

# **Durchführung einer Bausubstanzprüfung**

**RRB BB1**

**Am Lachengraben**

**63303 Dreieich-Götzenhain**

**PB 53097-01-2025**



erstattet an die

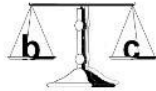
**Stadt Dreieich**

**Fachbereich Planung und Bau**

**Hauptstraße 45**

**63303 Dreieich**

Krefeld, den 28. Februar 2025



## Untersuchungsbericht

Auftrags-Nr.: PB 53097-01-2025

Datum / Zeichen: 28. Februar 2025 / Rö / BW

Auftraggeber: Stadt Dreieich  
Fachbereich Planung und Bau  
Hauptstraße 45  
63303 Dreieich

Gegenstand des Auftrages: Durchführung einer Bausubstanzprüfung

RRB BB1  
Am Lachengraben  
63303 Dreieich-Götzenhain

Dieser Untersuchungsbericht umfasst 38 Seiten einschließlich Anhänge.



## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	4
2	Augenscheinliche Begutachtung .....	5
3	Lagepläne - Begutachtete Bereiche .....	12
3.1	Durchgeführte Prüfungen (Übersichtsplan).....	12
4	Durchgeführte Untersuchungen und Prüfungen .....	14
4.1	Bestimmung der Rohdichte und die Druckfestigkeit an den Bohrkernproben.....	15
4.2	Bestimmung der Karbonatisierungstiefe .....	16
4.3	Bestimmung des Sulfat- Nitrat- und Ammoniumgehaltes.....	17
4.4	Bestimmung der Bewehrungsüberdeckung .....	19
4.5	Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit .....	22
5	Bewertung der Prüfergebnisse und Empfehlung für die weitere Vorgehensweise .....	23
Anlage 1	Bohrkernbeschreibung.....	25
Anlage 2	Bewehrungsüberdeckung (Grafiken).....	37



## 1 EINLEITUNG

Die beton consult GmbH, Krefeld, wurde durch die Stadt Dreieich -Fachbereich Planung und Bau- damit beauftragt, für das Bauwerk

### **RRB BB1**

#### **Am Lachengraben, 63303 Dreieich-Götzenhain**

den baulichen IST-Zustand festzustellen.

Die Probenentnahme sowie die Durchführung der Untersuchungen vor Ort erfolgten am 14. Januar 2025 durch die Herrn Dipl.-Ing. Röttgen, Kuznetsov und Nguyen aus dem Hause der beton consult GmbH.

Die Festlegung der Lage und Anzahl der Probeentnahmestellen sowie die durchzuführen- den Untersuchungen erfolgten in Abstimmung mit dem Auftraggeber.

## 2 AUGENSCHENLICHE BEGUTACHTUNG



Abb. 2.1: Kinderspielplatz oberhalb des RRB



Abb. 2.2: exempl. Beispiel von den Sichtflächen innerhalb des Beckens

Bei dem Bauwerk handelt es sich um eine Stahlbetonkonstruktion deren Sichtflächen über kein Oberflächenschutzsystem (OS-System) verfügt. Schädigungen infolge einer biogenen Schwefelsäurekorrosion liegen keine vor.

### Wandflächen:

Die ursprüngliche Oberflächentextur (Brettschalung) lässt sich noch gut erkennen.

Infolge einer unzureichenden Betondeckung lassen sich Wandabschnitte ausmachen, deren Bewehrung bereits freiliegt und infolge einer fortgeschrittenen Korrosion Querschnittsverjüngungen aufweisen. Neben den freiliegenden Bewehrungsstählen konnte man im Bereich des Boden-Wand-Anschlusses Kiesnester ausmachen, die auf eine unzureichende Verdichtungsleistung hindeuten. In einer Wandfläche liegt eine großflächige Reprofilierung vor (siehe Abb. 2.14).

Die Rohrdurchbrüche der Zu- und Abläufe weisen Schädigungen auf (siehe Abb. 2.15 und 2.16).

Die Abbildungen 2.3 bis 2.13 dokumentieren die Wandflächen im Uhrzeigersinn (Standort Einstieg).



Abb. 2.3: Ansicht auf Wandfläche mit freiliegender Bewehrung infolge einer unzureichenden Betondeckung



Abb. 2.4: freiliegende Bewehrungsstähle infolge einer unzureichenden Betondeckung



Abb. 2.5: Wandfläche mit Entnahmestelle 1



Abb. 2.6: freiliegende Bewehrung im Boden-Wand-Anschluss



Abb. 2.7: Wandfläche -Stirnseite- mit Entnahmestelle 2  
Trockenwasserrinne mit Ablauf



Abb. 2.8: Wandfläche mit Entnahmestelle 2  
freiliegende Bewehrung im Boden-Wand-Anschluss



Abb. 2.9: Wandfläche mit Entnahmestelle 3 -großflächiger  
Wandabschnitt mit freiliegender Bewehrung-



Abb. 2.10: Wandfläche mit Entnahmestelle 3



Abb. 2.11: Wandfläche von Entnahmestelle 3 mit angren-  
zender Stirnseite -Einstiegsseite-



Abb. 2.12: Wandfläche Stirnseite -Einstiegsseite-



Abb. 2.13: Einstiegsbereich



Abb. 2.14: Wandfläche mit nachträglicher Reprofilierung



Abb. 2.15 und 2.16: Zustand der Wandflächen im Bereich der Rohrdurchführungen (Zu- und Ablauf)



### Stützen:

Innerhalb des Beckens sind vier Stahlbetonstützen (30 x 30 cm<sup>2</sup>) angeordnet.

Besonders starke Schädigungen konnten an der Stütze „C“ (siehe Skizze) festgestellt werden. Auch hier konnten freiliegende Bewehrungsstäbe infolge einer unzureichenden Betondeckung ausgemacht werden. Darüber hinaus liegt am Stützenfuß ein großflächiges Kiesnest vor. Nach Öffnung dieser Schadstelle wurde ein stark korrodierter Längsstahl mit einer ausgeprägten Querschnittsverjüngung vorgefunden.

An den verbliebenen drei Stützen ist das Schadensbild nicht so stark ausgeprägt. Hier liegen jeweils ein bis drei freiliegende Bewehrungsstäbe vor.



Abb. 2.17: Stützen A (vorne), B, C und D



Abb. 2.18: Ansicht auf die geschädigte Stütze C



Abb. 2.19: Detailansicht Stütze C



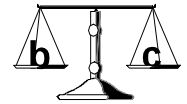
Abb. 2.20: Stützenfuß mit Kiesnest



Abb. 2.21: Stützenfuß nach Öffnung des Kiesnestes mit stark korrodierter Bewehrung



Abb. 2.22: Stützenkopf mit freiliegender Bewehrung



### Unterzug:

Entlang der Deckenunterseite verläuft in Längsrichtung des Beckens ein Unterzug, in den alle zuvor genannten Stützen einbinden. Der Querschnitt des Unterzuges beträgt 17 cm / 30 cm / 15 cm ( $h_1/b/h_2$ ). Auch entlang des Unterzuges liegen infolge einer unzureichenden Betondeckung einzelne Bewehrungsstäbe frei. Die vorgefundenen Stähle weisen ebenfalls Korrosionsschäden auf.

### Deckenunterseite:

Wie bei den Wandflächen lässt sich auch hier die ursprüngliche Schalungstextur -Schaltafeln- klar erkennen.

Entlang der gesamten Unterseite liegt eine Tauwasserbildung vor.

Auch hier liegen Bewehrungsstäbe frei und weisen Korrosionsspuren auf. Allerdings ist die Verteilung dieser „Schadstellen“ so unregelmäßig, dass der Verdacht besteht, dass es sich hier um Bewehrungsabschnitte handelt und dass die Deckenschalung vor dem Betonieren nicht gewissenhaft gereinigt wurde.



Abb. 2.23: exempl. Beispiel von der Sichtfläche der Deckenunterseite mit korrodierten Bewehrungsstählen in einer unregelmäßigen Verteilung

### Fuge:

Innerhalb der Bodenplatte verläuft mittig zwischen den Stützen B und C eine Fuge. Ein Fugenfüllstoff wurde nicht angetroffen. Stattdessen war der Fugenraum mit Sand / Geschiebefracht zugesetzt. Darüber hinaus sollte an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Fugenausbildung nicht in die angrenzende Wandfläche übertragen wurde.



