



Dr. Blasy – Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
Niederlassung München Ost
Rossinistraße 17
85598 Baldham

30.05.2014 al/as
P 2141/14

Kombibecken II der Kläranlage Am Wehr 8 in 85229 Markt Indersdorf



Kombibecken II

G U T A C H T E N

P 2141/14

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Vorgang	3
2 Ortstermine	3
3 Unterlagen	4
4 Objektbeschreibung	4
5 Prüfungsdurchführung	8
5.1 Optische Untersuchung	8
5.2 Messung der Betondeckung	9
5.3 Bestimmung des Gesamtchloridgehaltes	10
5.4 Bestimmung des Sulfatgehaltes	11
5.5 Bestimmung der Karbonatisierungstiefe	12
5.6 Orientierende Bestimmung der Betonqualität mit dem Rückprallhammer	12
6 Ergebnisse	13
6.1 Belebungsbecken (BB)	13
6.2 Nachklärbecken (NKB)	19
6.3 Undichtigkeit bei Trennwand	29
7 Beurteilung / Empfehlungen für das Kombibecken II	30
8 Instandsetzungs- und Schutzkonzept, Kostenschätzung	33
9 Zusammenfassung	35

Anlagen:

Bilddokumentation Königsstuhlkonstruktion NKB	2 Seiten K-NKB
Bilddokumentation Wand NKB	1 Seite W-NKB
Bilddokumentation Boden NKB	2 Seiten B-NKB
Bilddokumentation Wände BB	2 Seiten W-BB
Bilddokumentation Boden	2 Seiten B-BB
Anlage 1 Pläne mit den Betondeckungsmesslinien	3 Pläne DIN A3
Ausdrucke der zugehörigen Messlinien	Messlinien auf 89 Seiten
Anlage 2 Plan mit der Lage der Prüfstellen (Bestimmung des Gesamtchlorid-, Sulfatgehaltes und der Karbonatisierungstiefe)	2 Pläne DIN A3
Untersuchungsbericht der TU München	1 Seite
Untersuchungsbericht der b.ing GmbH	1 Seite
Anlage 3 Plan mit der Lage der Prüfstellen (Untersuchung der Betonqualität mit dem Rückprallhammer)	1 Plan DIN A3

1 Vorgang

Ich wurde von der Dr. Blasy – Dr. Øverland Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, vertreten durch Herrn Windeck, beauftragt, Bauteile des Kombibeckens II der Kläranlage Am Wehr 8 in 85229 Markt Indersdorf zu begutachten.

Es wurden auftragsgemäß die Wände und Böden des Beckens sowie die Stützen des Königsstuhls im Bereich oberhalb der Bodenplatte untersucht. Am 26.05.2014 wurde der Auftrag um die Untersuchung des Wandkopfs der Trennwand zwischen dem Nachklärbecken und dem Belebungsbecken erweitert.

Die sichtbaren Bauteile des Beckens werden hinsichtlich Standsicherheit und Dauerhaftigkeit beurteilt. Es wird ein Instandsetzungs- und Schutzkonzept mit einer ersten groben Kostenschätzung erstellt.

Der Königsstuhl besteht aus sechs im Schlammtrichter verankerten Stützen und einem darauf stehendem Stahlbeton-Zylinder. Nach Angabe des Auftraggebers soll im kommenden Herbst der obere Teil des Königsstuhls entfernt und durch eine neue Konstruktion ersetzt werden. Der Schlammtrichter und der Königsstuhl sind daher – mit Ausnahme der Stützen – nicht Gegenstand des Auftrags.

Stahlbauteile (Krälwerk, Schieber, Flutungsventile, Bodenablauf) und Rohrleitungen sind nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

2 Ortstermine

Am 30.04.2014 fand die erste Ortsbegehung statt. Bei diesem Termin nahmen teil:

- Herr Windeck Dr. Blasy – Dr. Øverland Beratende Ingenieure KG
- Herr Hauptmann Kläranlagenmeister
- Frau Dipl.-Ing.Univ. Staniszewski Dr. Linse Ingenieure GmbH
- Herrn Kadoch Dr. Linse Ingenieure GmbH

Es wurden die bautechnischen Untersuchungen im Becken durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen war das Kombibecken II entleert (hierfür wurde das Grundwasser abgesenkt) und ausgespült. Im Schlammtrichter war Klärschlamm und im Bereich des Belebungsbeckens waren stellenweise Pfützen vorhanden.

Am 26.05.2014 führten Herr Albrecht, Herr Gilch und Frau Dipl.-Ing. Univ. Staniszewski ein weiteren Ortstermin durch. Bei diesem Termin wurden die ergänzenden Untersuchungen im

Bereich der Wandkrone des Nachklärbeckens durchgeführt. Während dieser Untersuchung war das Kombibecken II im Betrieb.

Alle Bilder stammen von diesen Ortsterminen. In Anlage 1 ist eine Bilddokumentation enthalten.

3 Unterlagen

Von Herrn Hartmann wurde ein Übersichtsplan der Kläranlage (vgl. Abbildung 1) zur Verfügung gestellt.

Es lag uns zudem ein Lageplan im Maßstab 1:100 (Ersteller: Dr. Blasy – Dr. Øverland Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Januar 2014, Planung BA 01) vor.

Statisch-konstruktive Unterlagen (z. B. Bewehrungspläne, Ausführungspläne usw.) liegen nicht vor.

4 Objektbeschreibung

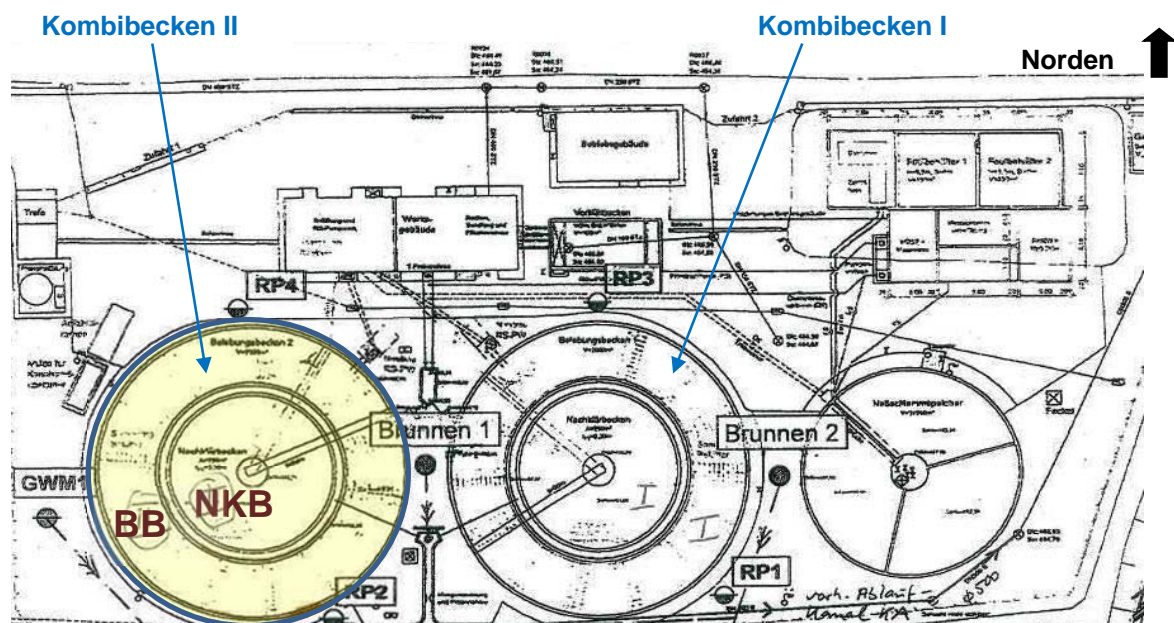


Abbildung 1: Übersicht der Kläranlage Am Wehr 8 in Markt Indersdorf; in Gelb ist das zu untersuchende Kombibecken II markiert

Das Kombibecken II der Kläranlage in Markt Indersdorf besteht aus zwei Kammern. Außen ist das Belebungsbecken (BB) und innen das Nachklärbecken (NKB) (siehe Abbildung 1).

Das Kombibecken II ist in Stahlbetonbauweise (eventuell vorgespannt) errichtet. Die Konstruktion ist aufgrund des hohen Grundwasserpegels wasserundurchlässig („Weiße Wanne“) ausgeführt.

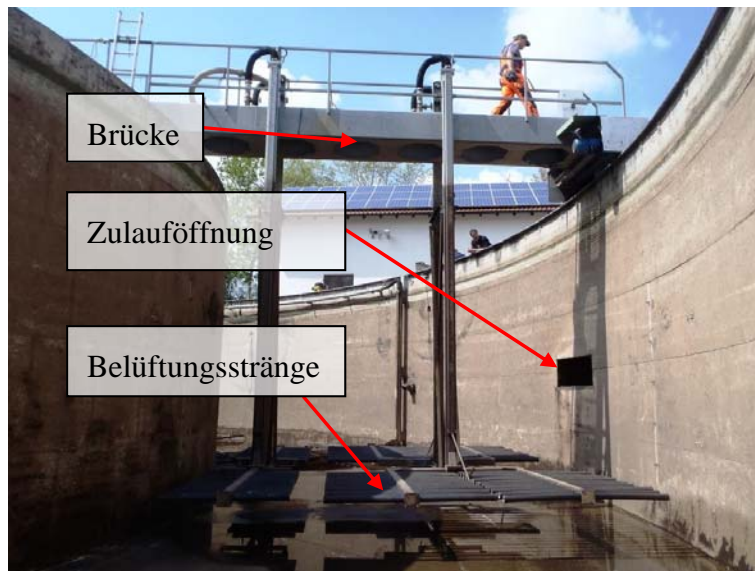


Abbildung 2: Innenansicht des Belebungsbeckens (BB)

Die Trennwand zwischen den Becken und die Außenwand des Belebungsbeckens sind ca. 35 cm dick und knapp 5,0 m hoch.

