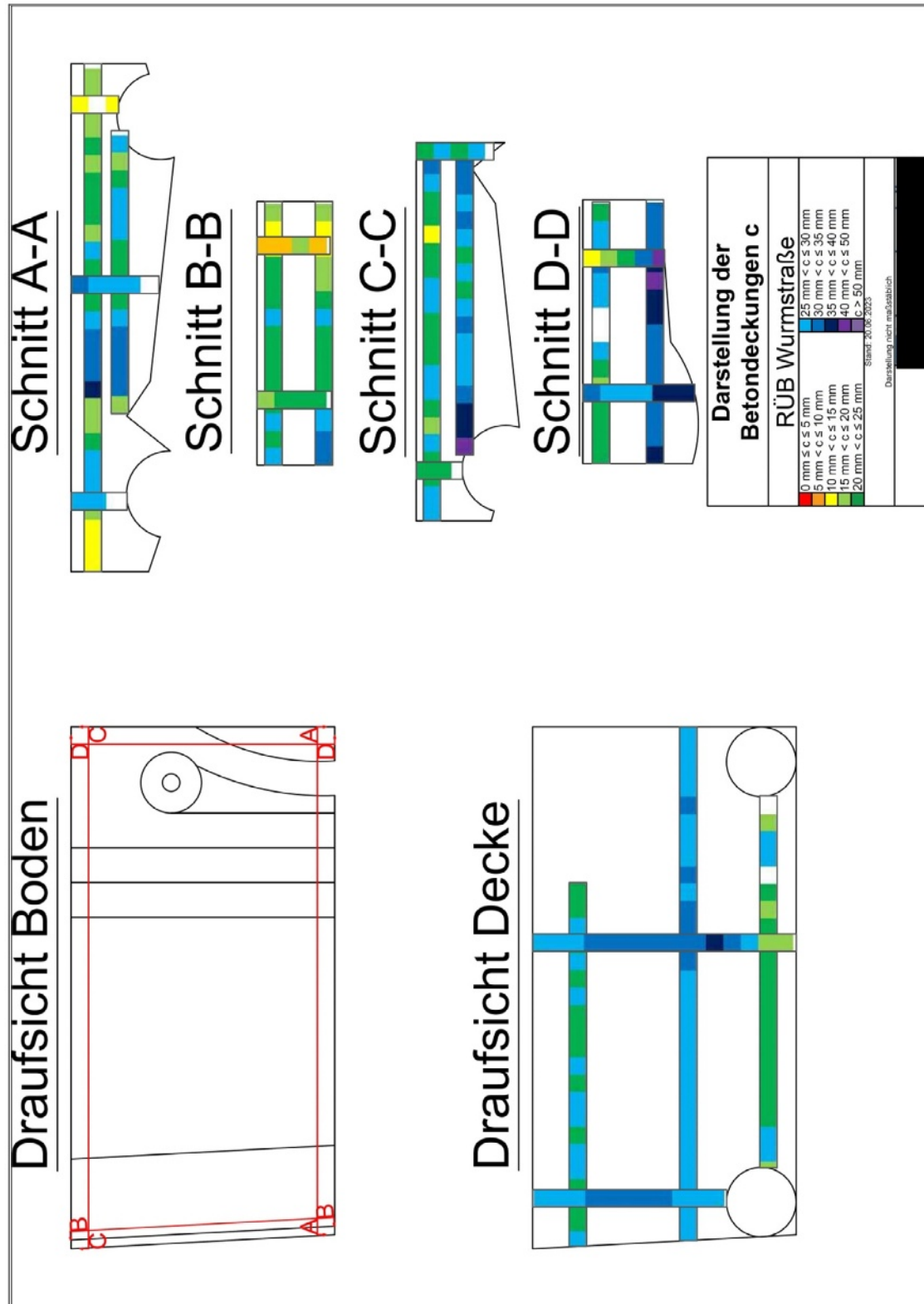


Bild C1: Darstellung der Betondeckung an Wänden und Deckenuntersicht

14 ANHANG D: ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGSSTELLEN

Tabelle D1: Ergebnisse der Untersuchungsstelle U Wu1 (Ø: Durchmesser; c: örtlich gemessene Betondeckung; QV: abgeschätzter korrosionsbedingter Querschnittsverlust)


Übersichtsaufnahme				Beschreibung			
				Untersuchungsstelle an der Wand an sich andeutender Abplatzung in einem Bereich lokaler Abplatzungen mit freiliegenden und deutlich korrodierten Bewehrungsstäben in horizontaler Richtung ohne Betondeckung			
Inspektionsöffnung				Tiefe der Karbonatisierung	Bohrmehlproben		
Stab	Ø	c	Korrosion		Tiefenlage	Schwefel als SO ₃	Chloridgehalt
Richtung	mm	mm		mm	mm	M.-%	M.-%/z
Horizontal	10,1	10	erkennbar QV: bis 10 %	10	0 ÷ 15	0,66	0,08
					15 ÷ 30	0,42	-
					30 ÷ 45	0,37	-

Tabelle D2: Ergebnisse der Untersuchungsstelle U Wu2 (Ø: Durchmesser; c: örtlich gemessene Betondeckung; QV: abgeschätzter korrosionsbedingter Querschnittsverlust)


Übersichtsaufnahme				Beschreibung			
				Untersuchungsstelle an der Deckenuntersicht in einem Bereich sehr weichen Betons bis in eine Tiefe von 3 cm bis 4 cm, was ggf. auf einen Sulfatangriff hindeuten kann			
Inspektionsöffnung				Tiefe der Karbonatisierung	Bohrmehlproben		
Stab	Ø	c	Korrosion		Tiefenlage	Schwefel als SO ₃	Chloridgehalt
Richtung	mm	mm			mm	mm	M.-%
Quer	12,6	30	erkennbar QV: bis 10 %	40	0 ÷ 15	0,17	0,07
					15 ÷ 30	0,41	0,07
					30 ÷ 45	0,43	0,07

Tabelle D3: Ergebnisse der Untersuchungsstelle U Wu3 (Ø: Durchmesser; c: örtlich gemessene Betondeckung; QV: abgeschätzter korrosionsbedingter Querschnittsverlust)


Übersichtsaufnahme				Beschreibung			
				Untersuchungsstelle an der Wand in der Nähe eines Kanalauslasses, um den herum sich weicher, kiesnestartiger Beton befand.			
Inspektionsöffnung				Tiefe der Karbonatisierung	Bohrmehlproben		
Stab	Ø	c	Korrosion		Tiefenlage	Schwefel als SO ₃	Chloridgehalt
Richtung	mm	mm		mm	mm	M.-%	M.-%/z
Vertikal	10,7	21	Keine Korrosion	9	0 ÷ 15	0,69	0,07
					15 ÷ 30	0,48	-
					30 ÷ 45	0,41	-

Tabelle D4: Ergebnisse der Untersuchungsstelle U Wu4 (Ø: Durchmesser; c: örtlich gemessene Betondeckung; QV: abgeschätzter korrosionsbedingter Querschnittsverlust)

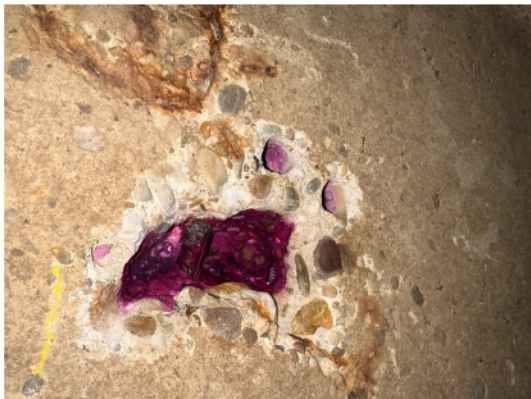
Übersichtsaufnahme				Beschreibung			
				Untersuchungsstelle an der Deckenuntersicht in einem Bereich mit oberflächlichen Rostspuren und z.T. kuppenartig freiliegender Gesteinskörnung			
Inspektionsöffnung				Tiefe der Karbonatisierung	Bohrmehlproben		
Stab	Ø	c	Korrosion		Tiefenlage	Schwefel als SO ₃	Chloridgehalt
Richtung	mm	mm			mm	M.-%	M.-%/z
Quer	13,0	23	Keine Korrosion	15	0 ÷ 15	0,37	0,07
					15 ÷ 30	0,52	0,07
					30 ÷ 45	0,39	0,07