Abb. 2.24 und 2.25: Gesamt- und Detailansicht vom Fugenverlauf und Fugenausbildung

### Bodenplatte:

Mit einem mineralischen Mörtel auf einem Substratbeton wurde die Bodenplatte profilartig ausgebildet. Die Oberfläche wurde auf Hohllagen hin abgeklopft und es konnten keine Fehlstellen ausgemacht werden.

Innerhalb der Bodenplatte verläuft eine Trockenwasserrinne, die für die Dauer der Bausubstanzprüfung in Betrieb blieb.



Abb. 2.26 bis 2.28: Ansichten auf die Bodenfläche mit den Entnahmestellen 4 bis 6



### Einstiegsöffnungen:

Insgesamt verfügt die Kammer über zwei Einstiegsöffnungen, die jeweils am Ende des Beckens liegen.

Bei einer Einstiegsöffnung sind alle Steigeisen flächenbündig abgetrennt worden. Bei der zweiten Öffnung ist ein Steigeisen abgebrochen und die anderen weisen Korrosionsschäden auf.

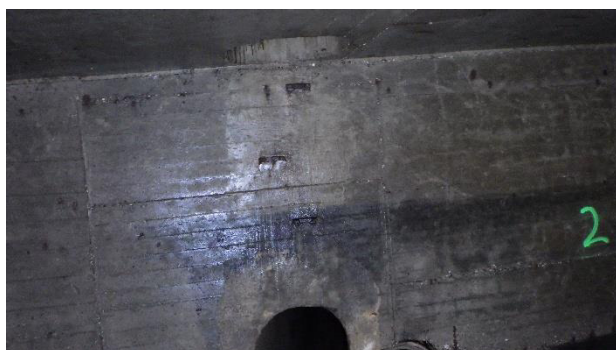


Abb. 2.29: Ansicht auf den zweiten Einstieg mit abgeschnittenen Steigeisen



Abb. 2.30: Ansicht auf die zweite Einstiegsöffnung



Abb. 2.31: Ansicht auf die zweite Einstiegsöffnung

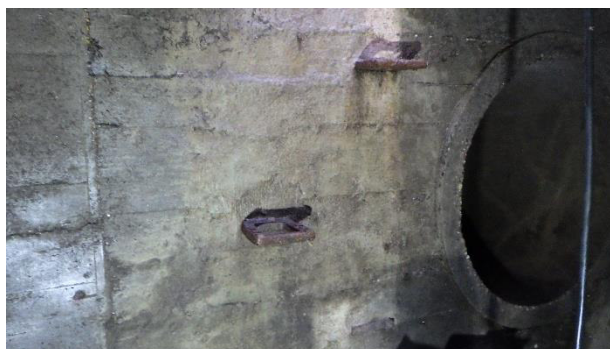
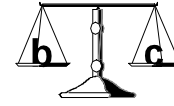