Alle Wände weisen eine Betonoberfläche auf, die bedingt durch die bei der Herstellung verwendeten Schalung optisch in Rechtecke der Größe von ca. 0,8 m x 1 m unterteilt ist.

Die Breite des außenliegenden Kreisrings des Belebungsbeckens beträgt ca. 5,90 m. Der Boden im Belebungsbecken ist eben und weist entlang der Wände stellenweise Reste einer Beschichtung auf. Umlaufend im Belebungsbecken sind im Boden Flutungsventile und im nord-westlichen Bereich ein Dükereinlauf vorhanden. Im südwestlichen Bereich des Belebungsbeckens sind in der Fuge zwischen der Trennwand und dem Boden stellenweise Injektionsschläuche sichtbar (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3: Injektionsschläuche in der Fuge zwischen Boden und der Innenwand des Belebungsbeckens (Trennwand zum Nachklärbecken)

Im nordöstlichen Bereich der Außenwand des Belebungsbeckens befindet sich ca. 1,5 m über dem Boden eine Zulauföffnung (1,5 m x 0,5 m). Die gemessene Tiefe der schräg zur Beckenwand angeordneten Zulauföffnung beträgt westlich ca. 1,15 m und östlich 2,0 m. Im Inneren des Schachtes sind seitlich Dichtungsfugen vorhanden. Nach oben ist der Schacht offen und mit einem Schutzgitter versehen. Unten im Schacht ist eine Aufbetonschicht in Höhe von ca. 3 cm vorhanden.

Am Kopfbereich der Außenwand des Belebungsbeckens befinden sich Stahlplatten auf welchem die äußere Brücke fährt. Der Stahlbeton konnte dort nicht untersucht werden.

Die Breite des Kreisrings des NKB ist ca. 7,00 m groß. Am Rand des Schlammtrichters sind sechs Stützen vorhanden (S1 bis S6). Diese haben einen Querschnitt von ca. 38 cm x 38 cm. Auf den Stützen befindet sich ein Zylinderbauwerk. Auf diesem ist die Räumerbrücke aufgelagert. Die Betonoberfläche der Stützen (S1 bis S6) weist keinen Farbanstrich oder Beschichtung auf. An der Trennwand ist auf Seite des Nachklärbeckens ein Schwimmschlammabzug montiert (siehe Abbildung 4 und 5).

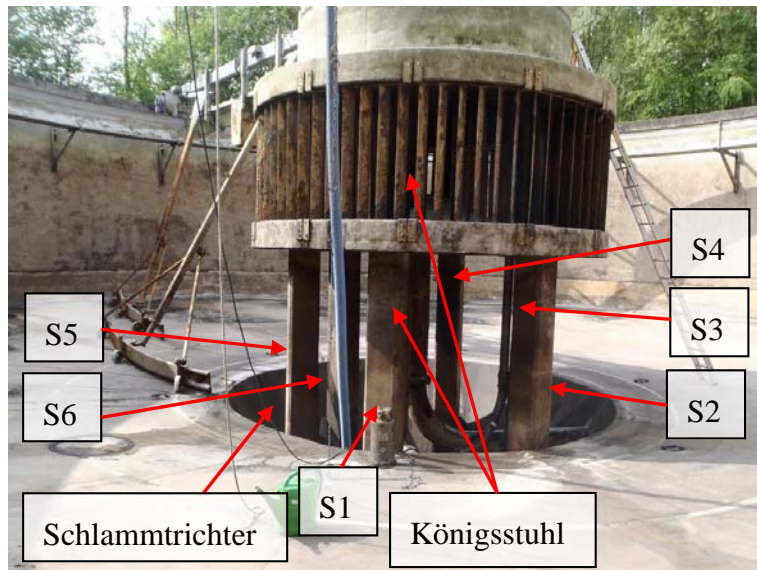


Abbildung 4: Innenansicht des Nachklärbeckens mit der Königsstuhlkonstruktion

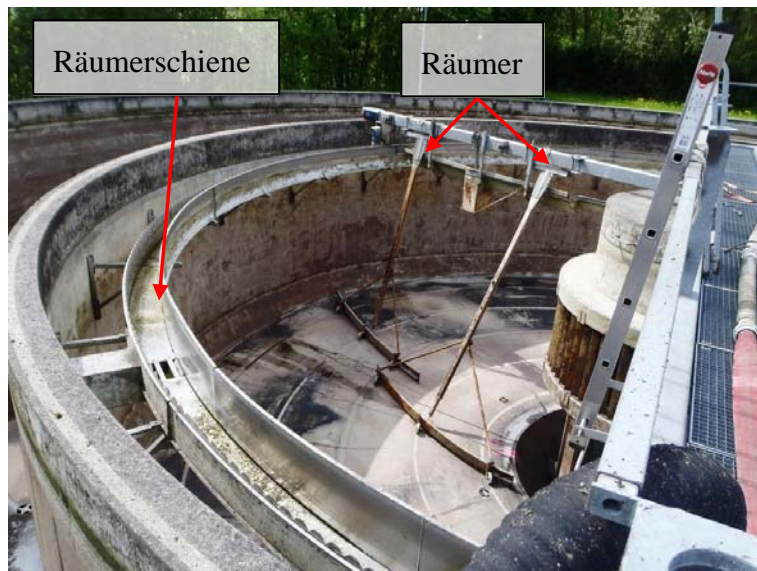


Abbildung 5: Innenansicht des Nachklärbeckens mit dem Räumern und seiner Laufschiene

Der Kopfbereich der Trennwand besitzt in einer Höhe von über 4 m zwei horizontale Arbeitsfugen mit einem Abstand von ca. 13 cm. Oberhalb der oberen Arbeitsfuge ist die Wand noch ca. 67 cm hoch. Beide oberen Segmente der Wand unterscheiden sich von dieser mit einer anderen Oberflächenoptik (siehe Abbildung 6).

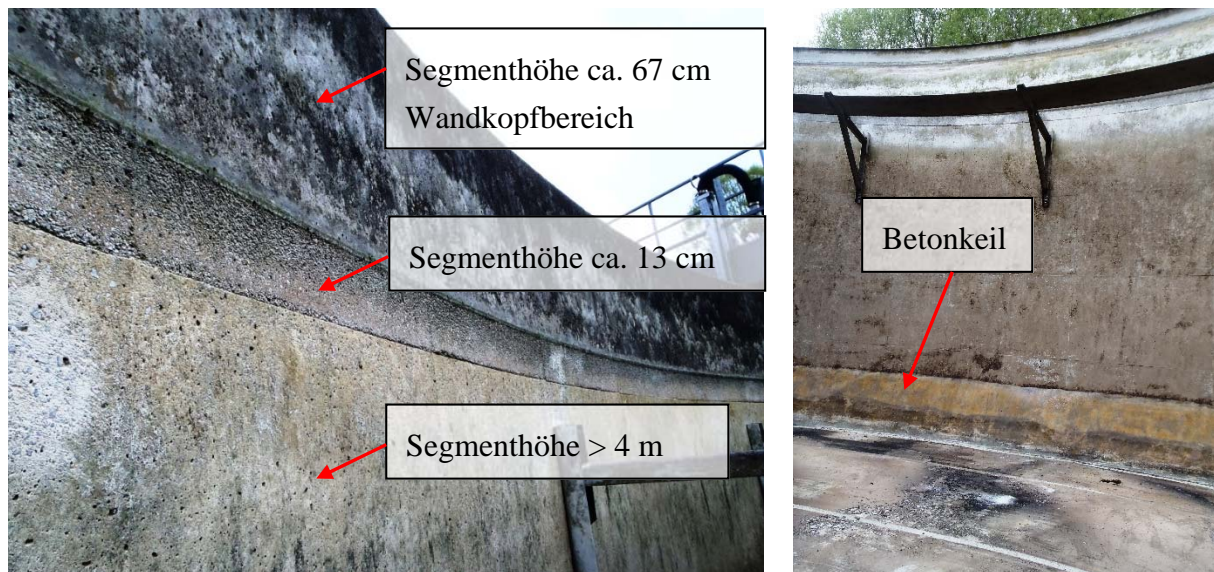


Abbildung 6: links: Kopfbereich der Wand im NKB, rechts: Betonkeil im Fußbereich der Wand

Der Boden des Nachklärbeckens weist ein durchschnittliches Gefälle von 8,7% auf. An der Oberfläche des Bodens sind stellenweise Reste einer grauen Beschichtung erkennbar. Im Randbereich des Schlammtrichters sind im Boden vor jeder Stütze (S1 bis S6) Flutungsventile angeordnet. Südlich der Brücke, ca. 0,5 m vom Rand des Schlammtrichters entfernt ist in der Bodenplatte ein Schachtdeckel vorhanden. Zwischen Bodenplatte und Trennwand ist umlaufend ein großer Betonkeil vorhanden.

5 Prüfungsdurchführung

Die Untersuchungen führten Mitarbeiter der Dr. Linse Ingenieure GmbH unter meiner Einweisung und Anleitung durch.

5.1 Optische Untersuchung

Im Bereich des Kombibeckens II (des Belebungs- und des Nachklärbeckens) der Kläranlage wurden die Stahlbetonbauteile, soweit zugänglich, hinsichtlich Auffälligkeiten und Schäden besehen. Die Innenfläche des Schlammtrichters wurde nur im oberen Bereich besehen. Insbesondere im Kopfbereich der Trennwand wurden Risse gesucht.

In Anlage 1 ist eine Bilddokumentation enthalten.

Die Bauteilflächen wurden zudem stichprobenartig mit dem Hammer auf Hohllagen abgeklopft.

5.2 Messung der Betondeckung

An den Stützen, Wänden und Boden des Kombibeckens II wurde die Betondeckung der Bewehrung aufgezeichnet. Die Lage der Bewehrung wurde mit dem Gerät Ferroskan PS 200 der Fa. Hilti gemessen. Dieses Gerät nutzt das sogenannte Wirbelstromverfahren mit Puls-Induktion zur zerstörungsfreien Ermittlung der Betondeckung. Es wurden sogenannte Linienscans aufgenommen. Dabei wird ein Messkopf mit Wegaufnehmer entlang einer gedachten Linie gefahren. Das Gerät misst die Betondeckungen der normal zur Messlinie im Beton eingelegten Betonstähle.