Tabelle D5: Ergebnisse der Untersuchungsstelle U Wu5 (Ø: Durchmesser; c: örtlich gemessene Betondeckung; QV: abgeschätzter korrosionsbedingter Querschnittsverlust)



Übersichtsaufnahme				Beschreibung			
				Untersuchungsstelle an der Wand in der Nähe eines Einstiegs in einem Bereich mehrerer Abplatzungen mit freiliegenden und korrodierten Bewehrungsstäben in horizontaler Richtung			
Inspektionsöffnung				Tiefe der Karbonatisierung	Bohrmehlproben		
Stab	Ø	c	Korrosion		Tiefenlage	Schwefel als SO ₃	Chloridgehalt
Richtung	mm	mm			mm	M.-%	M.-%/z
Vertikal	8,0	37	Keine Korrosion	5	0 ÷ 15	0,60	0,09
					15 ÷ 30	0,54	0,09
					30 ÷ 45	0,58	0,08

Tabelle D6: Ergebnisse der Untersuchungsstelle U Wu6 (Ø: Durchmesser; c: örtlich gemessene Betondeckung; QV: abgeschätzter korrosionsbedingter Querschnittsverlust)

Übersichtsaufnahme				Beschreibung			
				Untersuchungsstelle an der Wand in einem Bereich augenscheinlich intakten Betons			
Inspektionsöffnung				Tiefe der Karbonatisierung	Bohrmehlproben		
Stab	Ø	c	Korrosion		Tiefenlage	Schwefel als SO ₃	Chloridgehalt
Richtung	mm	mm			mm	mm	M.-%
Vertikal	6,0	33	Keine Korrosion	2	0 ÷ 15	0,77	0,08
					15 ÷ 30	0,48	-
					30 ÷ 45	0,55	-

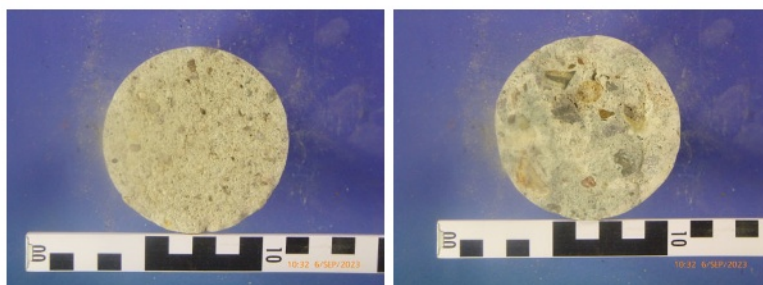
15 ANHANG E: ERGEBNISSE DER BOHRKERNPRÜFUNGEN

Bild E1: Aufnahmen des Bohrkerns BK Wu1



Bild E2: Aufnahmen des Bohrkerns BK Wu2

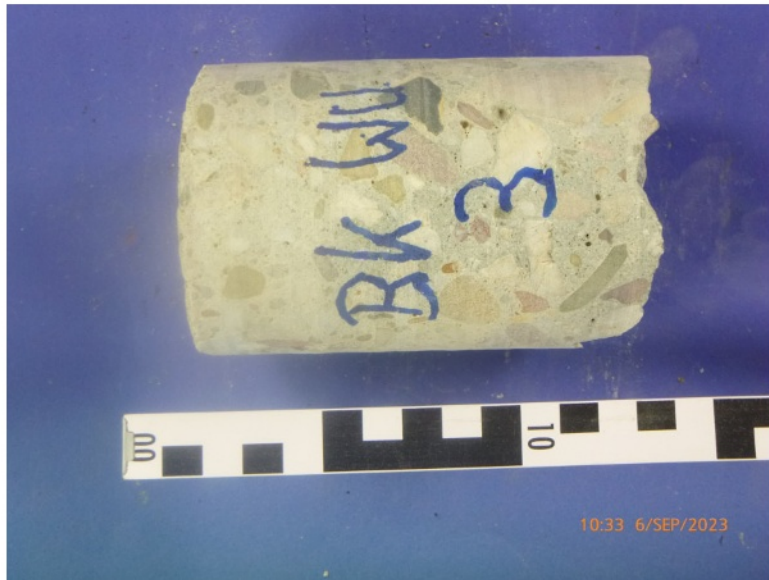


Bild E3: Aufnahmen des Bohrkerns BK Wu3




Tabelle E1: Ergebnisse der Makroskopie

Bohrkern	Durch- messer	Mindest- länge	Größtkorn	Bemerkung
	mm			
1	2	3	4	5
BK Wu1	79	108	34	Stark abgestuftes Gefüge 1 Stahl enthalten: Ø 8 mm, c = 28 mm
BK Wu2		90	33	Dichtes Gefüge 1 Stahl enthalten: Ø 8 mm, c = 25 mm
BK Wu3		100	38	Dichtes Gefüge

Tabelle E2: Probekörpergeometrie, Rohdichte und Druckfestigkeiten

Bohrkern	Durchmesser	Höhe	Rohdichte	Druckfestigkeit	h/d	Korr.-faktor	Druckfestigkeit korrigiert
	mm		kg/m³	N/mm²	-	-	N/mm²
1	2	3	4	5	6	7	8
BK Wu1	79,4	79,5	2270	38,1	1,00	1,00	38,1
BK Wu2	79,4	79,8	2290	45,5	1,01	1,00	45,5
BK Wu3	79,4	79,7	2310	59,8	1,00	1,00	59,8
Mittelwert							47,8

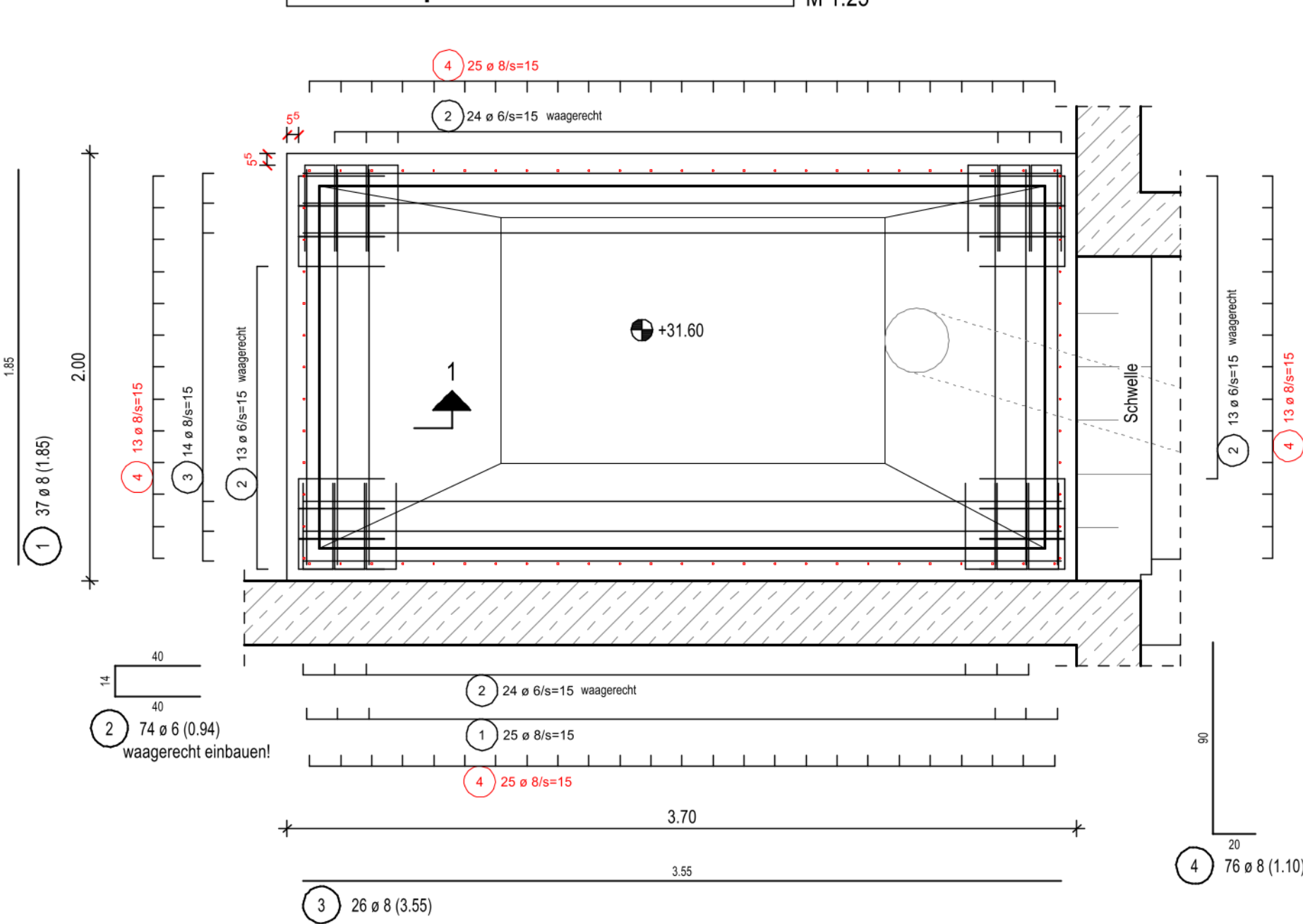
Tabelle E3: Übersicht über die ermittelten Oberflächenzugfestigkeiten des Betons (gerundet auf 0,05 N/mm²)