Abb. 2.32: Ansicht auf den ersten Einstieg



Abb. 2.33: Ansicht auf die erste Einstiegsöffnung



### 3 LAGEPLÄNE - BEGUTACHTETE BEREICHE

#### 3.1 DURCHGEFÜHRTE PRÜFUNGEN (ÜBERSICHTSPLAN)

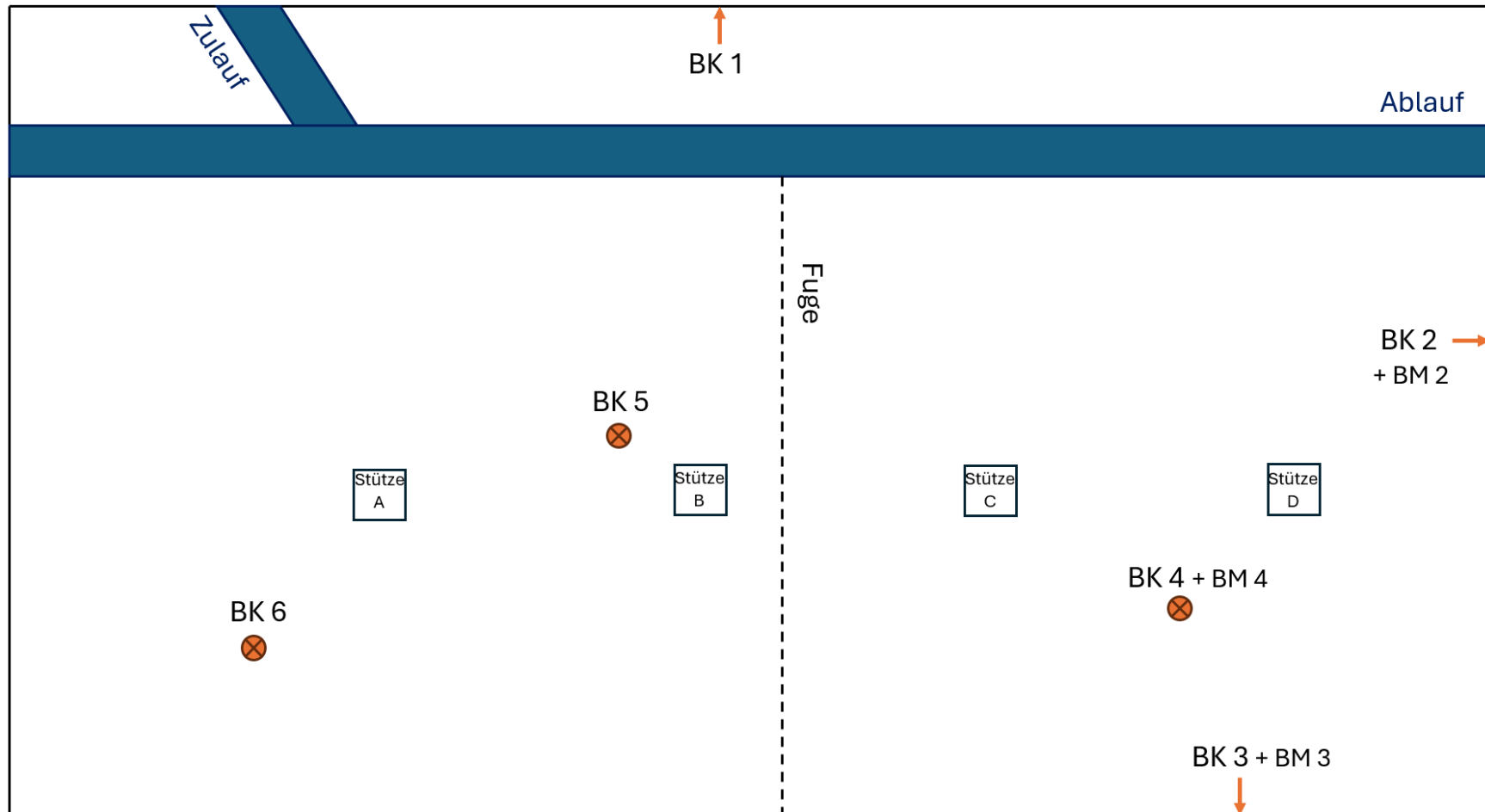


Abb. 3.1.1: Anordnung der Mess- und der Probeentnahmestellen

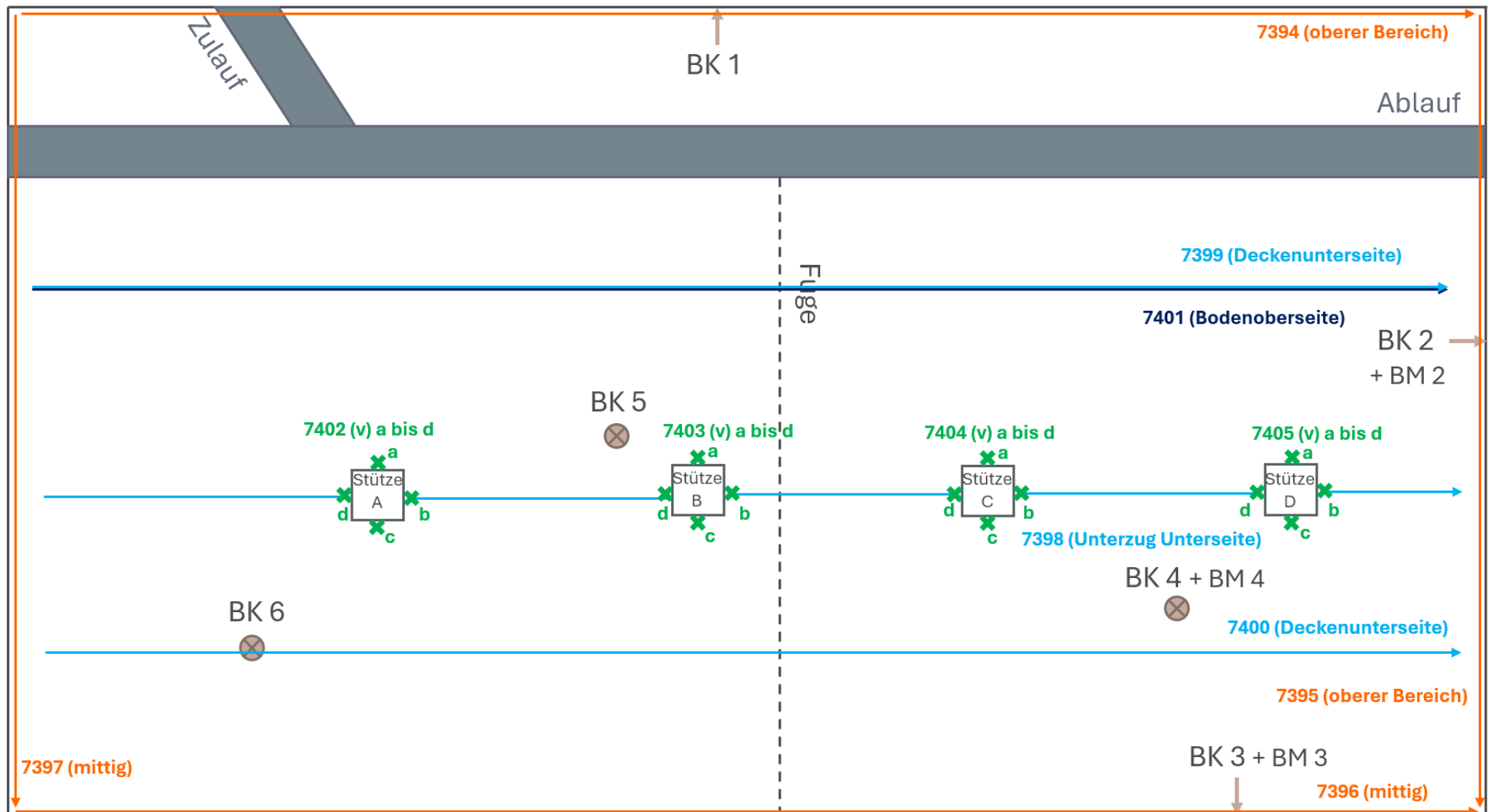
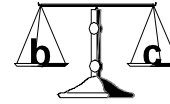


Abb. 3.1.2: Anordnung der Mess- und der Probeentnahmestellen (Messlinien, s. Abschnitt 4.4)



#### 4 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN UND PRÜFUNGEN

Es wurden folgende Untersuchungen am Bauwerk durchgeführt:

- Entnahme von Bohrkernen zur Begutachtung des Betongefüges, Prüfung der Rohdichte und der Druckfestigkeit
- Bestimmung der Karbonatisierungstiefe am Bohrkern
- Entnahme von Probenmaterial zur Bestimmung des Sulfat-, Nitrat- und Ammoniumgehaltes
- Bestimmung der Bewehrungsüberdeckung
- Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit am Bohrkern
- Bohrkernansprache

Die Entnahmestellen von Bohrkernen und Bohrmehlproben bzw. Untersuchungsstellen sind in dem Abschnitt 3 dokumentiert.



#### 4.1 BESTIMMUNG DER ROHDICHTE UND DIE DRUCKFESTIGKEIT AN DEN BOHRKERNPROBEN

Aus dem Bauwerk wurden sechs Bohrkern (BK 1 bis BK 6) mit einem Durchmesser von  $\varnothing = 100$  mm nass entnommen.

Im Labor wurden die Bohrkern mit einer Steinsäge auf ein Höhen-Durchmesser-Verhältnis von  $h/d = 1$  nass geschnitten und die Deck- und die Bodenfläche mechanisch planparallel abgeglichen. Abschließend wurden die Proben auf einer Druckprüfmaschine bis zum Bruch geprüft.

Das Ergebnis der Prüfung ist in der nachfolgenden Tabelle 4.1.1 dokumentiert.

Die Entnahmestellen von Bohrkernen bzw. Untersuchungsstellen sind in dem Abschnitt 3 dokumentiert. Die Beschreibung der Bohrkern ist aus der Anlage 1 ersichtlich.

Tabelle 4.1.1: Prüfung der Rohdichte und der Druckfestigkeit

Bohrkern	Entnahmestelle siehe Abb. 3.1.1	Rohdichte [kg/dm <sup>3</sup> ]	Druckfestigkeit [MPa]
BK 1	Boden-Wand-Anschluss	2,36	56,1
BK 2	Oberer Bereich, Außenwand	2,21	44,9
BK 3	Boden-Wand-Anschluss	2,30	49,5
BK 4 <sup>1)</sup>	Bodenplatte	2,48 <sup>1)</sup>	71,0 <sup>1)</sup>
BK 5	Bodenplatte	2,25	36,2
BK 6 <sup>1)</sup>	Bodenplatte	2,36 <sup>1)</sup>	49,1 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Im Prüfkörper BK 4 und BK 6 liegt Bewehrung vor



## 4.2 BESTIMMUNG DER KARBONATISIERUNGSTIEFE

Die Prüfung der Karbonatisierungstiefe erfolgte an frisch gebrochenem Randzonenmaterial der einzelnen Untersuchungsstellen entsprechend des Lageplans vor Ort am Bauteil und an den entnommenen Bohrkernproben. Die frischen Bruchflächen wurden mit einer Phenolphthalein-Lösung beaufschlagt und der Farbumschlag begutachtet.

Das Ergebnis der Prüfung ist aus den Tabelle 4.2.1 und 4.2.2 ersichtlich.

*Tabelle 4.2.1: Prüfung der Karbonatisierungstiefe am Bohrkern*

Bezeichnung	Karbonatisierungstiefe [mm]	Bemerkungen / Bauteil
<b>Prüfung am Bohrkern (Entnahmenstelle s. Abschnitt 3)</b>		
Karbo BK 1	1 – 2	Innenseite der Außenwand
Karbo BK 2	1 – 2	Innenseite der Außenwand
Karbo BK 3	1 – 2	Innenseite der Außenwand
Karbo BK 4	1 – 2	Oberseite der Bodenplatte
Karbo BK 5	1 – 2	Oberseite der Bodenplatte
Karbo BK 6	1 – 2	Oberseite der Bodenplatte

*Tabelle 4.2.2: Prüfung der Karbonatisierungstiefe vor Ort*

Bezeichnung	Karbonatisierungstiefe [mm]
Stütze A	< 5
Stütze B	< 5
Stütze C	20 – 23 mm
Stütze D	< 5
Deckenunterseite	8 – 10
Deckenunterseite	1 – 2



### 4.3 BESTIMMUNG DES SULFAT- NITRAT- UND AMMONIUMGEHALTES

Die Prüfung des Sulfatgehaltes erfolgt in Anlehnung an DIN EN 196-2 mittels Heißaufschluss in Salzsäure und anschließender Fällung mit Bariumchlorid. Der Gehalt an Sulfaten wird dann mittels Photometrie bestimmt.

Die Prüfung des Ammoniumgehalts erfolgte durch Reaktion von Chinonmonoimin zu Indophenolblau mit Nitroprussid-Natrium als Katalysator.