In allen untersuchten Bauteilen ist der Betonstahl kreuzweise verlegt. Es wurden daher Messlinien in zwei Richtungen aufgezeichnet. Jeweils eine der beiden Messlinien trifft somit die maßgebliche Bewehrung, die andere ist um den Durchmesser der oben liegenden Bewehrung zu günstig.

Die Messungen der Betondeckung im Bereich der Entnahme der Bohrmehlproben (Cl 1 bis Cl 12 und SO₄ 1 bis SO₄ 3) erfolgte stichpunktartig im Bereich der jeweiligen Prüfstelle. Dort wurden Einzelwerte der Betondeckung aufgezeichnet. Die Prüfergebnisse wurden statistisch ausgewertet. Dabei wurde der Mittel- und Minimalwert der Betondeckung dokumentiert.

Im Bereich der Stützen ist die Bügelbewehrung maßgebend. Diese werden durch die vertikalen Messlinien V1 bis V3 dargestellt. Die horizontal gemessenen Linienscans geben die Betondeckung der Längsbewehrung der Stützen wider. Die Messung erfolgte an allen Stützen (S1 bis S6) an der zugänglichen Vorderseite und den Seitenflächen in einer Bauteilhöhe von ca. $\pm 0,0$ bis ca. 1,0 m OKB NKB.

Am Boden des Belebungsbeckens konnten die Betondeckung lediglich in den trockenen Bereichen (Bereich A bis C) gemessen werden.

Im Bereich des Nachklärbeckens wurden radial- und tangential verlaufende Linienscans am Boden aufgezeichnet.

Im unteren Bereich der Trennwand von Seiten des Nachklärbeckens wurde die Betondeckung umlaufend horizontal und stichpunktartig vertikal oberhalb des Betonkeils bis zur Wandoberkante aufgezeichnet.

Im Bereich der Wandkrone der Trennwand wurden in fünf Bereichen horizontale Messlinien an den Seitenflächen und auf der Wandkrone (der Räumlerlaufbahn) aufgenommen. Diese Messlinien sind mindestens 1 m lang.

Die Lage der Betondeckungsmesslinien und die Ergebnisse der Messung sind in der Anlage 1 auf den Plänen und Ausdrucken der Messlinien dargestellt.

5.3 Bestimmung des Gesamtchloridgehaltes

Die Bestimmung des Gesamtchloridgehaltes in unterschiedlichen Tiefenstufen in Verbindung mit der Messung der Betondeckung lässt auf die Korrosionsgefährdung der Bewehrung (Betonstahl) schließen. Als ein bedenklicher Wert für die korrosionsauslösende Gesamtchloridmenge für Betonstahl ist in der DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie)“ (Ausgabe Oktober 2001) ein Gehalt von 0,5 % Gesamtchlorid bezogen auf Zement im Massenanteil (M.-%) angegeben. Dieser Wert ist kritisch zu betrachten, da auch bei geringer Gesamtchloridmenge, über dem Eigenchloridgehalt des Betons, Bewehrung korrodieren kann.

Zur Bestimmung des Gesamtchloridgehaltes wurden Bohrmehlproben aus den Stützen, Boden und Wänden in optisch schadhaften und auch optisch unauffälligen Stellen entnommen. Die Bohrmehlproben wurden in den Tiefenstufen 0 bis 2 cm, 2 bis 4 cm und 4 bis 6 cm bzw. im Bereich der Wandkrone zwischen 0 bis 3 cm und 3 bis 6 cm entnommen.

Das Labor des Centrums Baustoffe und Materialprüfung der Technischen Universität in München und die Firma b.ing GmbH werteten die Bohrmehlproben auf Gesamtchloridgehalt aus.

Die Umrechnung der Ergebnisse des Gesamtchloridgehaltes bezogen auf Beton im Massenanteil (M.-%) auf das Gesamtchloridgehalt bezogen auf Zement im Massenanteil (M.-%) erfolgt mit dem Faktor basierend auf eine angenommene Rohdichte des Betons von 2400 kg/m³ und einem angenommenen Zementgehalt von 330 kg/m³.

Die Lage der Bohrmehlentnahmestellen ist in der Anlage 2 auf dem Plan dargestellt. Die Ergebnisse der Gesamtchloridgehalte sind im Kapitel 6 und in der Anlage 2 tabellarisch im Bericht des Centrums Baustoffe und Materialprüfung der Technischen Universität in München und der Firma b.ing GmbH zusammengestellt.

5.4 Bestimmung des Sulfatgehaltes

Zur Bestimmung des Sulfatgehaltes im Beton wurden ebenfalls in verschiedenen Tiefen- und Höhenstufen Bohrmehlproben aus den zu untersuchenden Stahlbauteilen des Kombibeckens II entnommen. Das Labor des Centrums Baustoffe und Materialprüfung der Technischen Universität in München wertete die Bohrmehlproben auf Sulfatgehalt aus.

Der Sulfatgehalt in Bauteilen die permanent mit Klärwasser beaufschlagt werden und der Sulfatgehalt in Bauteilen die nicht direkt mit Klärwasser beaufschlagt werden wurde gemessen. Die Gegenüberstellung der Messergebnisse lässt auf einen externen Eintrag der Sulfate schließen.

Erhöhte Sulfatgehalte können sich mit Calcium- und Aluminiumverbindungen des Zementsteins zu Calciumaluminatsulfathydraten bzw. Gips umwandeln. Diese Verbindungen können zum Treiben des Betons führen.

Beton besitzt, analog den Chloriden, einen Eigen-Sulfatgehalt. Beton besteht aus Zement, Gesteinskörnung und Zugabewasser. Gemäß DIN 176 (Zement) beträgt der höchstzulässige Sulfatgehalt im Zement 0,6 (M.-%). Für einen Beton mit beispielsweise 330 kg/m³ Zement errechnet sich ein Sulfatgehalt im Beton zu etwa 4,4 (M.-%).

Zur Bestimmung des Eigensulfatgehaltes („Nullprobe“) wurde Bohrmehlprobe aus dem Wandkopf des Nachklärbeckens in der Höhe von ca. 4,0 m und einer Bauteiltiefe von 4 bis 6 cm entnommen. Dieser „Nullprobe“ werden im Zuge der Auswertung zwei andere Bohrmehlproben, entnommen im oberflächennahen Bereich des Bodens im Nachklärbecken und der Wand des Belebungsbeckens, gegenübergestellt. Die Differenz ergibt den mit dem Klärwasser in den Beton eingetragenen externen Sulfatanteil.

Die Lage der Bohrmehlentnahmestellen SO₄ 1 bis SO₄ 3 ist in der Anlage 2 auf dem Plan dargestellt. Die Ergebnisse der Sulfatgehalte sind im Kapitel 6 und in der Anlage 2 im Bericht des Centrums Baustoffe und Materialprüfung der Technischen Universität in München zusammengestellt.

5.5 Bestimmung der Karbonatisierungstiefe

Die Prüfung der Karbonatisierungstiefe erfolgte im Bereich der untersuchten Stahlbetonbauteile an den Bohrmehlentnahmestellen.

Auf die Bohrlochwandungen der untersuchten Bauteile wurde eine Phenolphthalein-Indikatorlösung gleichmäßig aufgesprüht. Der bereits karbonatisierte Bereich des Betons (mit einem $\text{pH} < 9$) der nicht genügend alkalisch und somit nicht genügend korrosionsschützend ist blieb unverfärbt. Der nicht karbonatisierte Bereich des Betons ($\text{pH} > 9$) war magenta verfärbt.

Die Lage der Prüfstellen ist in der Anlage 3 auf dem Plan dargestellt. Die ermittelten Karbonatisierungstiefen sind im Kapitel 6 aufgelistet.

5.6 Orientierende Bestimmung der Betonqualität mit dem Rückprallhammer

An einigen der untersuchten Stahlbetonbauteile (Stützen, Wände und Boden) wurden orientierend Rückprallwerte an der Bauteiloberfläche zerstörungsfrei mit dem Schmidt-Hammer geprüft. Die Prüfoberflächen wurden bestmöglich von Hand eben geschliffen. Je Prüfstelle wurden mindestens 10 Rückprallwerte mit Hilfe des Rückprallhammers ermittelt.

Die Prüfungsdurchführung erfolgte in Anlehnung an die DIN EN 12 504-2. Der Medianwert der Messreihe jeder der Prüffläche ergibt eine Rückprallzahl.

Aufgrund des fortgeschrittenen Bauwerksalters ist eine Zuordnung der Rückprallzahlen zu einer Druckfestigkeitsklasse gem. DIN EN 13791 nicht möglich. Mittels der Rückprallzahlen kann die Qualität des Betons und ihre eventuellen Schwankungen (Hinweis auf Entfestigung) abgeschätzt werden.

Die Lage der untersuchten Prüfstellen ist dem Plan in der Anlage 4 zu entnehmen

6 Ergebnisse

6.1 Belebungsbecken (BB)

Im Bereich der sichtbaren **Wände des Belebungsbeckens** wurden keine Betonabplatzungen bzw. signifikante Rissbildungen festgestellt.

Über die gesamte Höhe der Wände sind Auswaschungen des Zementsteins in der oberflächennahen Schicht vorhanden. Die Gesteinskörnung liegt ca. 1 bis 2 mm frei. Im Bereich der Wasserwechselzone, der Höhe des üblichen Klärwasserspiegels, ist keine veränderte Oberfläche vorhanden.

Im Bereich der Zulauföffnung ist zwischen dem Beton der Außenwand des Belebungsbeckens und der Aufbetonschicht ein horizontaler Riss vorhanden. Die Aufbetonschicht in dem Schacht liegt hohl.