Bohrkern	Oberflächen- zugfestigkeit in N/mm	Bruchbild	Bild
1	2	3	4
BK Wu1	0,60 (Ergebnis entfällt für Auswertung)	20% im Beton 80% im Kleber zwischen Beton und Platte gebrochen	
BK Wu2	0,15 (Ergebnis entfällt für Auswertung)	100% im Kleber zwischen Beton und Platte gebrochen	
BK Wu3	0,45 (Ergebnis entfällt für Auswertung)	20% im Beton 80% im Kleber zwischen Beton und Platte gebrochen	
Mittelwert	-		
Kleinster Einzelwert	-		

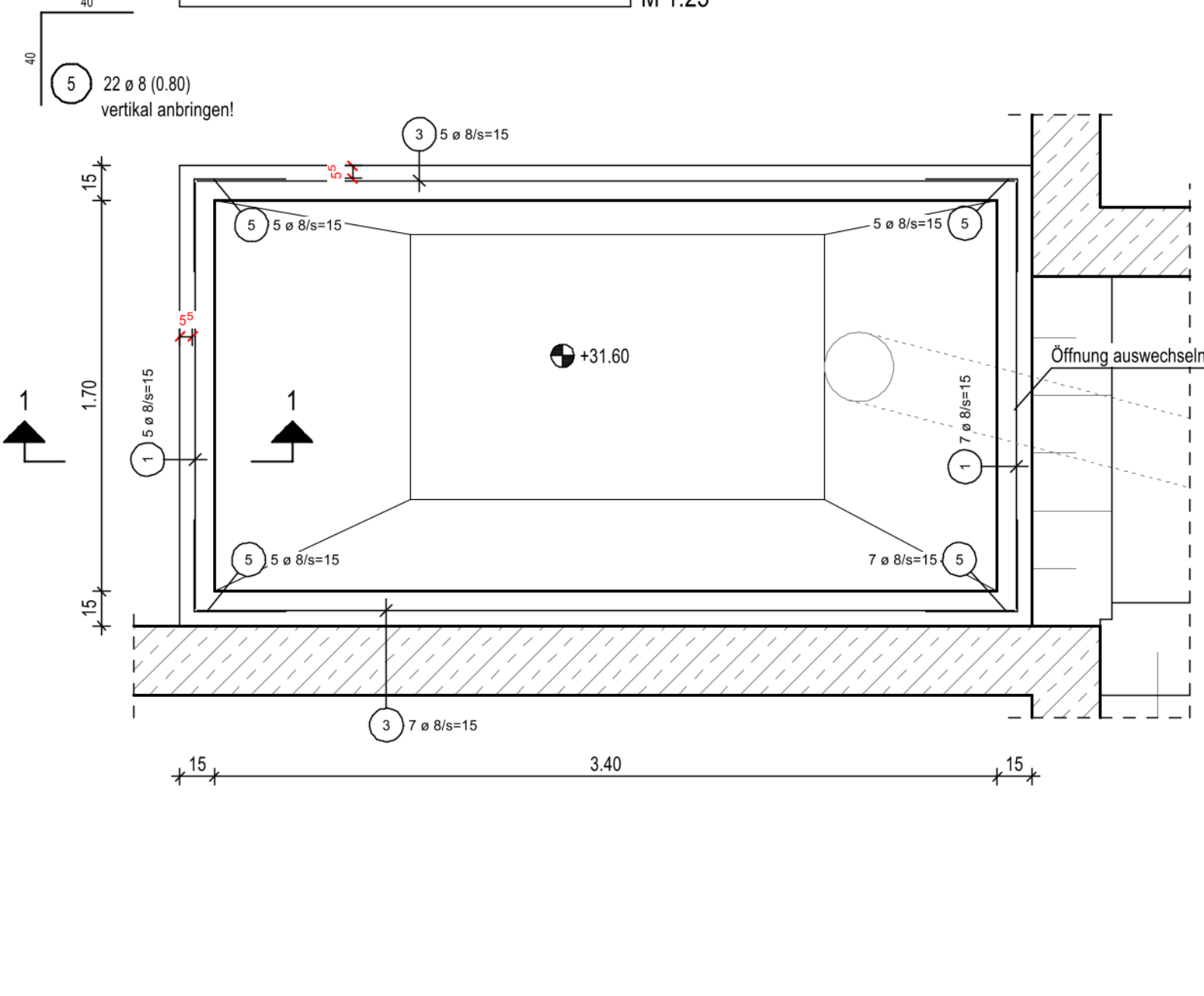
Pos. 1-0 Regenüberlaufbecken

Die neue Betonschale ist entsprechend dem Bestand zu modellieren!