Eine Planunterlage sowie die Bilddokumentation von Entnahme- bzw. Untersuchungsstellen sind dem Abschnitt 3 zu entnehmen. Die Prüfungen erbrachten folgende Ergebnisse, die in den Tabellen 4.3.1 und 4.3.2 dokumentiert sind:

*Tabelle 4.3.1: Ergebnis der Sulfatuntersuchungen (wasser- und säurelöslich)*

Bezeichnung	Entnahmetiefe [mm]	Sulfatgehalt			
		wasserlöslich		säurelöslich	
		[M.-%]	[mg/kg]	[M.-%]	[mg/kg]
BM 2 Wasserzone, Boden- Wand-Anschluss	0 – 15	0,27	2670	1,25	12522
	15 – 30	0,24	2433	1,20	12039
	30 – 45	-	-	1,22	12182
BM 3 Wasserzone, Boden- Wand-Anschluss	0 – 15	0,46	4647	0,90	9045
	15 – 30	0,26	2624	1,22	12235
	30 – 45	-	-	1,02	10235
BM 4 Wasserzone, Boden- platte	0 – 15	0,20	1992	1,20	12042
	15 – 30	0,19	1886	1,07	10725
	30 – 45	-	-	0,96	9597



Tabelle 4.3.2: Ergebnis der Nitrat- und Ammoniumuntersuchungen (wasserlöslich)

Bezeichnung	Entnahmetiefe [mm]	Nitratgehalt		Ammoniumgehalt	
		wasserlöslich		wasserlöslich	
		[M.-%]	[mg/kg]	[M.-%]	[mg/kg]
BM 2 Wasserzone, Boden- Wand-Anschluss	0 – 15	0,013	132	< 0,001	5
	15 – 30	0,015	145	< 0,001	3
	30 – 45	0,012	120	-	-
BM 3 Wasserzone, Boden- Wand-Anschluss	0 – 15	0,031	307	< 0,001	6
	15 – 30	0,127	1272	< 0,001	3
	30 – 45	0,116	1161	-	-
BM 4 Wasserzone, Boden- platte	0 – 15	0,043	427	< 0,001	4
	15 – 30	0,033	327	< 0,001	3
	30 – 45	0,021	214	-	-



#### 4.4 BESTIMMUNG DER BEWEHRUNGSÜBERDECKUNG

Die Prüfung der Lage der eingebauten Bewehrung erfolgte zerstörungsfrei mit einem Prüfgerät der Fa. Hilti - Ferroskan PS 200 - mittels Pulsinduktionsverfahren.

Bei der Messung wird ein Magnetfeld aufgebaut, das durch die eingebaute Bewehrung gestört wird. Dadurch entsteht ein Wirbelstrom im Bewehrungsstahl, der ein magnetisches Feld erzeugt, das durch das Gerät gemessen wird. Aus diesen Messsignalen erhält man die Lage, die Betondeckung sowie die Stababstände der eingebauten Bewehrung.

Die grafische Darstellung der Messsignale erfolgte linienförmig. Dabei werden entlang der Messlinie alle Bewehrungsstäbe, die in der oberen Bewehrungslage senkrecht zur Messstrecke verlaufen, erfasst. Hierbei ist zu beachten, dass hiermit nur Bewehrungsstäbe in der ersten Bewehrungslage bis zu rd. 10 cm Tiefe erfasst werden können. Bei sehr dicht liegender Bewehrung kann es infolge von Abschattwirkungen zu nicht auflösbaren Signalen kommen, wodurch eine Detektierung von tieferliegenden Bewehrungsstäben unmöglich wird.

Es wurden folgende Bauteile vermessen:

Tabelle 4.4.1: Untersuchungsstellen der Bewehrungsüberdeckung

Bauwerksbereich	Richtung der Messlinien	Messungen *)
Innenseite der Außenwand	horizontal	7394 bis 7397
Unterseite des Unterzugs	längs	7398
Deckenunterseite	längs	7399 und 7400
Bodenoberseite	längs	7401
Stützen	vertikal	7402 bis 7405

Die untersuchten Bereiche sind in dem Abschnitt 3 dokumentiert.



Für die Bewertung der Messungen können unterschiedliche Stabdurchmesser berücksichtigt werden. Teilweise wird der Durchmesser aufgrund der vorliegenden Bohrkernaufnahme / freiliegenden Bewehrungen gewählt, teilweise ist er als Annahme zu verstehen, da der tatsächliche Bewehrungs-durchmesser unbekannt ist („worst-case-Abschätzung“).

Gewählter Durchmesser:

- $\varnothing = 8 \text{ mm}$  (horizontale Messungen der Außenwände, vertikale Messungen der Stützen)
- $\varnothing = 6 \text{ mm}$  (Messungen an der Längsrichtung, Unterseite des Unterzugs, Deckunterseite, Bodenoberseite)

Für die Bewertung der Messungen wurden folgende Grenzwerte zu Grunde gelegt:

Nach /L1/ ist in Folge Einordnung zu den Bauteilen unter „3.5 Umwelt- und Gewässerschutz“ eine Zuordnung zur Expositionsklasse XC4 sinnvoll. Daher gilt eine Mindestbetondeckung von  $c_{\min} = 25 \text{ mm}$ .

Nach ZTV-W LB 219 Absatz 1.3.2 /L2/ ist eine Betondeckung von  $c_{\min} = 40 \text{ mm}$  vorgesehen, außer es liegt die Expositionsklasse XD oder XS vor ( $c_{\min} = 50 \text{ mm}$ ).

/L1/ *Bauteilkatalog, Planungshilfe für dauerhafte Betonbauteile, Hrg: InformationsZentrum Beton GmbH, Erkrath, 9. überarbeitete Auflage 2016*

/L2/ *ZTV-W Schutz und Instandsetzung der Betonbauteile von Wasserbauwerken LB 219, Hrg: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Ausgabe 2017*

Die Expositionsklasse wurde rein aus der Sicht der Bewertung der Messungen zu Grunde gelegt. Für eine Instandsetzung können weitere oder auch andere Expositionsklassen nötig sein, die hier nicht genannt sind.

Die Ergebnisse der Messungen sind in der Tabelle 4.4.2 zusammengestellt und die grafischen Einzeldarstellungen sind der Anlage 2 zu entnehmen.

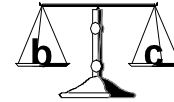


Tabelle 4.4.2: Tabellarische Gegenüberstellung der Messergebnisse:

Innenseite der Außenwand, Unterseite des Unterzugs (UU), Deckenunterseite, Bodenoberseite (BO), Stützen A bis D

Messung Nr.	7394	7395	7396	7397	7398	7399	7400	7401	7402	7403	7404	7405
Bauteil	Innenseite der Außenwand				UU	Deckenunterseite		BO	Stützen A bis D			
Messrichtung: horizontal (h) / vertikal (v) / längs (l)	h	h	h	h	l	l	l	l	v	v	v	v
Messlänge [m]	16,86	7,88	17,01	7,89	14,89	16,83	17,01	15,66	5,18	5,16	5,34	5,47
Durchmesser [mm]	8				6				8			
Anzahl der detektierten Bewehrungsstäbe	108	55	134	52	135	111	119	102	32	33	30	35
min. Betonüberdeckung [mm]	5	8	5	13	5	5	5	8	11	13	9	10
max. Betonüberdeckung [mm]	38	37	59	48	63	35	36	64	72	86	47	43
<b>Mittelwert [mm]</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>29</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>33</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	<b>26</b>
Standardabweichung s [mm]	9	6	9	9	13	6	5	10	15	18	11	11
Anzahl der Stabstäbe ≤ 25 mm (C <sub>min</sub> )	82	43	99	19	85	103	117	25	15	16	12	17
Anzahl der Stabstäbe ≤ 40 mm (C <sub>min</sub> )	108	55	132	48	125	111	119	80	30	24	25	32
5 % Quantil in mm <sup>1)</sup>	9	14	10	19	9	6	7	19	14	14	14	14
10 % Quantil in mm <sup>1)</sup>	10	16	12	22	11	7	8	21	16	17	17	16
Cut-off / Auflage [mm]	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 32 <sup>2)</sup>	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0

Anmerkung: Für die finale Bewertung sind auch die Auswertungsdiagramme im Anlagenteil zu berücksichtigen. Auffällige Werte sind blau markiert.

1) Ist hier kein Ergebnis vorhanden, so ist die Datenmenge für diese statische Auswertung nicht ausreichend.

2) Auflage = 32 mm, durchschnittliche Estrichstärke bei BK 4 bis 6



#### 4.5 BESTIMMUNG DER OBERFLÄCHENZUGFESTIGKEIT

Zur Bestimmung der Oberflächenzugfestigkeit wurde in die Betonoberfläche eine Ringnut mit  $\varnothing$  50 mm ca. 8 mm tief eingebohrt und gesäubert, an den Bohrkernproben BK 1 bis 6.

Anschließend wurden Stahlstempel  $\varnothing$  50 mm mit einem Kleber auf PMMA-Basis aufgeklebt und mit einem geeichten Haftzuggerät der Fa. Freundl, Typ Easy M, mit einer konstanten Laststeigerungsgeschwindigkeit von 100 N/sek bis zum Bruch abgezogen.

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 4.5.1 und 4.5.2 dokumentiert.