Die Ergebnisse der Betondeckungsmessungen sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Die Richtungen der Messlinienverläufe wurden vereinfacht definiert. Die den angegebenen Minimalwerten zugehörigen Messlinien sind in der tabellarischen Darstellung fett markiert.

Lage der Prüfstelle	Betondeckung [mm]		Messlinie	Bemerkungen
	min	zugeh. mittel		
Innenwand, (Bereich A), Messung horizontal ca. 0,35 und 1,5 m OKB	26	57	545, 546	Auslösungen des Zementsteins an der Bauteiloberfläche vorhanden
Innenwand, (Bereich A), Messung vertikal (von unten nach oben)	36	40	548, 549, 550 , 551	
Innenwand, (Bereich B), Messung horizontal ca. 0,35 und 1,5 m OKB	43	53	573 , 574	
Innenwand, (Bereich C), Messung horizontal ca. 0,35 und 1,5 m OKB	21	57	577 , 579	
Innenwand, (Bereich C), Messung vertikal (von unten nach oben)	41	44	582, 583 , 584	

Tabelle 1: Betondeckung im Bereich der Innenwand (BB)

Lage der Prüfstelle	Betondeckung [mm]		Messlinie	Bemerkungen
	min	zugeh. mittel		
Außenwand, (Bereich A), Messung horizontal ca. 0,35 und 1,5 m OKB	48	73	553 , 554	Auslösungen des Zementsteins an der Bauteiloberfläche vorhanden
Außenwand, (Bereich A), Messung vertikal (von unten nach oben)	37	56	555, 556, 557 , 558	
Außenwand, (Bereich B), Messung horizontal ca. 0,35 und 1,5 m OKB	46	69	575 , 576	
Außenwand, (Bereich C), Messung horizontal ca. 0,35 und 1,5 m OKB	38	66	580 , 581	
Außenwand, (Bereich C), Messung vertikal (von unten nach oben)	16	39	586, 587 , 588	

Tabelle 2: Betondeckung im Bereich der Außenwand (BB)

Die im Bereich der Wände des Belebungsbeckens ermittelten Gesamtchloridgehalte und die Karbonatisierungstiefe sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Die Lage der Bohrmehlentnahmestellen (CI) und der Untersuchung der Karbonatisierungstiefe (TK) ist in der Anlage 2 im Plan eingezeichnet.

Probe Nr.	Lage der Prüfstelle (siehe in Anlage 1)	Gesamtchloridgehalt			Karbonati- sierungs- tiefe TK	Beton- deckung min / mittel	Bemerkungen
		Entnahme- tiefe	bez. auf das Betongewicht	berechnet auf einen angenommenen Zementgehalt von: 330 kg/m³			
		[mm]	[M.-%]	[M.-%]	[mm]	[mm]	
CI 8	Belebungsbecken: Innenwand ca. 7 m süd- östlich der Brücke, ca. 35 cm über OKB	0 - 20	0,02	0,15	1 - 2	32 / 43	Entfestigungen der oberflächennahen Zone, Ablösungen des Zementsteins bis in eine Tiefe von 1 - 3 mm, freiliegende Gesteinskörnung
		20 - 40	0,02	0,15			
		40 - 60	0,02	0,15			
CI 9	Belebungsbecken: Boden an der Innenwand, westlich der Brücke	0 - 20	0,02	0,15	0 - 1	38 / 50	Fehlende Beschichtung, unebene Betonoberfläche mit einem lokalen Tiefpunkt, im Bereich der Prüfstelle aus der Bodenplatte hervorstehende Fugendichtung sichtbar
		20 - 40	0,02	0,15			
		40 - 60	0,02	0,15			

Tabelle 3: Gesamtchloridgehalt und Karbonatisierungstiefe im Bereich der Innenwand (BB)

Probe Nr.	Lage der Prüfstelle (siehe in Anlage 1)	Gesamtchloridgehalt			Karbonatisierungstiefe TK [mm]	Betondeckung min / mittel [mm]	Bemerkungen
		Entnahmetiefe [mm]	bez. auf das Betongewicht [M.-%]	berechnet auf einen angenommenen Zementgehalt von: 330 kg/m³ [M.-%]			
Cl 11	Belebungsbecken: Außenwand (Innenseite), ca. 9 m nord-westlich der Brücke und ca. 1,80 m über OKB	0 - 20	0,03	0,22	2 - 3	40 / 50	keine optische Auffälligkeiten
		20 - 40	0,02	0,15			
		40 - 60	0,01	0,07			

Tabelle 4: Gesamtchloridgehalt und Karbonatisierungstiefe im Bereich der Außenwand (BB)

Der im Bereich der Innenwand des Belebungsbeckens ermittelte Sulfatgehalt ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Die Lage der Bohrmehlentnahmestellen (SO₄ 3) ist in der Anlage 2 im Plan eingezeichnet.

Probe Nr.	Lage der Prüfstelle	Sulfatgehalt			Bemerkungen
		Entnahmetiefe [mm]	bez. auf das Beton- gewicht [M.-%]	berechnet auf einen angenommenen Zementgehalt von: 330 kg/m³ [M.-%]	
SO ₄ 3	Belebungsbecken: Innenwand ca. 7 m südlich der Brücke, unten, ca. 15 cm über OKB	0 - 20	0,45	3,27	entfestigte Betonoberfläche, herauslöste oberflächennahe Schicht des Zementsteins, freiliegende Gesteinskörnung

Tabelle 5: Sulfatgehalt im Bereich der Innenwand (BB)

Die im Bereich der Wände des Belebungsbeckens ermittelten Rückprallzahlen sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Die Lage der untersuchten Prüfstellen ist in der Anlage 4 im Plan eingezeichnet.

Lage der Prüffläche		Innenwand gegenüber Prüfstelle RP 17, ca. 1,5 m OKB	Innenwand im Bereich Prüfstelle RP 20, ca. 1,5 m OKB	Innenwand, südlich der Brücke (im Bereich der Entnahme CI 8), ca. 1,0 m OKB			
Schlagrichtung		horizontal	horizontal	horizontal			
Prüfstellennummer		RP 18	RP 21	RP 23			
Prüfwerte Rückprallzahlen	1	43	40	35			
	2	42	39	40			
	3	43	42	33			
	4	39	44	38			
	5	38	44	36			
	6	40	44	38			
	7	42	42	36			
	8	41	41	34			
	9	40	42	33			
	10	42	43	36			
Rückprallzahl (Medianwert)		42	42	36			

Tabelle 6: Rückprallzahlen ermittelt im Bereich der Innenwand (BB)

Lage der Prüffläche		Außenwand an der Innenseite, (Bereich der Entnahme CI 12), ca. 1,0 m OKB	Außenwand gegenüber Prüfstelle RP 21, ca. 1,5 m OKB	Außenwand, südlich der Brücke, gegenüber Prüfstelle RP 23, ca. 1,5 m OKB			
Schlagrichtung		horizontal	horizontal	horizontal			
Prüfstellennummer		RP 17	RP 22	RP 25			
Prüfwerte Rückprallzahlen	1	43	41	40			
	2	40	39	40			
	3	40	40	38			
	4	42	40	39			
	5	43	43	38			
	6	40	38	40			
	7	41	38	37			
	8	39	36	40			
	9	40	40	40			
	10	40	39	39			
Rückprallzahl (Medianwert)		40	40	40			

Tabelle 7: Rückprallzahlen ermittelt im Bereich der Außenwand (BB)

Der **Boden des Belebungsbeckens** weist Reste einer Beschichtung auf.

Im Boden sind Kratzspuren und Abplatzungen vorhanden.

Aus dem Boden ragen oberflächennah, auf einer Länge von bis zu 0,5 m, zwei Betonstähle heraus, die noch beschichtet sind. Dort wo die Beschichtung geschädigt ist korrodiert der Stahl.

Die Ergebnisse der Betondeckungsmessungen am Boden sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Die Richtungen der Messlinienverläufe wurden vereinfacht definiert. Die den angegebenen Minimalwerten zugehörigen Messlinien sind in der tabellarischen Darstellung fett markiert.

Lage der Prüfstelle	Betondeckung [mm]		Messlinie	Bemerkungen
	min	zugeh. mittel		
Boden, Oberseite (Bereich A), Messung in Längsrichtung (von Norden nach Süden)	13	38	559, 560 , 561	im Bereich A der liegt an einer Stelle die Bewehrung direkt unterhalb der bereits zum Teil fehlenden Beschichtung), die stellenweise freiliegende Bewehrung ist korrodiert
Boden, Oberseite (Bereich A), Messung in Querrichtung (von Westen nach Osten)	17	41	562, 564	
Boden, Oberseite (Bereich B), Messung in Längsrichtung (von Osten nach Westen)	10	39	566, 567 , 568	im Bereich B fehlt die Beschichtung großflächig
Boden, Oberseite (Bereich B), Messung in Querrichtung (von Norden nach Süden)	25	46	569 , 570, 571	
Boden, Oberseite (Bereich C), Messung in Längsrichtung (von Süden nach Norden)	13	39	589 , 590, 591	im Bereich C fehlt sind zahlreiche Fehlstellen (Kratzspuren) in der Beschichtung vorhanden
Boden, Oberseite (Bereich C), Messung in Querrichtung (von Osten nach Westen)	30	49	592, 594 , 595, 596	

Tabelle 8: Betondeckung im Bodenbereich des Belebungsbeckens

Die im Bereich des Bodens des Belebungsbeckens ermittelten Gesamtchloridgehalte und die Karbonatisierungstiefe sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Die Lage der Bohrmehlentnahmestellen (Cl) und der Untersuchung der Karbonatisierungstiefe (TK) ist in der Anlage 2 im Plan eingezeichnet.