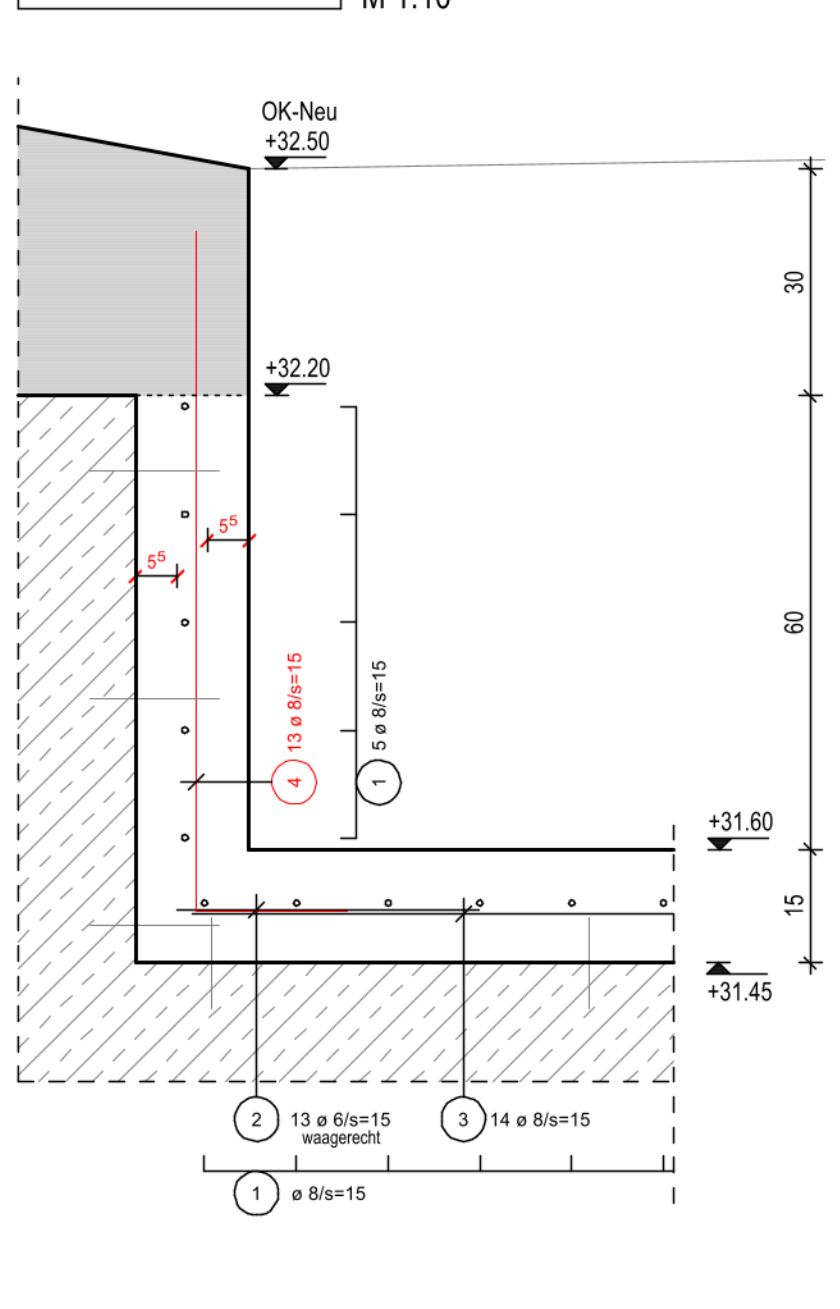
Bodenplatte - Teilbereich I M 1:25



Wände - Teilbereich I M 1:25

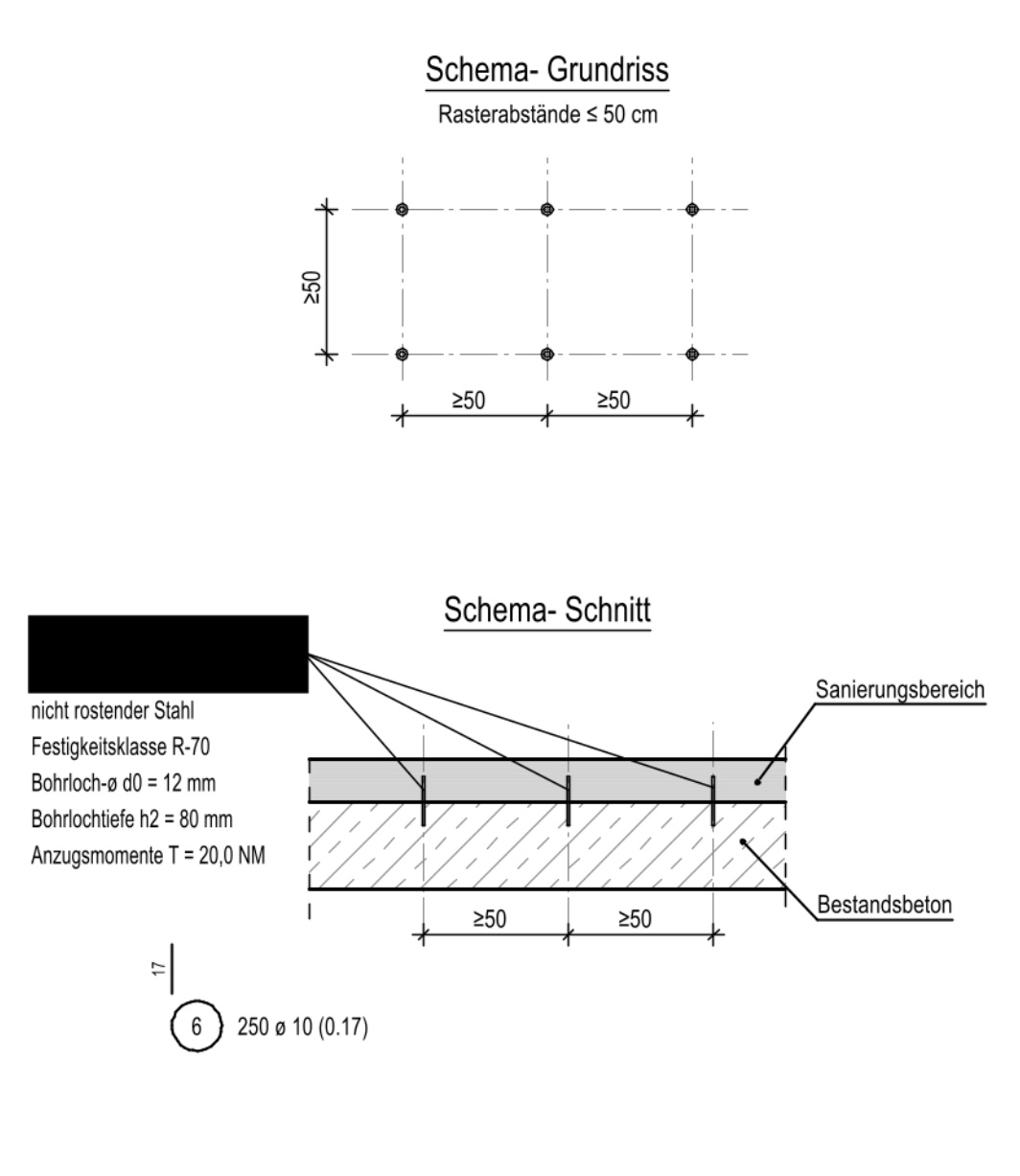


Schnitt 1-1 M 1:10



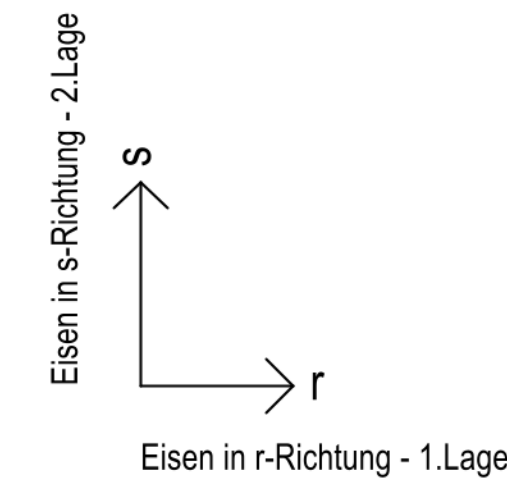
Detail Verankerung M 1:25

Verankerung der neuen Betonplatte im Bestandsbeton



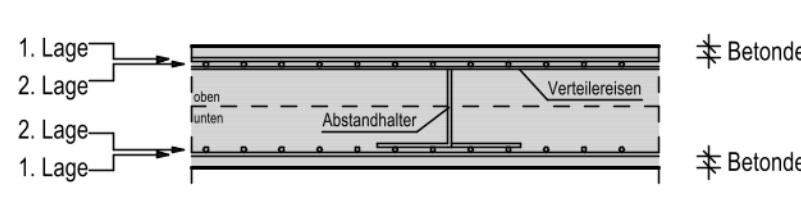
Arbeitsablauf

- Vollständiger Abtrag der Kanalklinker und Flachklinker einschließlich des Fugenmörtels
- Abtrag des alten Mörtelbets bis zur vorhandenen Stahlbeton-Unterkonstruktion
- Vorbereitung des Untergrundes.
- Einbringen der Ankerstangen
- Einbringen der Bewehrung
- Aufbringen des Beton auf den vorbereiteten Untergrund und Nachbildung der Geometrie des ursprünglichen Aufbaus



Die Geometrie der Fundamente wurde den Bestandsplänen entnommen.

Definition der Bewehrungslagen



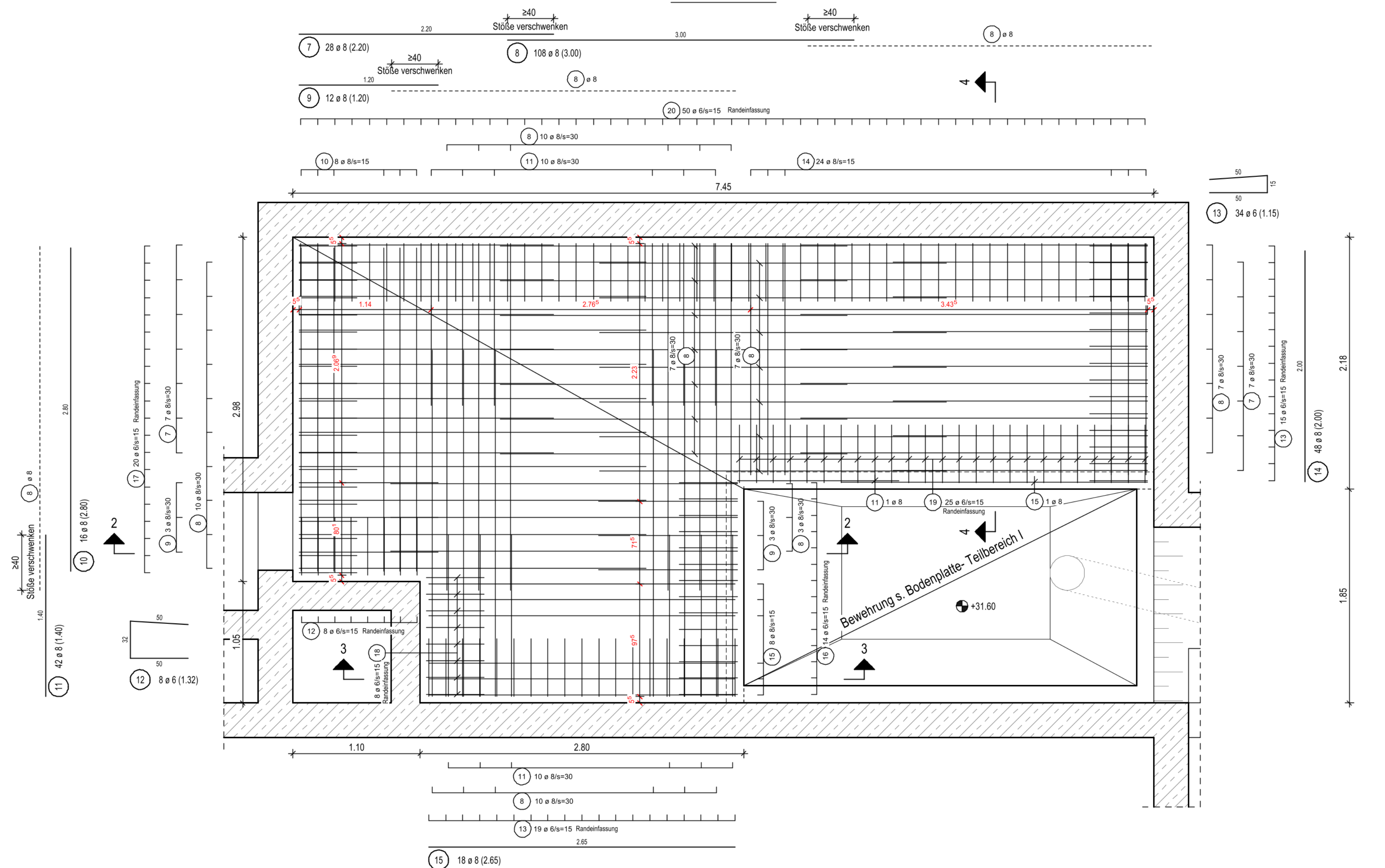
Achtung:
Die Geometrie wurde den Bestandsplänen entnommen! Die Höhen sowie weitere Maße sind vor Ort zu überprüfen!