*Tabelle 4.5.1: Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit am Bohrkern, am Beton*

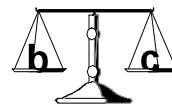
Bezeichnung	Schleiftiefe [mm]	Oberflächenzugfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Versagensart <sup>1)</sup> in %		Ausbruchkegel [mm]
			Kohäsionsversagen A	Adhäsionsversagen A/Y	
OFZ BK 1	am Beton 2 – 3 mm abgeschliffen	<b>3,23</b>	100	0	8
OFZ BK 2		<b>3,12</b>	100	0	8
OFZ BK 3		<b>2,97</b>	100	0	8
OFZ BK 4		<b>2,45</b>	100	0	8
OFZ BK 5		<b>1,75</b>	100	0	8
OFZ BK 6		<b>2,32</b>	90	10	8

1) A = Beton, Y = Kleberschicht

*Tabelle 4.5.2: Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit am Bohrkern, am Estrich*

Bezeichnung	Schleiftiefe [mm]	Oberflächenzugfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Versagensart <sup>1)</sup> in %		Ausbruchkegel [mm]
			Kohäsionsversagen A	Adhäsionsversagen A/Y	
OFZ BK 4	am Estrich	<b>1,91</b>	100	0	8
OFZ BK 5	2 – 3 mm	<b>1,84</b>	100	0	-
OFZ BK 6	abgeschliffen	<b>1,98</b>	100	0	8

1) A = Estrich, Y = Kleberschicht



## 5 BEWERTUNG DER PRÜFERGEBNISSE UND EMPFEHLUNG FÜR DIE WEITERE VORGEHENSWEISE

### Augenscheinliche Schadensaufnahme:

Im Gesamten ist das Bauwerk in einem Zustand, bei dem eine Instandsetzung erforderlich ist. Es konnten im Zuge der augenscheinlichen Schadensaufnahme folgende Schädigungen ausgemacht werden:

- großflächige Wandabschnitte mit freiliegender und korrodierter Bewehrung infolge einer unzureichenden Betondeckung. Dieser Sachverhalt trifft auch für die Stützen und für den mittig verlaufenden Unterzug zu
- korrodierte Bewehrungsabschnitte entlang der Deckenunterseite
- Kiesnester infolge einer unzureichenden Verdichtungsleistung
- geschädigte Rohrdurchführungen innerhalb der Wandflächen
- abgeschnittene und abgebrochene Steigseisen in den Einstiegsöffnungen

Die mechanischen Eigenschaften des Kernbetons erfüllen die Kriterien einer Betondruckfestigkeitsklasse von mind. C 30/37 und die nachgewiesenen Haftzugwerte der Betonrandzone (im Mittel  $> 1,5 \text{ N/mm}^2$ ) erfüllen zielsicher die Kriterien, die an einen tragfähigen Untergrund gestellt werden.

### Prüfung der Karbonatisierungstiefe / Prüfung der Betondeckung / Betonabplatzungen / freiliegende Bewehrungsseisen:

Die vorgefundenen Werte der Karbonatisierungstiefen sind in Bezug auf Korrosion in Zusammenhang mit dem Maß der Betondeckung zu beurteilen.

Folgende Faktoren wurden im Zuge der Bausubstanzprüfung in den Beobachtungen vor Ort vorgefunden:

▪ Gemessene Karbonatisierungstiefe:	Wandfläche	1 - 2 mm
	Deckenunterseite	8 – 10 mm
	Stützen	20 – 23 mm



▪ Betondeckung:

Gemäß den Technischen Regelwerken für das Maß der Betondeckung sind Mindestbetondeckungen für Wasserbauwerke festgelegt.

Diese Mindestbetondeckungen ( $c_{\min} = 40 \text{ mm}$  Nach ZTV-W LB 219 Absatz 1.3.2 (/L2/)) wird nicht zielsicher eingehalten und wird weitgehend unterschritten. In weiten Teilen liegt die Bewehrung infolge einer unzureichenden Betondeckung frei.

Gehalt an schädigenden Salzen (Sulfat-, Nitrat- und Ammoniumsalze) im Festbeton:


Die Sulfatgehalte sind bei den Proben als kritisch anzusehenden. Der Grenzwert von 1,0 M.-% wurde überschritten. Allerdings empfiehlt der Unterzeichner eine ergänzende Untersuchung in einer tieferen Betonlage, um die Aussage der Überschreitung des Grenzwertes von 1,0 M.-% zu verifizieren. Denn es besteht die Möglichkeit, dass der hohe Sulfatgehalt aus dem verwendeten Zement resultiert. Sollte in der tieferen Lage ebenfalls ein erhöhter Wert nachgewiesen werden, so resultieren die Sulfate aus dem Zement und nicht aus dem Abwasser.

Die Messergebnisse der Nitratgehalte sowie der Ammoniumgehalte sind teilweise als erhöht zu bewerten.

Krefeld, den 28. Februar 2025

  
Dipl.-Ing. Jochen Röttgen



  
Dr.-Ing. Biyun Wang

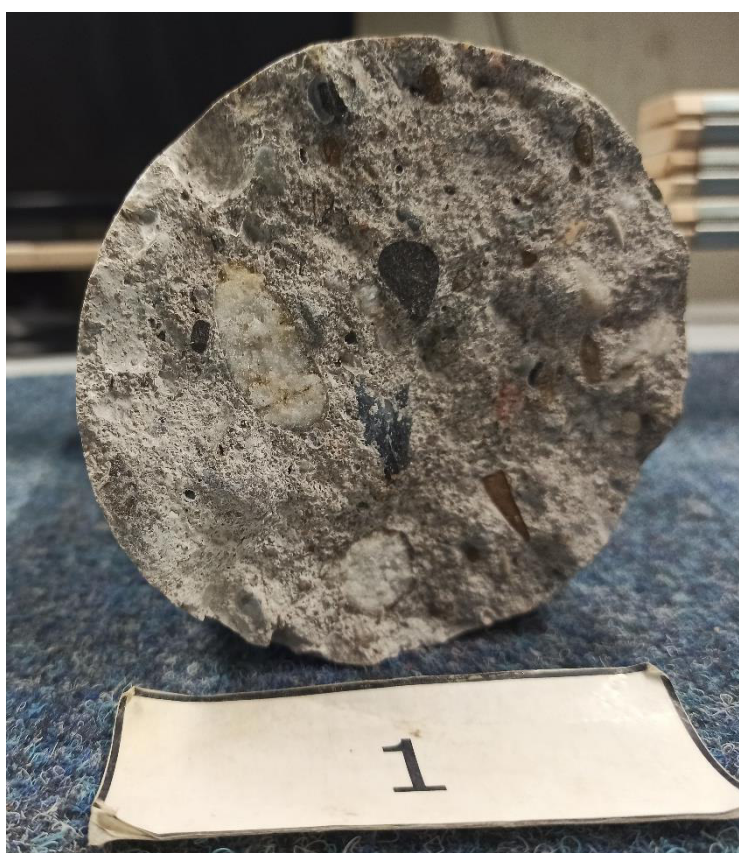


## ANLAGE 1 BOHRKERNBESCHREIBUNG

Probe Nr.:	BK 1, Außenwand		
Abmessungen:	Ø [mm]: 100	h(max) [mm]: 170	h(min) [mm]: 150
Gesteinskörnung:	Größtkorn [mm]: 32	Art: Rundkorn, Quarzitisch	
	Gefüge: dichtes Korngefüge		
Zementstein:	Farbe: hell		Gefüge: dicht
Gesamtgefüge:	homogen		
Risse:	Rissbreite [mm]: --	Risstiefe [mm]: --	
Sonstiges:	--		
Schichtenaufbau:	1	Beton	Dicke [mm]: 170
Bewehrung im Beton obere Lage:	Stabstahl	1 x ø 8 mm	Deckung: 14 mm
	Stabstahl	1 x ø 8 mm	Deckung: 28 mm
Korrosionsgrad der Bewehrung:	KG 0 = blank bzw. Einbauzustand		
Bruchbild:	unauffällig, 80 % in den Körnern und 20 % um Körner herum		