Probe Nr.	Lage der Prüfstelle (siehe in Anlage 1)	Gesamtchloridgehalt			Karbonatisierungstiefe TK [mm]	Betondeckung min / mittel [mm]	Bemerkungen
		Entnahmetiefe [mm]	bez. auf das Betongewicht [M.-%]	berechnet auf einen angenommenen Zementgehalt von: 330 kg/m³ [M.-%]			
Cl 7	Belebungsbecken: Boden in der Fuge zur Außenwand des BB, ca. 8 m süd-östlich der Brücke	0 - 20	0,03	0,22	0	28 / 39	Betonabplatzung bzw. Riss im Bereich der Fuge
		20 - 40	0,02	0,15			
		40 - 60	0,02	0,15			
Cl 9	Belebungsbecken: Boden an der Innenwand, westlich der Brücke	0 - 20	0,02	0,15	0 - 1	38 / 50	Fehlende Beschichtung, unebene Betonoberfläche mit einem lokalen Tiefpunkt, im Bereich der Prüfstelle aus der Bodenplatte hervorstehende Fugendichtung sichtbar
		20 - 40	0,02	0,15			
		40 - 60	0,02	0,15			
Cl 10	Belebungsbecken: Boden süd-westlich der Brücke und mittig zw. der Innen- und Außenwand	0 - 20	0,05	0,36	2 - 3	26 / 36	Fehlende Beschichtung, großflächiger Abrieb der oberflächennahen Schicht vorhanden
		20 - 40	0,02	0,15			
		40 - 60	0,02	0,15			
Cl 12	Belebungsbecken: Boden in der Fuge zur Außenwand des BB, ca. 9 m nord-westlich der Brücke	0 - 20	0,02	0,15	0	24 / 35	Betonabplatzung und Riss im Bereich der Fuge
		20 - 40	0,01	0,07			
		40 - 60	0,01	0,07			

Tabelle 9: Gesamtchloridgehalt, und Karbonatisierungstiefe im Bodenbereich des Belebungsbeckens

Die im Bereich des Bodens des Belebungsbeckens ermittelten Rückprallzahlen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Die Lage der untersuchten Prüfstellen ist in der Anlage 2 im Plan eingezeichnet.

Lage der Prüffläche		Boden mittig, südlich der Brücke (im Bereich der Entnahme Cl 8)	Boden vor der Innenwand (Bereich der Entnahme Cl 9)	Boden mittig, zwischen der Entnahmestelle Cl 9 und Cl 10	Boden mittig, zwischen der Entnahmestelle Cl 9 und Cl 10		
Schlagrichtung		vertikal	vertikal	vertikal	vertikal		
Prüfstellennummer		RP 24	RP 19	RP 20	RP 20		
Prüfwerte Rückprallzahlen	1	35	39	32	32		
	2	35	33	31	31		
	3	38	36	31	31		
	4	37	38	35	35		
	5	37	37	34	34		
	6	36	39	30	30		
	7	35	39	30	30		
	8	35	37	32	32		
	9	37	37	32	32		
	10	37	36	31	31		
Rückprallzahl (Medianwert)		37	37	32	32		

Tabelle 10: Rückprallzahlen im Bereich des Bodens (BB)

6.2 Nachklärbecken (NKB)

Die Oberfläche der **Stützen** ist bräunlich verfärbt und weist in den Kantenbereichen herstellungsbedingte Kiesnester bzw. Auswaschungen des Zementsteins und freiliegende Gesteinskörnung auf.

Am Schlammtrichter sind im einsehbaren Bereich bräunliche Verfärbungen, einzelne Kiesnester, Ausbrüche und Kratzspuren vorhanden.

Die Ergebnisse der Betondeckungsmessungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Die den angegebenen Minimalwerten zugehörigen Messlinien sind in der tabellarischen Darstellung fett markiert.

Lage der Prüfstelle	Betondeckung [mm]		Messlinie	Bemerkungen
	min	zugeh. mittel		
Stütze S1, Bügelbewehrung, Messrichtung von unten nach oben	12	27	V1, V2, V3	Kiesnester bzw. Auslösungen des Zementsteins und freiliegende Bewehrung im Eckbereich der Stützen
Stütze S1, Längsbewehrung, Messrichtung von links nach rechts	18	27	H1, H2, H3	
Stütze S2, Bügelbewehrung, Messrichtung von unten nach oben	24	26	V1, V2, V3	
Stütze S2, Längsbewehrung, Messrichtung von links nach rechts	31	39	H1, H2, H3	
Stütze S3, Bügelbewehrung, Messrichtung von unten nach oben	18	23	V1, V2, V3	
Stütze S3, Längsbewehrung, Messrichtung von links nach rechts	20	35	H1, H2, H3	
Stütze S4, Bügelbewehrung, Messrichtung von unten nach oben	18	34	V1, V2, V3	
Stütze S4, Längsbewehrung, Messrichtung von links nach rechts	19	-	H1, H2, H3	
Stütze S5, Bügelbewehrung, Messrichtung von unten nach oben	23	39	V1, V2, V3	
Stütze S5, Längsbewehrung, Messrichtung von links nach rechts	31	35	H1, H2, H3	
Stütze S6, Bügelbewehrung, Messrichtung von unten nach oben	17	38	V1, V2, V3	
Stütze S6, Längsbewehrung, Messrichtung von links nach rechts	15	35	H1, H2, H3	

Tabelle 11: Betondeckung im Bereich der Stützen (NKB)

Die stichpunktartig im Bereich der Stützen im Nachklärbecken ermittelten Gesamtchloridgehalte und die Karbonatisierungstiefe sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Die Lage der Bohrmehlentnahmestellen (CI) und der Untersuchung der Karbonatisierungstiefe (TK) ist in der Anlage 2 im Plan eingezeichnet.

Probe Nr.	Lage der Prüfstelle (siehe in Anlage 1)	Gesamtchlorigehalt			Karbonatisierungstiefe TK [mm]	Betondeckung min / mittel [mm]	Bemerkungen
		Entnahmetiefe [mm]	bez. auf das Betongewicht [M.-%]	berechnet auf einen angenommenen Zementgehalt von: 330 kg/m³ [M.-%]			
Cl 2	Nachklärbecken: Stütze S6, Seite vorne, ca. 20 cm OKB	0 - 20	0,02	0,15	4 - 5	18 ¹⁾ / 37	keine optische Auffälligkeiten ¹⁾ Betondeckung der Längsbewehrung
		20 - 40	0,02	0,15			
		40 - 60	0,02	0,15			
Cl 3	Nachklärbecken: Stütze S3, Seite vorne, ca. ± 0 cm OKB	0 - 20	0,03	0,22	3 - 4	40 / 51	zahlreiche kleine (ca. 2 mm) Luftporen an der Bauteiloberfläche; ²⁾ keine Bohrmehlentnahme in dieser Tiefenstufe
		20 - 40	0,02	0,15			
		40 - 60	0,02	0,15			

Tabelle 12: Gesamtchlorigehalt und Karbonatisierungstiefe im Bereich der Stützen (NKB)

Die im Bereich der Stützen und an der Wandung des Schlammtrichters im Nachklärbecken ermittelten Rückprallzahlen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Die Lage der untersuchten Prüfstellen ist in der Anlage 2 im Plan eingezeichnet.

Lage der Prüffläche		Stütze S3 Vorderseite, ca. ± 0,0 m OKB	Stütze S4 Vorderseite, ca. ± 0,5 m OKB	Stütze S6 Vorderseite, ca. ± 0,5 m OKB	Seitenwand Schlamm- trichter, südlich Stütze S1, ca. 0,15 m OKB		
Schlagrichtung		horizontal	horizontal	horizontal	horizontal		
Prüfstellennummer		RP 1	RP 2	RP 3	RP 4		
Prüfwerte Rückprallzahlen	1	42	38	32	35		
	2	48	40	30	33		
	3	47	42	35	36		
	4	42	38	38	38		
	5	41	37	33	31		
	6	41	36	33	32		
	7	42	42	33	30		
	8	42	36	33	36		
	9	44	36	35	30		
	10	41	35	40	30		
Rückprallzahl (Medianwert)		42	38	33	33		

Tabelle 13: Rückprallzahlen im Bereich der Stützen und Wandung des Schlammtrichters (NKB)

Die Oberfläche der **Trennwand** im Bereich im Nachklärbecken weist über ihre gesamte Höhe Verfärbungen auf. Im Bereich der Wasserwechselzone sind diese grünlich. Über die gesamte Höhe der Wand sind Auswaschungen des Zementsteins in der oberflächennahen Schicht (ca. 1 bis 3 mm, vereinzelt auch 5 mm) und freigelegte Gesteinskörnung vorhanden.

Im Sockelbereich der Wand ist umlaufend ein Betonkeil bis in eine Höhe von ca. 0,65 m vorhanden. Entlang der Fuge zwischen dem Betonkeil und der Außenwand des Nachklärbeckens ist ein Riss vorhanden. Im Lot zwischen der Stütze S3 und S4 ist ein vertikaler Riss (vermutlich

eine Arbeitsfuge) über die gesamte Höhe des Betonkeils vorhanden.

Im Bereich der Wandkrone sind über die gesamte Wandbreite radiale Haarrisse mit Breiten von ca. 0,1 mm vorhanden. Stellenweise wurden Risse in einem Abstand von ca. 15 cm festgestellt. Die Betonoberfläche ist abgewittert. Im Bereich der Räumeralufbahn sind Abriebspuren am Wandkopf vorhanden. Die Spur verläuft stellenweise nicht zentrisch auf dem Wandkopf, sondern deutlich versetzt.

Die Ergebnisse der Betondeckungsmessungen sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Die den angegebenen Minimalwerten zugehörigen Messlinien sind in der tabellarischen Darstellung fett markiert.