Achtung:
Untergrund freilegen, lose Bestandteile sind vollständig zu entfernen.
Der freigelegte Untergrund ist bei Bedarf durch Sand- oder Perlenstrahlen zu reinigen!

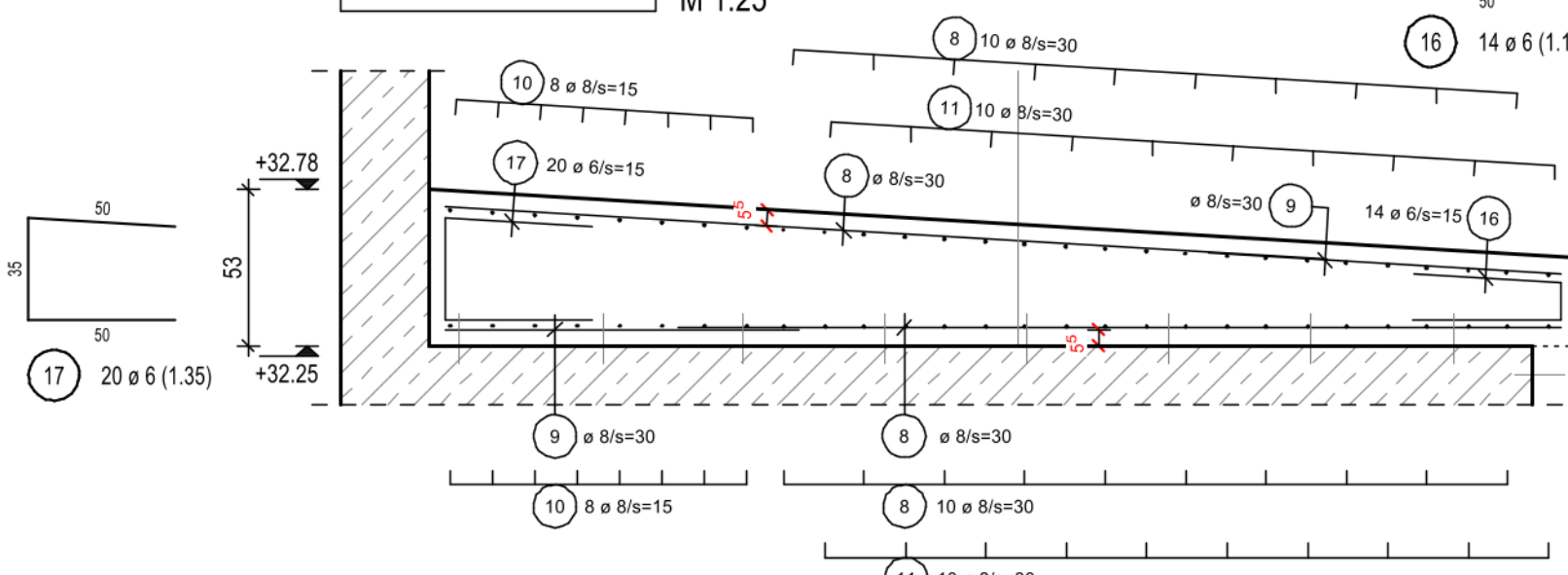
Achtung:
Die Höhenlage der Bodenplatte ist nach den Vorgaben der Bauleitung sowie unter Berücksichtigung des Bestands auszuführen!

Bodenplatte - Teilbereich II M 1:25

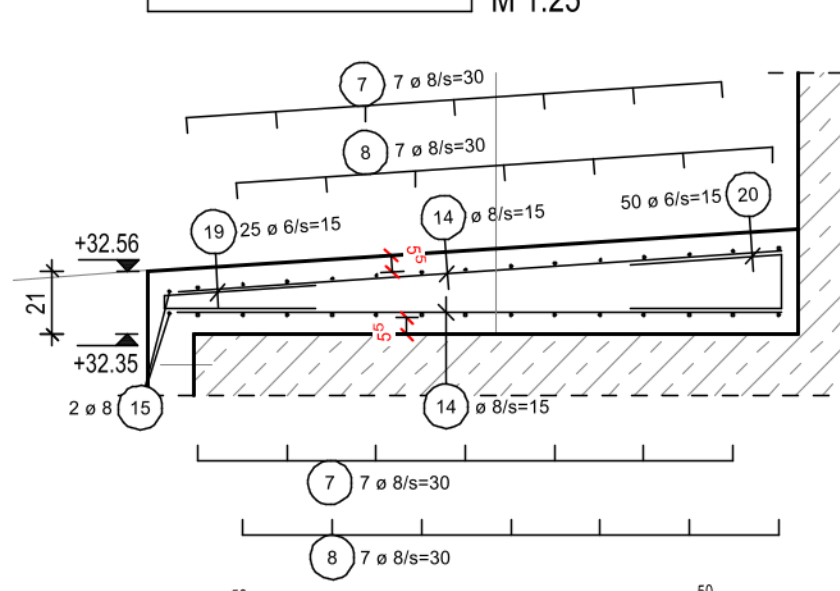
Untere und Obere Bewehrungslage/ Randeinfassung
Stöße verschwenken