### Bilder:



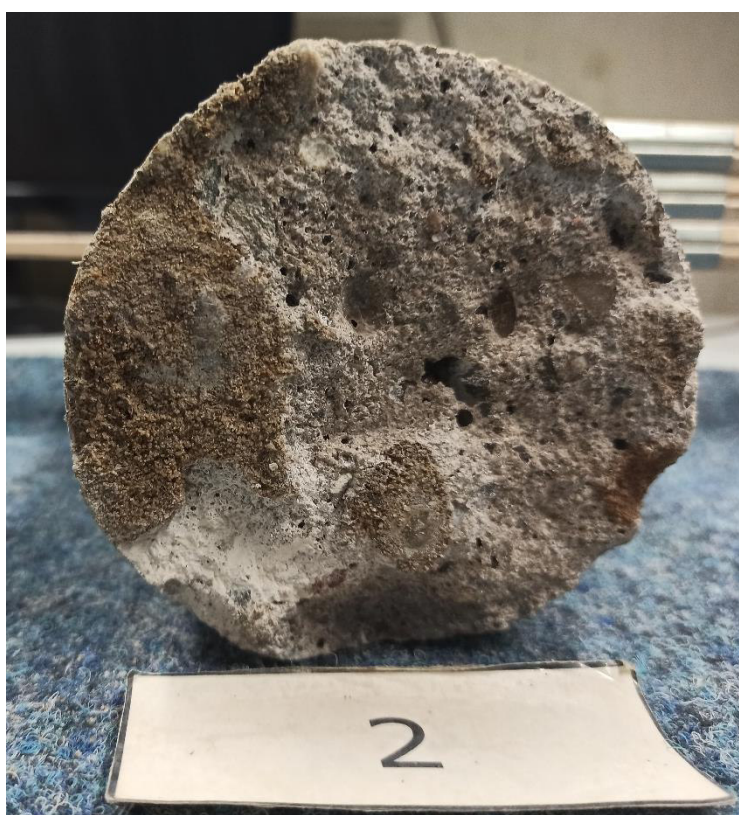
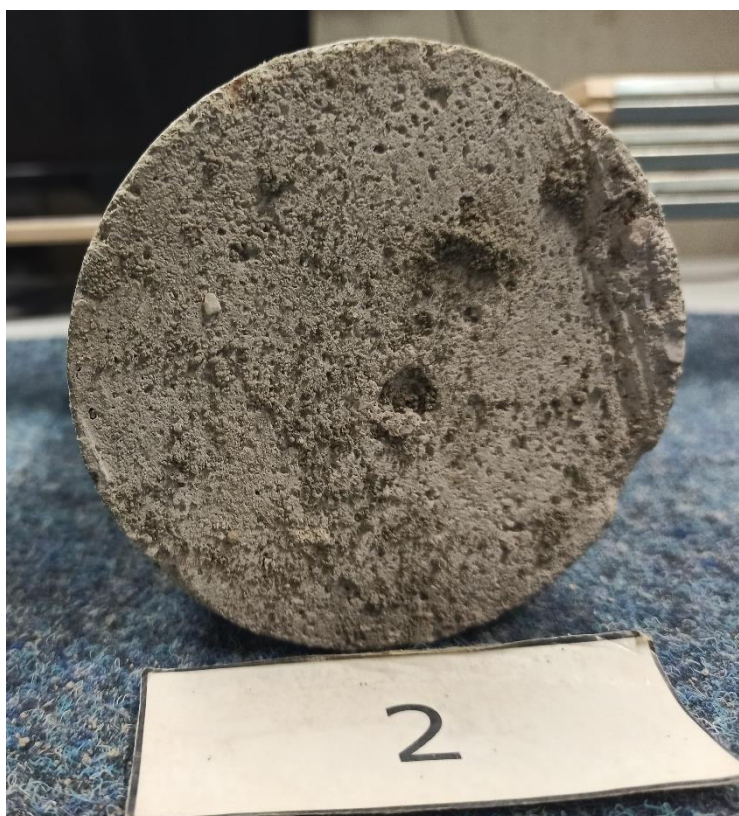


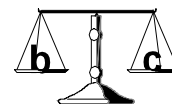


Probe Nr.:	BK 2, Außenwand		
Abmessungen:	Ø [mm]: 100	h(max) [mm]: 180	h(min) [mm]: 160
Gesteinskörnung:	Größtkorn [mm]: 16	Art: Rundkorn, Quarzitisch	
	Gefüge: dichtes Korngefüge		
Zementstein:	Farbe: hell		Gefüge: dicht
Gesamtgefüge:	homogen		
Risse:	Rissbreite [mm]: --	Risstiefe [mm]: --	
Sonstiges:	--		
Schichtenaufbau:	1	Beton	Dicke [mm]: 180
Bewehrung im Beton obere Lage:	Stabstahl	2 x ø 4 mm (parallel)	Deckung: 25 mm
Korrosionsgrad der Bewehrung:	KG 0 = blank bzw. Einbauzustand		
Bruchbild:	unauffällig, 20 % in den Körnern und 80 % um Körner herum		

**Bilder:**



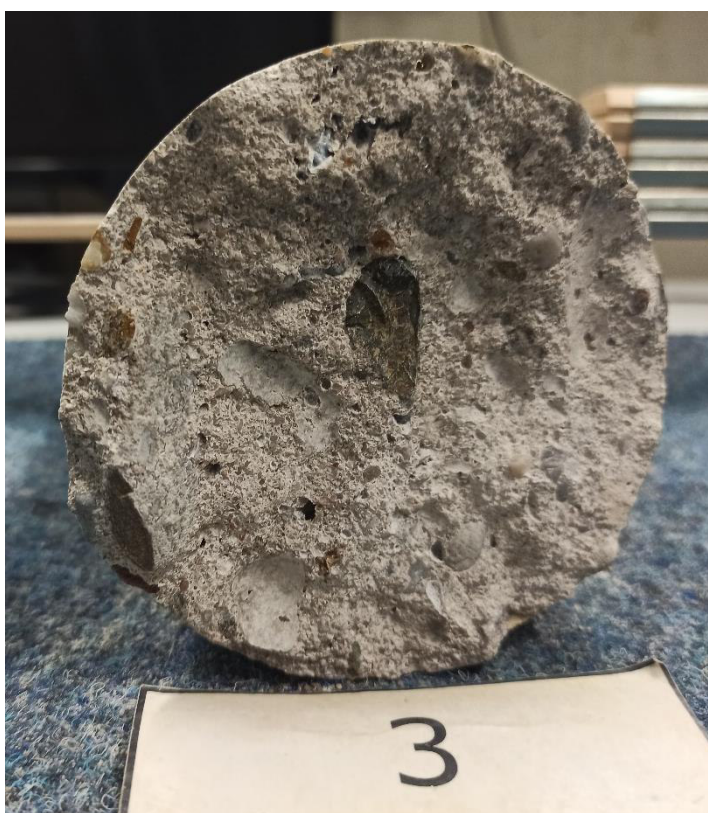




Probe Nr.:	BK 3, Außenwand		
Abmessungen:	Ø [mm]: 100	h(max) [mm]: 180	h(min) [mm]: 165
Gesteinskörnung:	Größtkorn [mm]: 32	Art: Rundkorn, Quarzitisch	
	Gefüge: dichtes Korngefüge		
Zementstein:	Farbe: hell		Gefüge: dicht
Gesamtgefüge:	homogen		
Risse:	Rissbreite [mm]: --	Risstiefe [mm]: --	
Sonstiges:	--		
Schichtenaufbau:	1	Beton	Dicke [mm]: 180
Bewehrung im Beton obere Lage:	Stabstahl	1 x ø 8 mm	Deckung: 20 mm
Korrosionsgrad der Bewehrung:	KG 0 = blank bzw. Einbauzustand		
Bruchbild:	unauffällig, 30 % in den Körnern und 70 % um Körner herum		