Lage der Prüfstelle	Betondeckung [mm]		Messlinie	Bemerkungen
	min	zugeh. mittel		
Wand horizontal, umlaufend, Bereich im Lot zwischen der Stütze S1 und S3	44	69	500, 504, 505	Verfärbungen und Auslösungen des Zementsteins an der Bauteiloberfläche vorhanden
Wand horizontal, umlaufend, Bereich im Lot zwischen der Stütze S3 und S5	28	64	501, 506	
Wand horizontal, umlaufend, Bereich im Lot zwischen der Stütze S5 und S1	50	60	503 , 507	
Wand vertikal, Bereich gegenüber der Stütze S1	41	59	496	
Wand vertikal, Bereich gegenüber der Stütze S2	11	58	497	
Wand vertikal, Bereich gegenüber der Stütze S4	37	49	498	
Wand vertikal, Bereich gegenüber der Stütze S6	22	52	499	

Tabelle 14: Betondeckung im unteren Bereich der Wand (NKB)

Lage der Prüfstelle	Betondeckung [mm]		Messlinie	Bemerkungen
	min	zugeh. mittel		
Wandkrone NKB, Nord-West, Seitenfläche innen	38	51	75	abgewitterte Betonoberfläche
Wandkrone NKB, Nord-West, oben, Räumlerlaufbahnfläche bei CI2-1 Entnahme	52	54	76	Haarriss, abgewitterte Betonoberfläche, Abriebspur im Bereich der Räumlerlaufbahn
Wandkrone NKB, Nord-West, Seitenfläche außen	36	44	77	abgewitterte Betonoberfläche
Wandkrone NKB, Nord, Seitenfläche innen	32	61	78	abgewitterte Betonoberfläche
Wandkrone NKB, Nord, oben, Räumlerlaufbahnfläche bei CI2-2 Entnahme	56	64	79	Haarrisse, abgewitterte Betonoberfläche, Abriebspur im Bereich der Räumlerlaufbahn
Wandkrone NKB, Nord, Seitenfläche außen	29	45	80	abgewitterte Betonoberfläche, Moosablagerungen und ca. 0,5 cm große Lunker
Wandkrone NKB, Nord-Ost, Seitenfläche innen	43	59	81	abgewitterte Betonoberfläche
Wandkrone NKB, Nord-Ost, oben, Räumlerlaufbahnfläche bei CI2-3 Entnahme	54	55	82	Haarrisse, abgewitterte Betonoberfläche, Abriebspur im Bereich der Räumlerlaufbahn
Wandkrone NKB, Nord-Ost, Seitenfläche außen	26	35	83	abgewitterte Betonoberfläche
Wandkrone NKB, Ost, Seitenfläche innen	47	66	84	abgewitterte Betonoberfläche
Wandkrone NKB, Ost, oben, Räumlerlaufbahnfläche bei CI2-4 Entnahme	59	64	85	Haarrisse, abgewitterte Betonoberfläche, Abriebspur im Bereich der Räumlerlaufbahn
Wandkrone NKB, Ost, Seitenfläche außen	29	37	86	abgewitterte Betonoberfläche
Wandkrone NKB, Süd, Seitenfläche innen	45	54	87	abgewitterte Betonoberfläche
Wandkrone NKB, Süd, oben, Räumlerlaufbahnfläche bei CI2-5 Entnahme	57	60	88	Haarrisse, abgewitterte Betonoberfläche, Abriebspur im Bereich der Räumlerlaufbahn
Wandkrone NKB, Süd, Seitenfläche außen	20	33	89	abgewitterte Betonoberfläche, ca. 0,7 cm große Lunker

Tabelle 15: Betondeckung im Kronenbereich der Wand (NKB)

Die im Nachklärbecken an der Wand ermittelten Gesamtchlorigehalte und die Karbonatisierungstiefen sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Die Lage der Bohrmehlentnahmestellen (CI) und der Untersuchung der Karbonatisierungstiefe (TK) ist in der Anlage 2 in den Plänen eingezeichnet.

Probe Nr.	Lage der Prüfstelle (siehe in Anlage 1)	Gesamtchlorigehalt			Karbonatisierungstiefe TK	Betondeckung min / mittel	Bemerkungen
		Entnahmetiefe	bez. auf das Betongewicht	berechnet auf einen angenommenen Zementgehalt von: 330 kg/m ³			
		[mm]	[M.-%]	[M.-%]	[mm]	[mm]	
CI 4	Nachklärbecken: Wand (Innenseite) im Lot zw. Stützen S3 und S4, über Betonkeil, ca. 85 cm OKB	0 - 20	0,02	0,15	1 - 2	38 / 48	Entfestigungen der oberflächennahen Zone, Ablösungen des Zementsteins bis in eine Tiefe von 1 - 4 mm, freiliegende Gesteinskörnung
		20 - 40	0,02	0,15			
		40 - 60	0,02	0,15			
CI 6	Nachklärbecken: Wand (Innenseite) im Lot zw. Stützen S1 und S2, ca. 1,95 cm OKB	0 - 20	0,02	0,15	3 - 4	50 / -	keine optische Auffälligkeiten
		20 - 40	0,01	0,07			
		40 - 60	-	-			

Tabelle 16: Gesamtchlorigehalt, Karbonatisierungstiefe im unteren Bereich der Wand (NKB)

Probe Nr.	Lage der Prüfstelle (siehe in Anlage 1)	Gesamtchlorigehalt			Karbonatisierungstiefe TK	Betondeckung min / mittel	Bemerkungen
		Entnahmetiefe	bez. auf das Betongewicht	berechnet auf einen angenommenen Zementgehalt von: 330 kg/m ³			
		[mm]	[M.-%]	[M.-%]	[mm]	[mm]	
CI 2-1	Wandkrone NKB oben, Nord, Räumlerlaufbahnfläche	0 - 30	0,009	0,07	5 - 8	52 / 54	Entnahme im Riss, Oberfläche abgewittert, in der Abriebspur des Räumerrads
		30 - 60	0,010	0,07			
CI 2-2	Wandkrone NKB oben, Nord, Räumlerlaufbahnfläche	0 - 30	0,009	0,07	4	56 / 64	Entnahme im Riss, Oberfläche abgewittert, in der Abriebspur des Räumerrads
		30 - 60	0,013	0,09			
CI 2-3	Wandkrone NKB oben, Nord, Ost	0 - 30	0,013	0,09	5	54 / 55	Entnahme im Riss, Oberfläche abgewittert, in der Abriebspur des Räumerrads
		30 - 60	0,009	0,07			
CI 2-4	Wandkrone NKB oben, Ost	0 - 30	0,007	0,05	2 - 4	59 / 64	Entnahme im Riss, Oberfläche abgewittert
		30 - 60	0,009	0,07			
CI 2-5	Wandkrone NKB oben, Süd	0 - 30	0,009	0,07	6	57 / 60	Oberfläche abgewittert
		30 - 60	0,008	0,06			

Tabelle 17: Gesamtchlorigehalt und Karbonatisierungstiefe im Bereich der Wandkrone (NKB)

Die im Nachklärbecken im Bereich der Wand ermittelten Sulfatgehalte sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Die Lage der Bohrmehlentnahmestellen (SO₄ 1 und SO₄ 2) ist in der Anlage 2 im Plan eingezeichnet.

Probe Nr.	Lage der Prüfstelle	Sulfatgehalt			Bemerkungen
		Entnahme-tiefe [mm]	bez. auf das Beton-gewicht [M.-%]	berechnet auf einen angenommenen Zementgehalt von: 330 kg/m ³ [M.-%]	
SO ₄ 1	Nachklärbecken: Boden, im Bereich der Radspur im Lot zw. Stützen S2 und S3, ca. 4,75 m von Schlammtrichter	0 - 20	0,34	2,47	fehlende Beschichtung, Schleifspuren im Bereich des Laufrads, Abrieb der oberflächennahen Schicht, freigelegte, sichtbare Gesteinskörnung, Prüfstelle neben der Entnahmestelle SO ₄ 1 und vor der Entnahmestelle CI 1
SO ₄ 2	Nachklärbecken: Wand (Innenseite) im Lot zw. Stützen S1 und S2, oben, ca. 3,90 m über OKB, unterhalb der Brüstung	40 - 60	0,65	4,73	keine optischen Auffälligkeiten an der Bauteiloberfläche, oberer Bereich der Wand unterhalb Brüstung

Tabelle 18: Sulfatgehalt im Bereich der Wand (NKB)

Die im Nachklärbecken im Bereich der Wand ermittelten Rückprallzahlen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Die Lage der untersuchten Prüfstellen ist in der Anlage 2 im Plan eingezeichnet.

Lage der Prüffläche		Wand im Bereich zwischen Stützen S2 und S3, ca. 1,5 m OKB	Wand im Bereich zwischen Stützen S2 und S3, ca. 3,90 m OKB	Wand (Brüstung) (ca. 13 cm hoher Streifen) im Bereich zwischen Stützen S2 und S3, ca. 4,0 m OKB	Wand (Brüstung) (ca. 67 cm hoher Streifen) im Bereich zwischen Stützen S2 und S3, ca. 4,5 m OKB	Wand im Bereich zwischen Stützen S3 und S4 über Betonkeil, ca. 1,25 m OKB	Wand gegenüber Stütze S5, ca. 1,45 m OKB
Schlagrichtung		horizontal	horizontal	horizontal	horizontal	horizontal	horizontal
Prüfstellennummer		RP 11	RP 12	RP 13	RP 14	RP 15	RP 16
Prüfwerte Rückprallzahlen	1	47	42	35	38	44	45
	2	47	42	33	35	42	42
	3	47	40	35	39	40	43
	4	45	42	38	39	41	47
	5	43	42	38	40	38	42
	6	46	39	39	44	42	48
	7	44	41	38	44	40	45
	8	45	40	40	40	42	46
	9	44	35	40	42	42	43
	10	44	40	43	41	41	48
Rückprallzahl (Medianwert)		45	41	38	40	42	45

Tabelle 19: Rückprallzahlen ermittelt im Bereich der Wand (NKB)

Der **Boden im Nachklärbecken** weist nur stellenweise Reste einer grauen Beschichtung auf. In Fehlbereichen erfüllt die Beschichtung ihre schützende Wirkung nicht mehr. Bedingt durch den Betrieb des Räumers sind im Bereich des Bodens Abriebspuren vorhanden. An solchen Stellen ist die oberflächennahe Schicht des Bodens abgeschliffen und die Gesteinskörnung sichtbar. Im Randbereich des Bodens, vor dem Schlammtrichter und zwischen den Stützen S1 und S2 ist ein ca. 1 cm hoher Versatz in der Oberfläche des Bodens vorhanden. In diesem Bereich sind Kiesnester vorhanden.