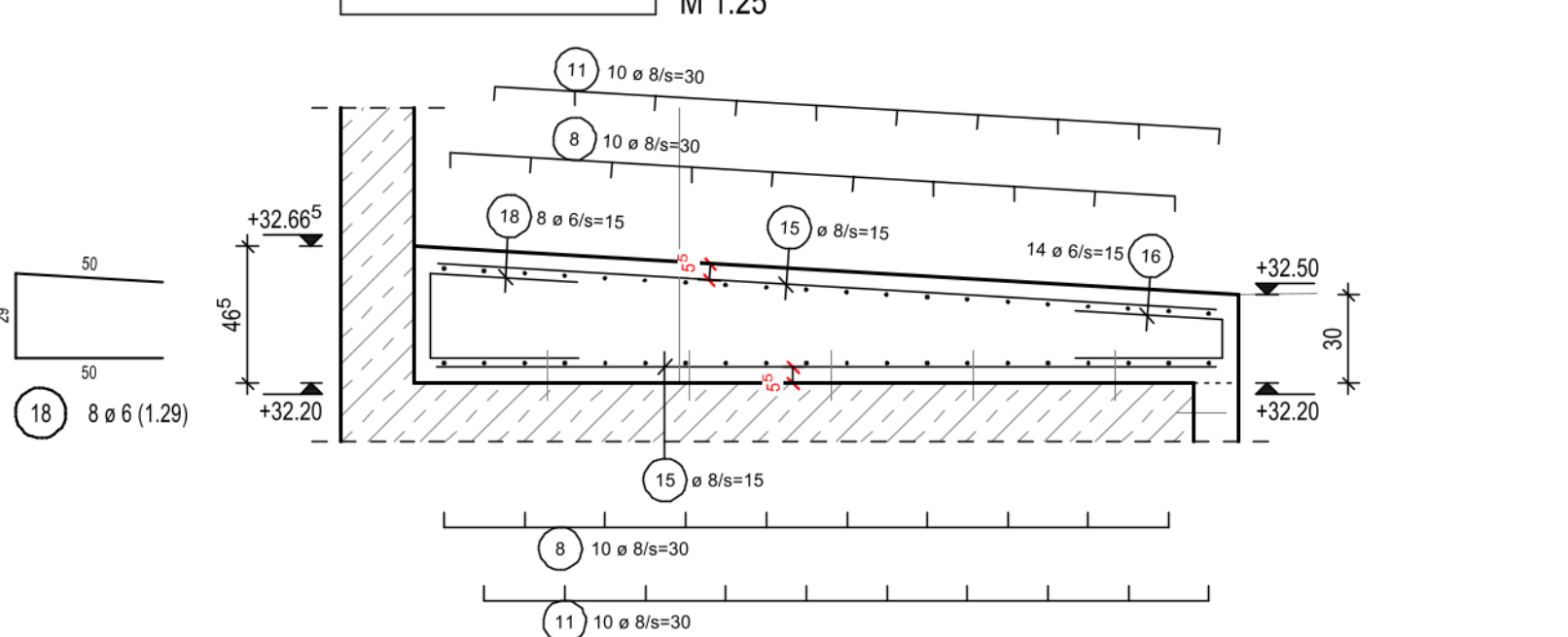
Schnitt 2-2 M 1:25



Schnitt 4-4 M 1:25

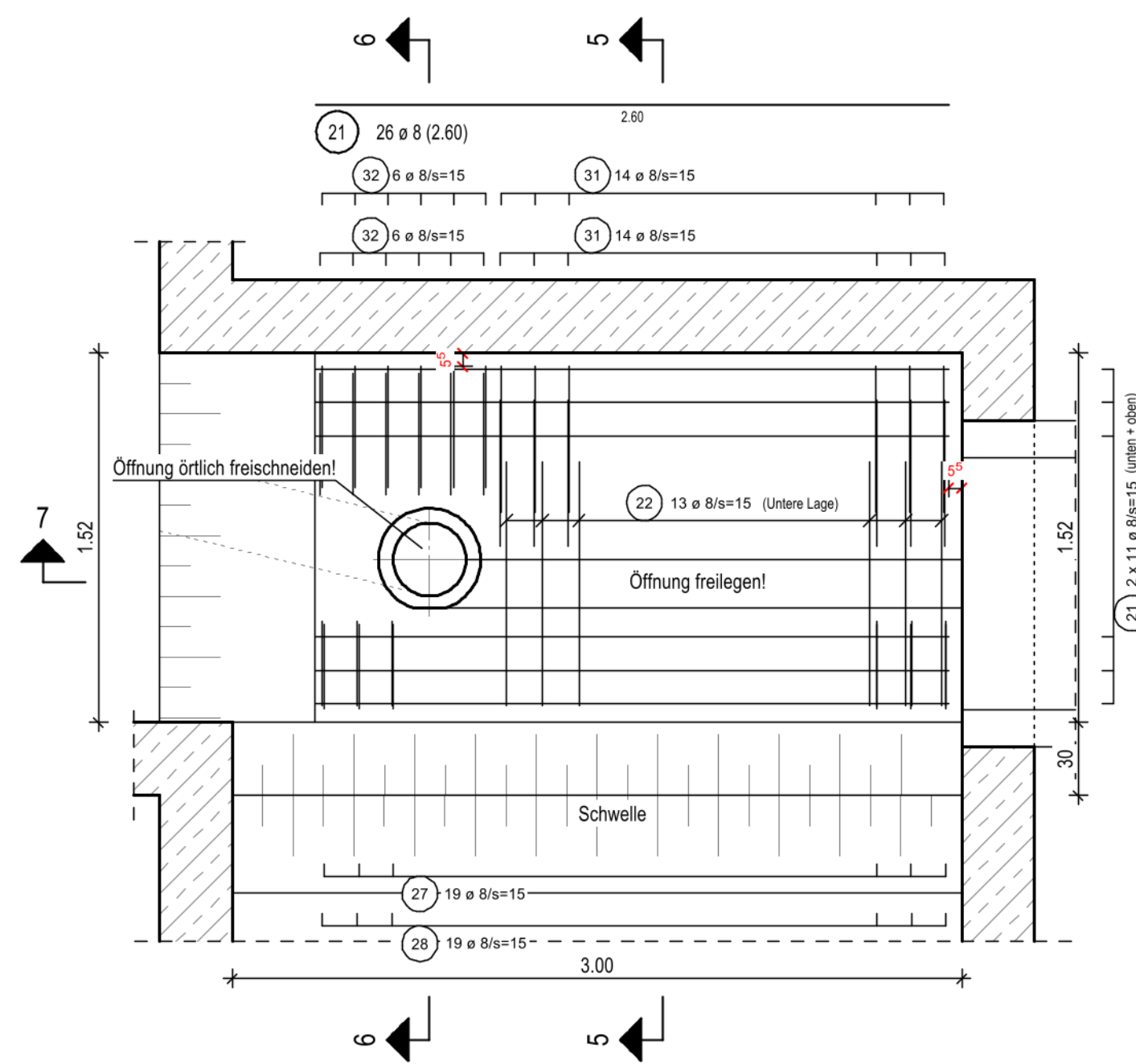


Schnitt 3-3 M 1:25