**Bilder:**



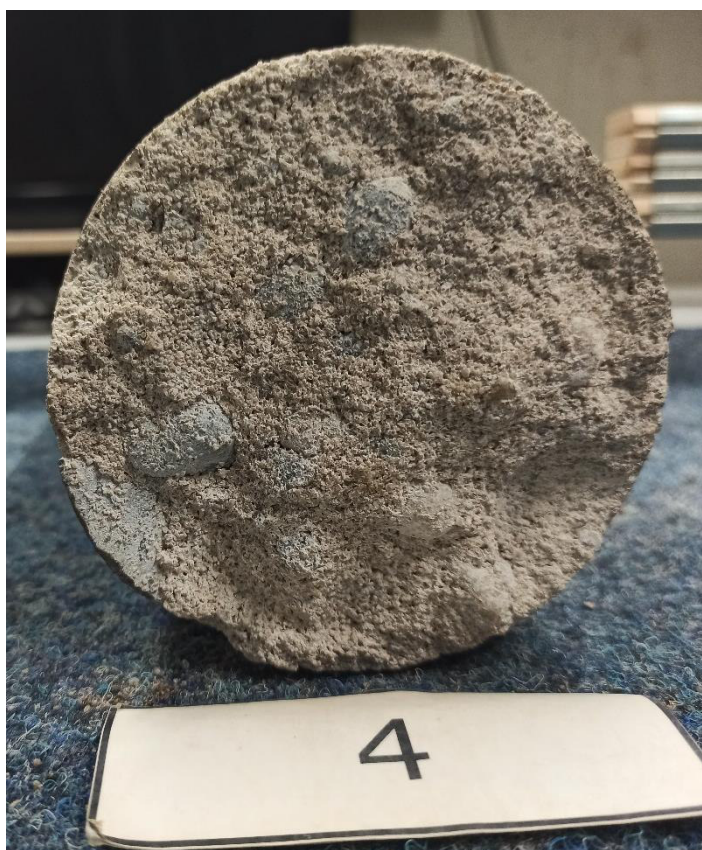


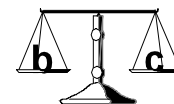


Probe Nr.:	BK 4, Bodenplatte		
Abmessungen:	Ø [mm]: 100	h(max) [mm]: 230	h(min) [mm]: 222
Gesteinskörnung:	Größtkorn [mm]: 16	Art: Rundkorn, Quarzitisch	
	Gefüge: dichtes Korngefüge		
Zementstein:	Farbe: hell		Gefüge: dicht
Gesamtgefüge:	homogen		
Risse:	Rissbreite [mm]: --	Risstiefe [mm]: --	
Sonstiges:	--		
Schichtenaufbau:	1	Estrich	Dicke [mm]: 30
	2	Beton	Dicke [mm]: 200
Bewehrung im Beton obere Lage:	Matte	1 x ø 8 mm + 1 x ø 6 mm	Deckung: 80 mm
	Matte	1 x ø 8 mm + 1 x ø 6 mm	Deckung: 110 mm
untere Lage	Stabstahl	1 x ø 8 mm	Deckung: 170 mm
Korrosionsgrad der Bewehrung:	KG 0 = blank bzw. Einbauzustand		
Bruchbild:	unauffällig, 100 % um Körner herum		

**Bilder:**

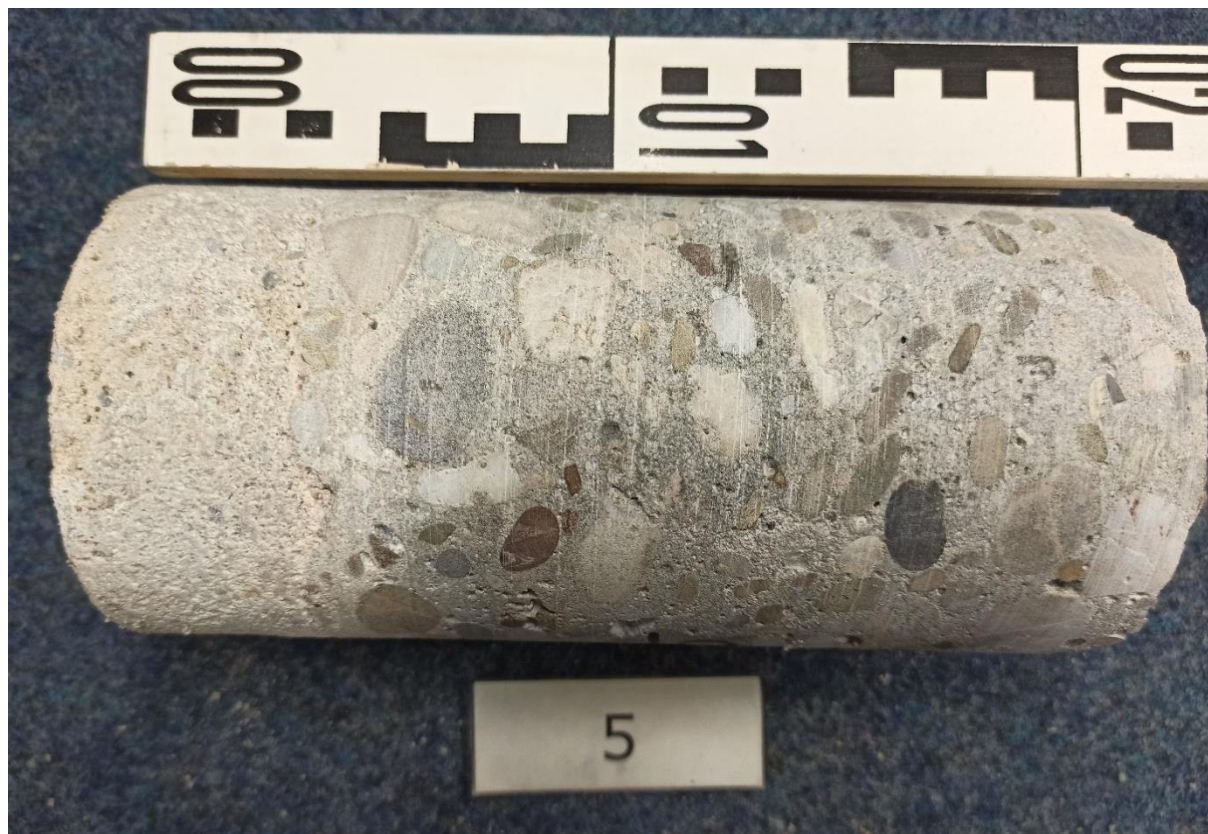


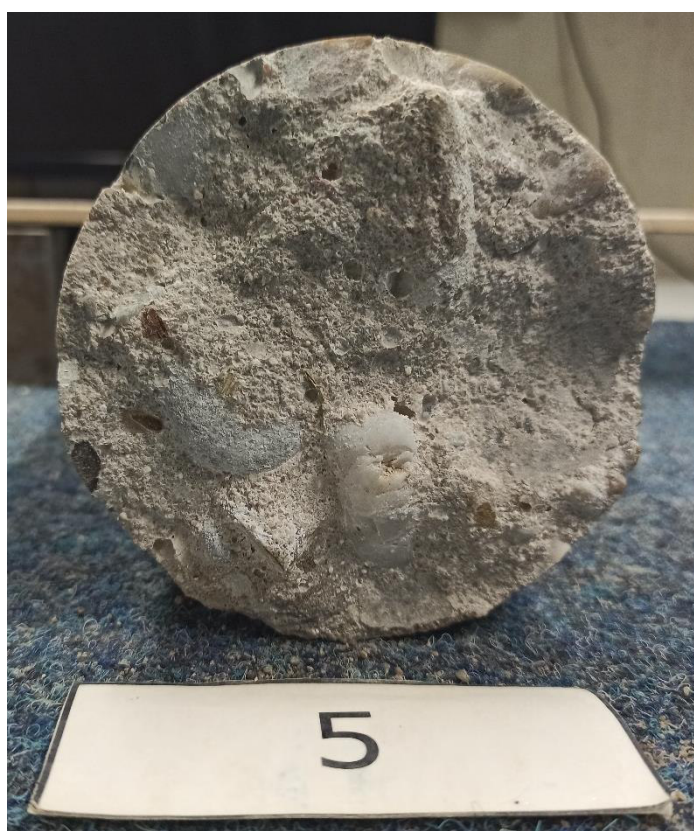




Probe Nr.:	BK 5, Bodenplatte		
Abmessungen:	Ø [mm]: 100	h(max) [mm]: 210	h(min) [mm]: 190
Gesteinskörnung:	Größtkorn [mm]: 32	Art: Rundkorn, Quarzitisch	
	Gefüge: dichtes Korngefüge		
Zementstein:	Farbe: hell		Gefüge: dicht
Gesamtgefüge:	homogen		
Risse:	Rissbreite [mm]: --	Risstiefe [mm]: --	
Sonstiges:	--		
Schichtenaufbau:	1	Estrich	Dicke [mm]: 40
	2	Beton	Dicke [mm]: 170
Bewehrung im Beton obere Lage:	Stabstahl	1 x ø 4 mm	Deckung: 45 mm
Korrosionsgrad der Bewehrung:	KG 0 = blank bzw. Einbauzustand		
Bruchbild:	unauffällig, 100 % um Körner herum		