Um den Schachtdeckel im nordöstlichen Bereich und die Flutungsventile sind Abplatzungen des Betons vorhanden. Dies sind die einzigen festgestellten Einzelschadstellen.

Die Ergebnisse der Betondeckungsmessungen sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Die den angegebenen Minimalwerten zugehörigen Messlinien sind in der tabellarischen Darstellung fett markiert.

Lage der Prüfstelle	Betondeckung [mm]		Messlinie	Bemerkungen
	min	zugeh. mittel		
Boden, Oberseite, tangentiale Spur ca. 1,5 m von Schlammtrichter, zwischen Stütze S1 und S6	31	59	488	stellenweise fehlende Beschichtung und Abriebspuren im Bereich der Räumerlaufbahn
Boden, Oberseite, tangentiale Spur ca. 1,5 m von Schlammtrichter, zwischen Stütze S6 und S1	63	84	489	stellenweise fehlende Beschichtung und Abriebspuren im Bereich der Räumerlaufbahn, einzelne Kiesnester
Boden, Oberseite, tangentiale Spur ca. 3,5 m von Schlammtrichter, zwischen Stütze S1 und S3	31	59	490	stellenweise fehlende Beschichtung und Abriebspuren im Bereich der Räumerlaufbahn
Boden, Oberseite, tangentiale Spur ca. 3,5 m von Schlammtrichter, zwischen Stütze S3 und S1	50	81	491	wie oben
Boden, Oberseite, tangentiale Spur ca. 5,80 m von Schlammtrichter, zwischen Stütze S1 und S3	27	53	492	wie oben
Boden, Oberseite, tangentiale Spur ca. 5,80 m von Schlammtrichter, zwischen Stütze S3 und S5	19	59	494	wie oben
Boden, Oberseite, tangentiale Spur ca. 5,80 m von Schlammtrichter, zwischen Stütze S5 und S1	22	52	495	wie oben
Boden, Oberseite, radiale Spur, vor Stütze 1 von innen (Schlammtrichterkannte) nach außen	55	75	487	wie oben
Boden, Oberseite, radiale Spur, vor Stütze 2 von innen (Schlammtrichterkannte) nach außen	11	58	479	wie oben
Boden, Oberseite, radiale Spur, vor Stütze 3 von innen (Schlammtrichterkannte) nach außen	69	88	480	wie oben
Boden, Oberseite, radiale Spur, vor Stütze 4 von innen (Schlammtrichterkannte) nach außen	76	91	481	wie oben
Boden, Oberseite, radiale Spur, vor Stütze 5 von innen (Schlammtrichterkannte) nach außen	60	82	483	wie oben
Boden, Oberseite, radiale Spur, vor Stütze 6 von innen (Schlammtrichterkannte) nach außen	62	80	486	wie oben

Tabelle 20: Betondeckung im Bodenbereich des Nachklärbeckens

Die im Bereich des Bodens des Nachklärbeckens ermittelten Gesamtchloridgehalte und die Karbonatisierungstiefe sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Die Lage der Bohrmehlentnahmestellen (CI) und der Untersuchung der Karbonatisierungstiefe (TK) ist in der Anlage 2 im Plan eingezeichnet.

Probe Nr.	Lage der Prüfstelle (siehe in Anlage 1)	Gesamtchlorigehalt			Karbonatisierungstiefe TK [mm]	Betondeckung min / mittel [mm]	Bemerkungen
		Entnahmetiefe [mm]	bez. auf das Betongewicht [M.-%]	berechnet auf einen angenommenen Zementgehalt von: 330 kg/m³ [M.-%]			
Cl 7	Belebungsbecken: Boden in der Fuge zur Außenwand des BB, ca. 8 m süd-östlich der Brücke	0 - 20	0,03	0,22	0	28 / 39	Betonabplatzung bzw. Riss im Bereich der Fuge
		20 - 40	0,02	0,15			
		40 - 60	0,02	0,15			
Cl 9	Belebungsbecken: Boden an der Innenwand, westlich der Brücke	0 - 20	0,02	0,15	0 - 1	38 / 50	Fehlende Beschichtung, unebene Betonoberfläche mit einem lokalen Tiefpunkt, im Bereich der Prüfstelle aus der Bodenplatte hervorstehende Fugendichtung sichtbar
		20 - 40	0,02	0,15			
		40 - 60	0,02	0,15			
Cl 10	Belebungsbecken: Boden süd-westlich der Brücke und mittig zw. der Innen- und Außenwand	0 - 20	0,05	0,36	2 - 3	26 / 36	Fehlende Beschichtung, großflächiger Abrieb der oberflächennahen Schicht vorhanden
		20 - 40	0,02	0,15			
		40 - 60	0,02	0,15			
Cl 12	Belebungsbecken: Boden in der Fuge zur Außenwand des BB, ca. 9 m nord-westlich der Brücke	0 - 20	0,02	0,15	0	24 / 35	Betonabplatzung und Riss im Bereich der Fuge
		20 - 40	0,01	0,07			
		40 - 60	0,01	0,07			

Tabelle 21: Gesamtchlorigehalt, Karbonatisierungstiefe im Boden des Nachklärbeckens

Die im Bereich des Bodens des Nachklärbeckens ermittelten Rückprallzahlen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Die Lage der untersuchten Prüfstellen ist in der Anlage 2 im Plan eingezeichnet.

Lage der Prüffläche		Boden im Kantenbereich zum Schlammtrichter, vor Stütze S3	Boden im Bereich der 3. Radspur, ca. 3,40 m vom Schlammtrichter vor Stütze S3	Boden im Bereich der 3. Radspur, ca. 3,4 m vom Schlammtrichter vor Stütze S5	Boden zwischen den Stützen S5 und S6 und den Radspuren, ca. 4,0 m vom Schlammtrichter	Boden zwischen Stützen S1 und S2, ca. 1,0 m vom Schlammtrichter	Boden zwischen Stützen S2 und S3, ca. 1,0 m vom Schlammtrichter
Schlagrichtung		vertikal	vertikal	vertikal	vertikal	vertikal	vertikal
Prüfstellennummer		RP 5	RP 6	RP 7	RP 8	RP 9	RP 10
Prüfwerte Rückprallzahlen	1	30	33	38	42	35	41
	2	29	31	44	42	33	39
	3	28	38	38	40	32	39
	4	26	40	38	40	31	42
	5	25	40	39	39	35	42
	6	24	33	42	41	35	41
	7	30	31	39	42	35	41
	8	26	38	39	39	35	39
	9	25	40	41	40	34	40
	10	36	40	42	39	34	40
Rückprallzahl (Medianwert)		27	38	39	40	35	41

Tabelle 22: Rückprallwerte im Bereich des Bodens (NKB)

6.3 Undichtigkeit bei Trennwand

Im Zuge der Untersuchung wurden im Bereich der Fuge zwischen dem Belebungs- und dem Nachklärbecken Undichtigkeiten festgestellt. Im Nachklärbecken waren zahlreiche radiale Wasserspuren von der Wand (unterhalb des Betonkeils) bis zum Schlammtrichter vorhanden.



Abbildung 7: Undichtigkeiten im Bereich der Fuge, radiale Wasserspuren

Entlang des südöstlichen Bereiches der Innenwand des Belebungsbeckens (Zwischenwand zum Nachklärbecken) sind in der Fuge zwischen Boden und dem aufgehendem Bauteil Injektionsschläuche vorhanden. An diesen Stellen sind Abplatzungen des Betons im Boden vorhanden. Im südlichen Bereich des Belebungsbeckens, in unmittelbarer Nähe der Innenwand ist ein aus der Boden rausstehender Fugenband sichtbar.

7 Beurteilung / Empfehlungen für das Kombibecken II

Hinweise auf eine reduzierte Standsicherheit wurden am Boden und den Wände des Kombibeckens II nicht vorgefunden.

An **allen Oberflächen** sind Auswaschungen der obersten Schicht des Zementleims vorhanden. Die Zuschlagkörner liegen hier großflächig maximal bis 2 mm frei, einmal bis 5 mm. Im Bereich der Laufspuren der Räder auf dem Boden des Nachklärbeckens und auch auf dem Wandkopf der Trennwand sind mechanisch bedingte Abriebspuren vorhanden. Die freiliegenden Zuschlagkörner sind hier angeschliffen, sitzen aber noch fest im Beton. Die Oberflächen sind in Gebrauch, es besteht derzeit kein unmittelbarer Handlungsbedarf.

Die **Risse am Wandkopf der Trennwand** sind aufgrund der sehr kleinen Rissbreiten unbedenklich. Im Rissbereich wurden keine Schäden festgestellt. Angabengemäß wird zukünftig eine beheizbare, befahrbare Stahlplattenkonstruktion aufgesetzt. Die Dauerhaftigkeit des Wandkopfs kann durch eine dichte Abdeckung unter den Stahlplatten verbessert werden.

Die im Bereich der Wände und des Bodens ermittelten **Gesamtchloridgehalte** sind unauffällig. Es besteht keine Gefahr der chloridinduzierten Korrosion der Bewehrung.

Die an den Bauteilen des Belebungsbeckens ermittelten **Karbonatisierungstiefen** liegen im Bereich zwischen 0 und 5 mm. Die Karbonatisierungsspitzen erreichen die detektierte Bewehrungslage (kleinster gemessener Einzelwert 9 mm) nicht. Die Gefahr der karbonatisierungsbedingten Korrosion der Bewehrung besteht mittelfristig nicht.

Die auf **Sulfatgehalt** untersuchten Proben (im Bereich des Bodens und beidseitig an der Trennwand) sind unauffällig.