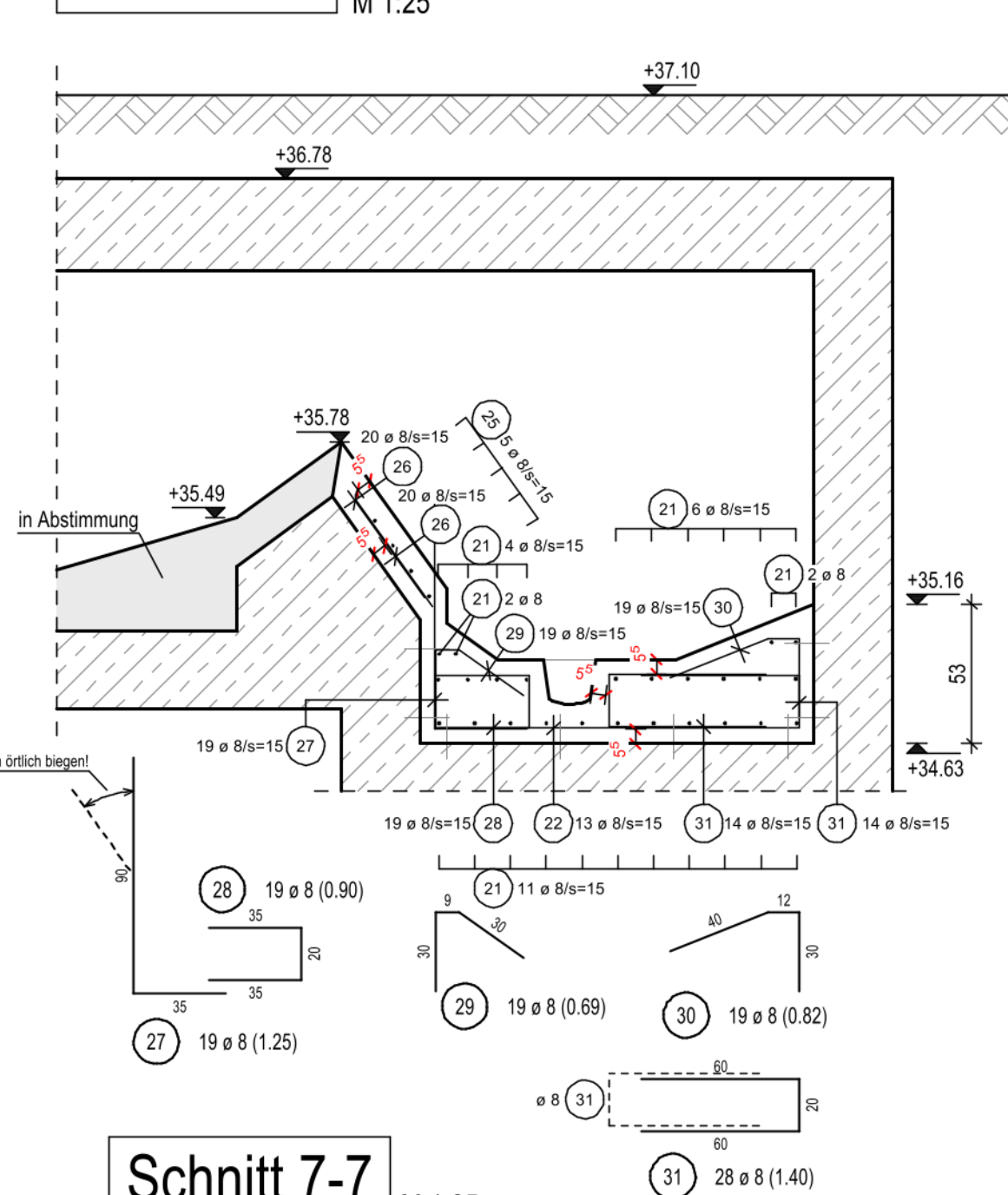


Bodenplatte - Teilbereich III M 1:25

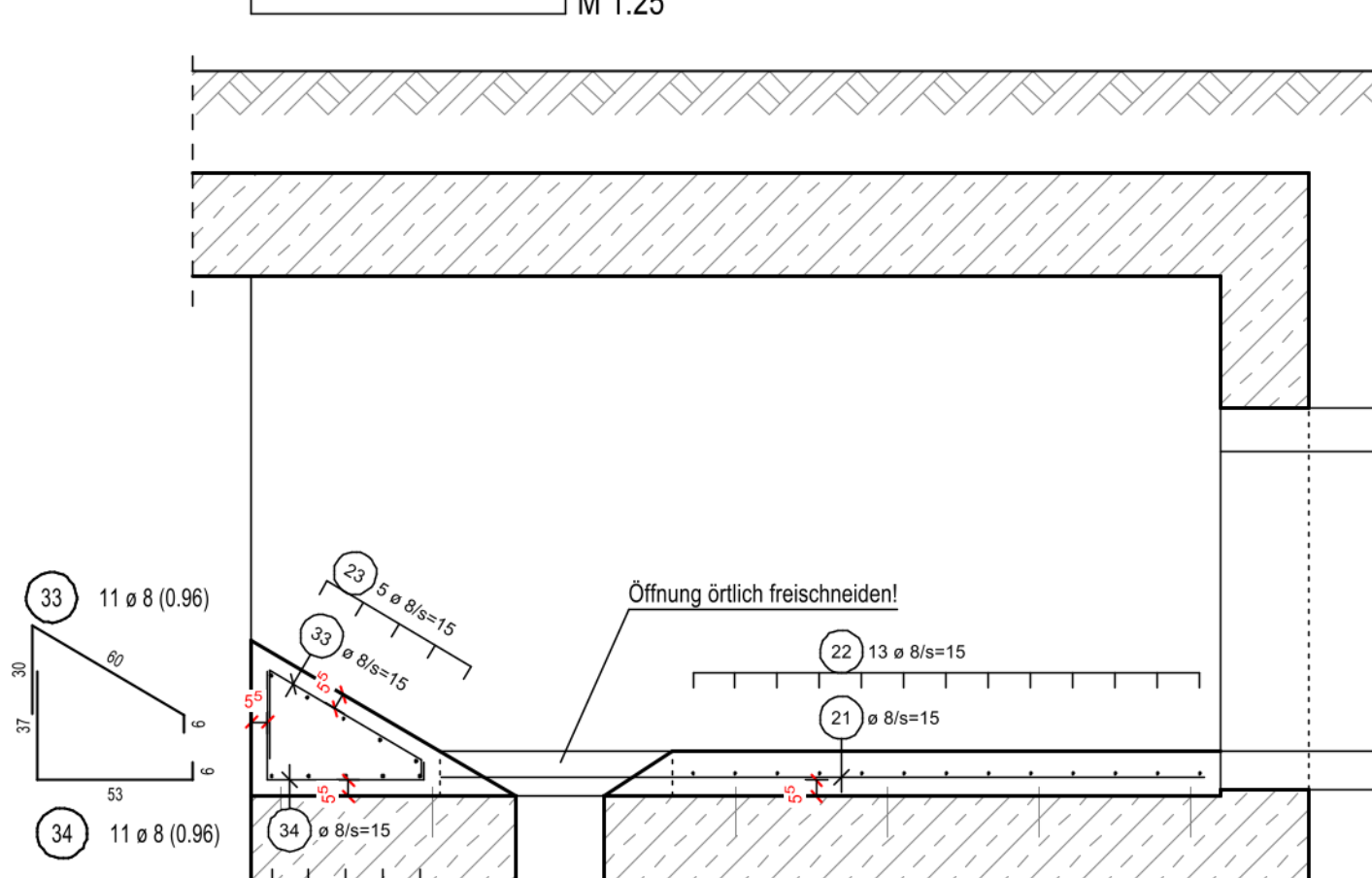
Untere/ Obere Bewehrungslage/ Randeinfassung