**Bilder:**

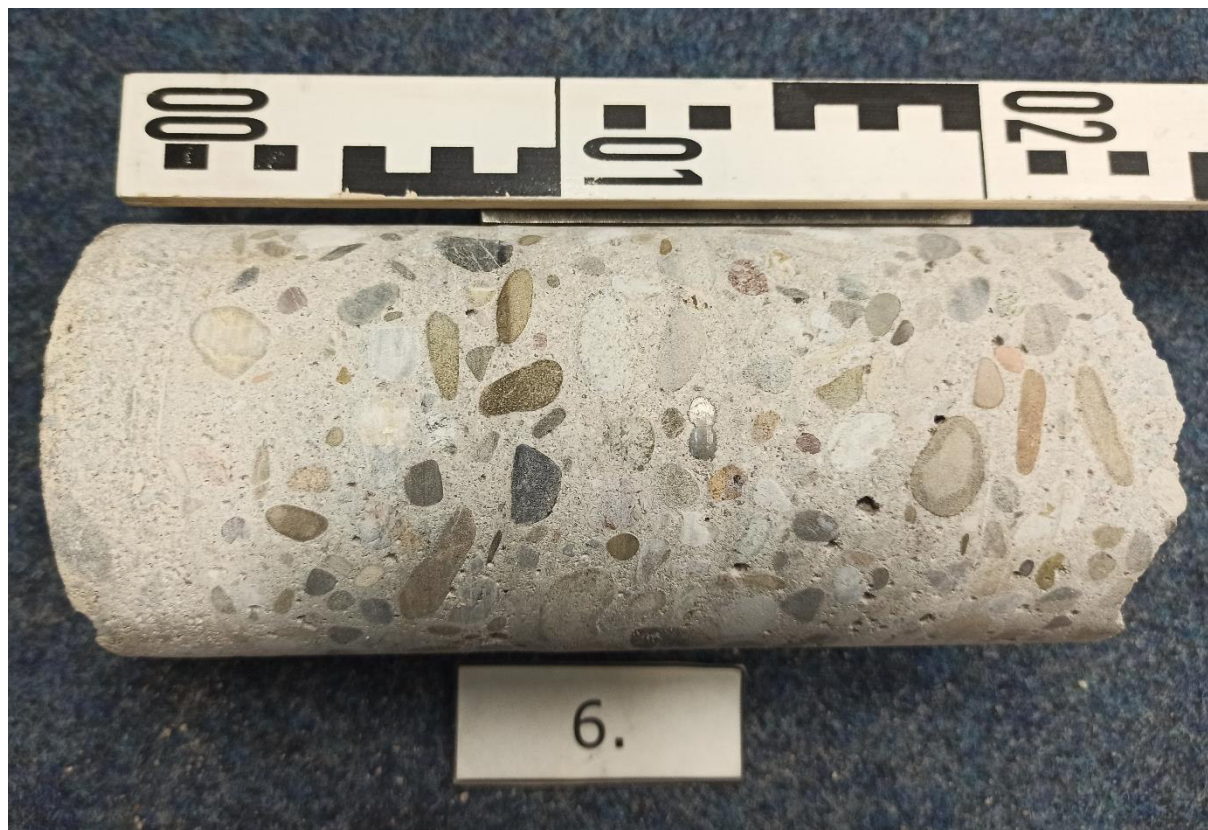


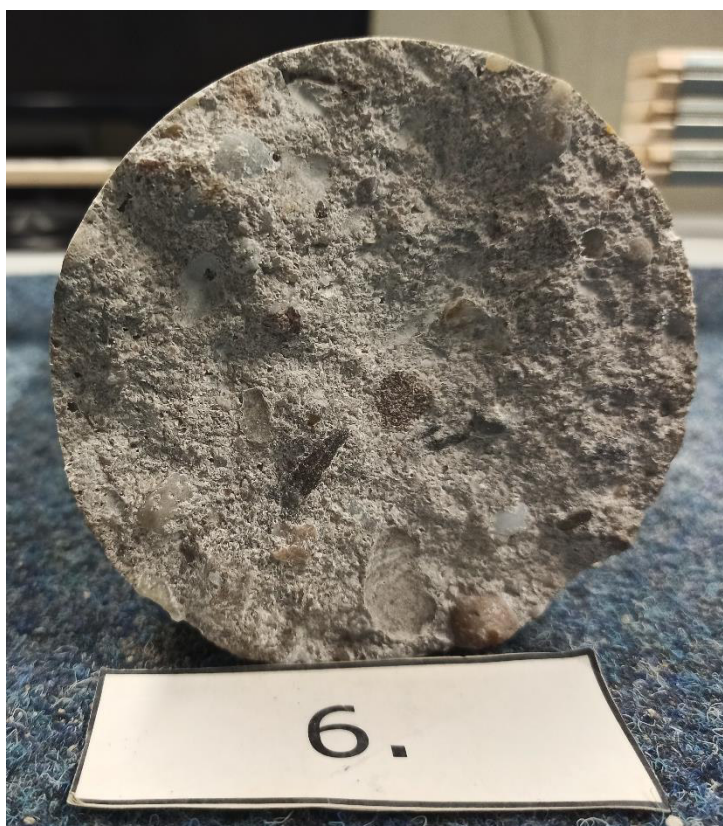
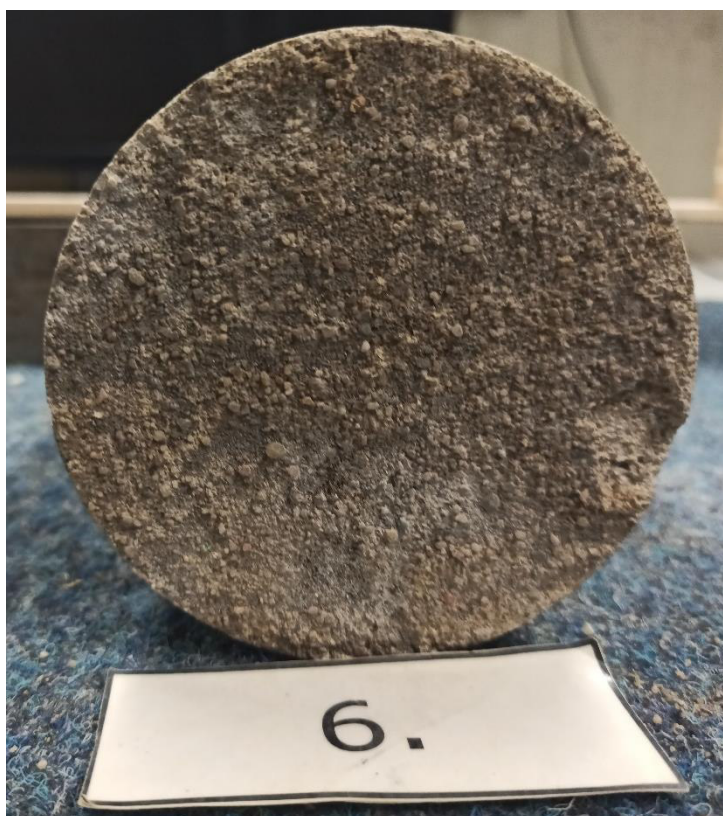


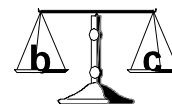


Probe Nr.:	BK 6, Bodenplatte		
Abmessungen:	Ø [mm]: 100	h(max) [mm]: 225	h(min) [mm]: 215
Gesteinskörnung:	Größtkorn [mm]: 16	Art: Rundkorn, Quarzitisch	
	Gefüge: dichtes Korngefüge		
Zementstein:	Farbe: hell		Gefüge: dicht
Gesamtgefüge:	homogen		
Risse:	Rissbreite [mm]: --	Risstiefe [mm]: --	
Sonstiges:	--		
Schichtenaufbau:	1	Estrich	Dicke [mm]: 25
	2	Beton	Dicke [mm]: 200
Bewehrung im Beton obere Lage:	Stabstahl	2 x ø 4 mm (parallel)	Deckung: 90 mm
Korrosionsgrad der Bewehrung:	KG 0 = blank bzw. Einbauzustand		
Bruchbild:	unauffällig, 30 % in den Körnern und 70 % um Körner herum		

**Bilder:**







## ANLAGE 2 BEWEHRUNGSÜBERDECKUNG (GRAFIKEN)