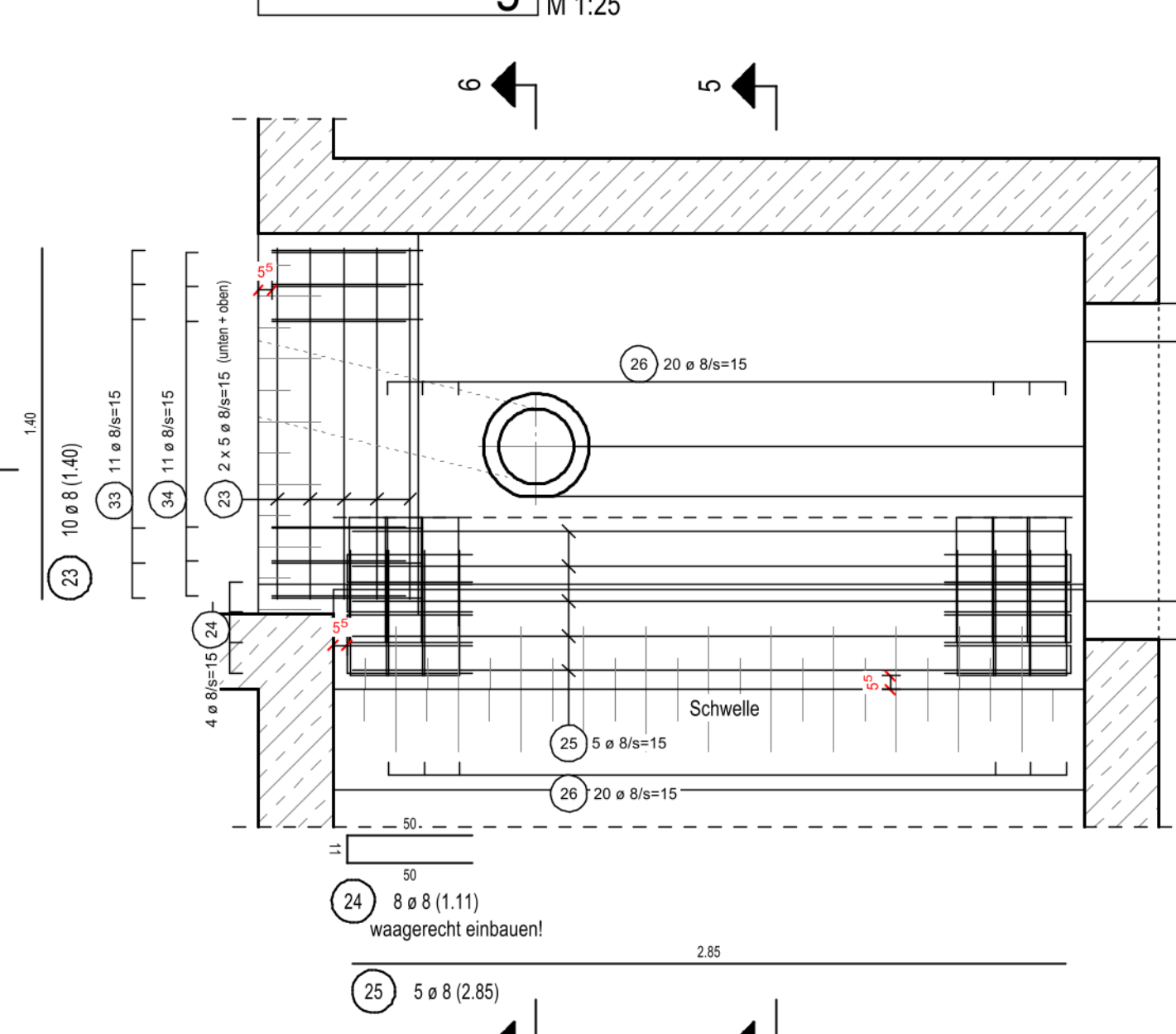
Schnitt 5-5 M 1:25



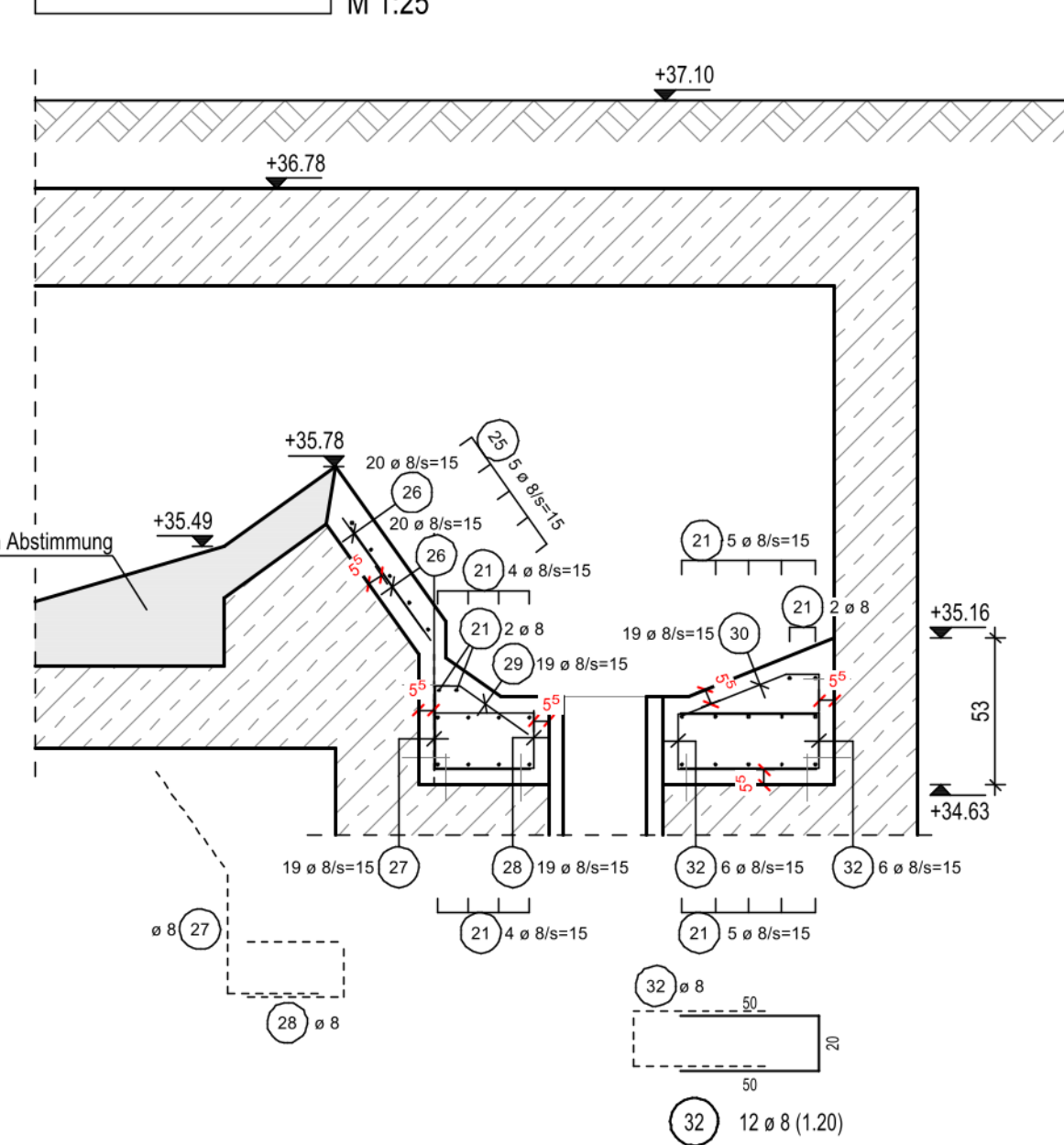
Schnitt 7-7 M 1:25



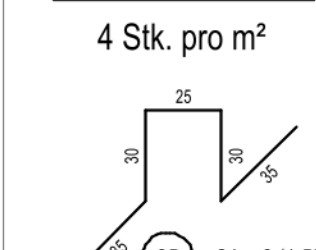
Aufkantung M 1:25



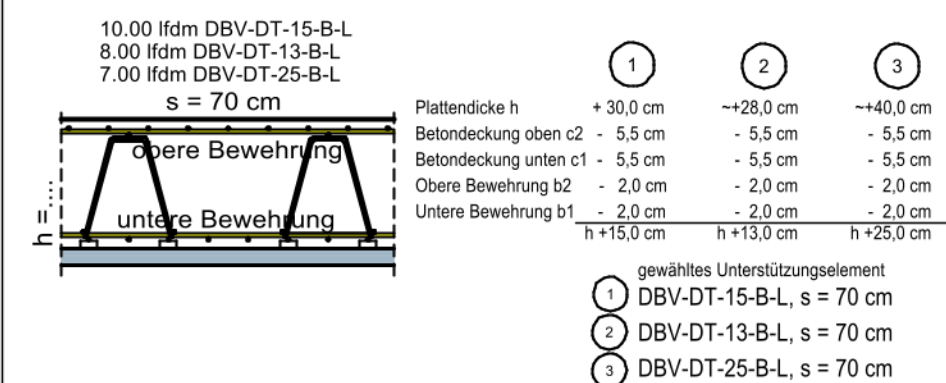
Schnitt 6-6 M 1:25



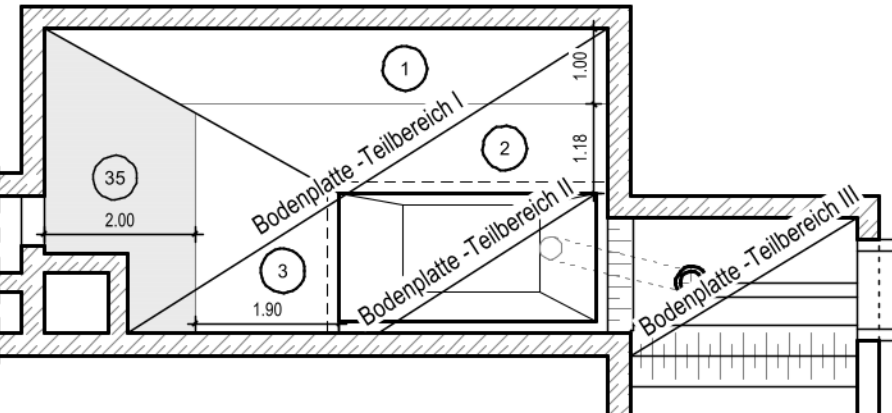
Abstandhalter



Empfohlene Abstandhalter der Schachdecke, h=20-50cm



Übersichtsplan + Bereich-Abstandhalter M 1:50



Die Bewehrung ist zwingend durch den zuständigen qualifizierten Tragwerksplaner bzw. Prüfingenieur 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

Expositionsklassen gemäß DIN EN 1992-1-1

Bauteil	Orientierung	Expositionsklasse	Betongüte:
Sanierungsbereich	umlaufend	XC4, XD3, XF4, XA1, WA	C35/45

Betondeckungsmaße c_{nom} in mm

Expositionsklasse	Stabdurchmesser d _s in mm	Stabdurchmesser d _s in mm	Stabdurchmesser d _s in mm	Stabdurchmesser d _s in mm
	≤ 16	20	25	28
XC1	25	30	35	40
XC2 und XC3	35	35	40	45
XC4	40	40	40	45
XD1, XD2, XD3 und XS1, XS2, XS3	55	55	55	55

Achtung:

Alle Maße sind vor Baubeginn örtl. und eigenverantwortlich zu prüfen. Unstimmigkeiten mit der Bauleitung oder dem Statiker klären.

Legende:

Stahlbeton Sanierung	Bestand
----------------------	---------

Änderungen

Index Datum

Index Datum

Index Datum

Index Datum

Index Datum

Index Datum

Index Datum

Index Datum

Index Datum

Index Datum

Index Datum

Index Datum

Index Datum

Index Datum

Index Datum