Die im Bereich der Wandflächen mit dem Rückprallhammer untersuchte **Betonqualität** variiert nur unwesentlich. Im Bereich der Bodenplatte sind deutlichere Schwankungen der Rückprallwerte vorhanden. Die geringeren Rückprallwerte können auf die mechanischen Abrieberscheinungen zurückgeführt werden. Aufgrund dieser Ergebnisse besteht kein Hinweis auf Entfestigungserscheinungen oder gravierende Schwankungen in den Druckfestigkeiten der untersuchten Bauteile: Wände und Böden.

Am **Boden des Belebungsbeckens** sind die Betondeckungen stellenweise in weiten Flächen mit 10 bis 20 mm sehr gering. Hier ist die Dauerhaftigkeit des Stahlbetons (Spannbetons) reduziert. Hier wird der Auftrag eines Aufbetons empfohlen. Damit werden auch die Einzelschadstellen (freiliegender Betonstahl, Versatz) behoben.

Die umlaufende **Undichtigkeit im Bereich der Trennwand** kann erst nach dem Rückbau des Betonkeils beurteilt werden. In der nachfolgenden Abbildung sind die vermuteten möglichen wasserführenden Stellen skizziert.

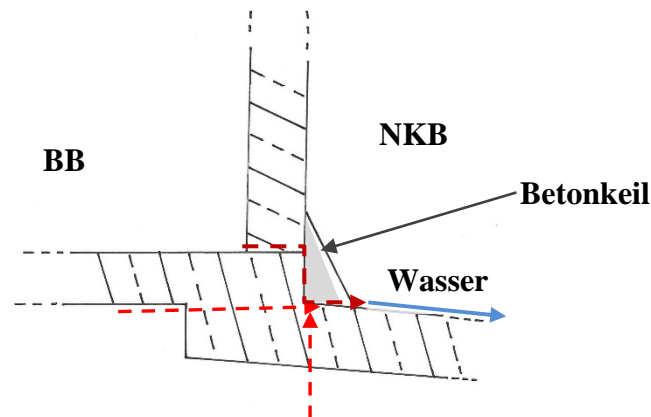


Abbildung 8: Mögliche Stellen der Undichtigkeiten im Bereich der Fuge zwischen der Bodenplatte und der Wand des Nachklärbeckens

Nachfolgend wird davon ausgegangen, dass es sich bei dem eindringenden Wasser um Grundwasser handelt. Hierfür spricht auch die angabengemäß festgestellte Kontamination des Grundwassers. Wenn der Betonkeil rückgebaut ist, können die Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte Nachklärbecken und Bodenplatte Belebungsbecken und gegebenenfalls auch die Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Trennwand durch Injektionen abgedichtet werden.

Ob im **Bereich des Zulaufschachtes** in der Außenwand des Belebungsbeckens eine Undichtigkeit vorhanden ist, ist noch zu klären. Es wird hier empfohlen, nach dem Rückbau des Aufbetons am Boden des Schachtes und einer vollständigen Trocknung die Planung fortzuschreiben. Falls Undichtigkeiten vorhanden sind, können diese durch Injektionen oder eine innenliegende Abdichtung bearbeitet werden. Die statisch-konstruktiven Unterlagen sind bei der Planung zu berücksichtigen (Stichworte: Fugenband, monolithischer Anschluss, Arbeitsfuge, usw.).

Weitere Undichtigkeiten wurden am Ortstermin nicht festgestellt.

Die im Bereich der **Stützen** ermittelten Betondeckungen liegen größtenteils unter 20 mm. Die im Bereich der Stützen geprüfte Betonqualität variiert. Sollten die Stützen im Zuge des Umbaus des Königsstuhls weiter verwendet werden, wird empfohlen, die Anschlussbewehrung freizulegen und die Stützen mit der vorhandenen Anschlussbewehrung und mit der erforderlichen

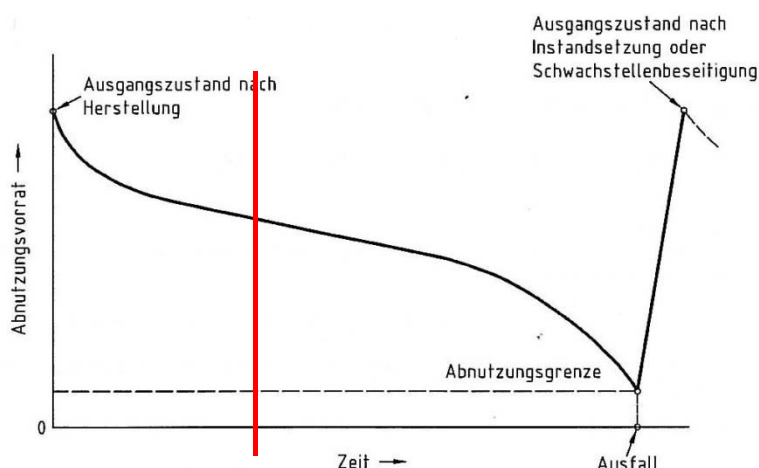
Betondeckung vollständig neu zu errichten. Mit diesen Betonersatzmaßnahmen werden auch die (an Rückprallwerten orientierend festgestellten) unterschiedlichen Festigkeiten sowie die Betonfehlstellen (Kiesnester an den Ecken) behoben.

Es wird empfohlen, den **Schlammtrichter** spätestens im Zuge der Instandsetzung zu inspizieren. (Dieser war bislang nicht zugänglich.)

Die **Bauteile auf der Erdseite** sind hinsichtlich der Dauerhaftigkeit aufgrund der ständigen Feuchte und des begrenzten Luftgehaltes im Boden wenig kritisch. Die erdberührten Bauteile besitzen in der Regel eine deutlich höhere Dauerhaftigkeit als die an der Innenseite.

Ich schätze den **Abnutzungszustand des Kombibeckens II** in etwa an der rot gekennzeichneten Linie in nachfolgender beispielhafter Grafik aus DIN 31051 (Abbildung 9). Maßgeblich für diesen Zustand ist dabei die Bodenplatte des Nachklärbeckens.

DIN 31051:2003-06



ANMERKUNG Die Abbaukurve des Abnutzungsvorrates ist nur ein Beispiel der möglichen Verläufe.

Bild 2 — Abbau des Abnutzungsvorrates und seine Erstellung durch Instandsetzung oder Verbesserung

Abbildung 9 Grafische Darstellung des geschätzten Abnutzungszustandes des Klärbeckens (Bild 2 aus DIN 31051)

Der Abnutzungsvorrat kann angehoben werden. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um die Verbesserung der Dauerhaftigkeit. Dies erfolgt am Boden durch eine Aufbetonschicht und an den Wänden durch einen allseitigen Auftrag eines Spritzmörtels. Damit können langfristig zu erwartende Schäden vermieden werden.

Die Dauerhaftigkeit des Kombibeckens II wird dadurch wesentlich verbessert.

8 Instandsetzungs- und Schutzkonzept, Kostenschätzung

Nachfolgend wird ein Konzept für Instandsetzungs- und Schutzmaßnahmen auf der Grundlage der Beurteilungen im Kapitel 7 angegeben und es werden Kosten hierfür abgeschätzt.

Entsprechend der Angaben des Auftraggebers soll eine Sanierung des Klärbeckens II im Herbst 2014 durchgeführt werden. In diesem Zuge soll der vorhandene Königsstuhl entfernt und durch einen neuen ersetzt werden. Dies ist nicht Gegenstand der hier konzipierten Instandsetzungs- und Schutzmaßnahmen.

Die Instandsetzungs- und Schutzmaßnahmen sehen im Wesentlichen vor.

1. Freilegen der oberflächennahen Gesteinskörnung an den Wänden und am Boden durch Höchstdruckwasserstrahlen mit der Rotationsdüse.

Dies entspricht einer Abtragstiefe von 1 bis 2 cm.

Mit diesem Verfahren wird verfahrensbedingt eine gleichmäßig feste Oberfläche hergestellt. Zudem werden die randnahen Bereiche von oberflächennahen Schadstoffen befreit (bei Entsorgung zu beachten!).

Freigelegte Bewehrung sollte – nach Prüfung durch den sachkundigen Planer – bis hinter die Bewehrung freigelegt werden.

Durch das Höchstdruckwasserstrahlen werden verfahrensbedingt vorhandene Haarrisse aufgeweitet. Der nachfolgende Auftrag von Mörtel bzw. Beton verschließt diese Risse wieder.

2. Am Boden: Auftrag von Beton mit ca. 5 cm Dicke.

Der Beton ist gut zu verdichten und glatt abzureiben.

Die Verschleißfestigkeit des Betons im Nachklärbecken ist auf die Räder der Räumern und die schleifende Beanspruchung durch die Schlammtrieber abzustellen. Es kann auch Hartkorn eingestreut werden.

Zum Schlammtrichter hin wird empfohlen die Aufbetonschicht mit etwa konstanter Dicke enden zu lassen. Hierfür ist die Bodenplatte in diesem Bereich in einem schmalen Streifen tiefer abzutragen, damit die Aufbetonschicht abgesenkt werden kann.

3. An Wänden: Auftrag eines Spritzmörtels mit ca. 3 cm Dicke.

Die Flächen müssen spritzrau belassen werden und sind mit einem PCC frisch in frisch zu egalisieren. Soll der Spritzbeton geglättet werden, so ist dieser in zwei Lagen einzubauen. Wenn die erste Lage geglättet werden würde, würde der Haftverbund zur Unterlage gestört werden.

An den Wandköpfen endet der Spritzmörtel als Arbeitsfuge. Es wird empfohlen, unter die Stahlplatten für die Laufräder der Räumern den Wandkopf gegen Wasser von oben abzudecken.

4. Die umgehende Nachbehandlung des Betons und des Spritzmörtels ist von entscheidender Bedeutung.
5. Rückbau des Gefällekeils.
6. Injizieren der Arbeitsfugen im unteren Bereich der Trennwand mittels Polyurethan mit Dichtheitskontrolle und gegebenenfalls nachinjizieren. Die Dichtheitskontrolle kann durch gezieltes Fluten des Beckens und vorsichtiges Anheben des Grundwasserstandes kontrolliert werden.
7. Falls der Gefällekeil verfahrenstechnisch erforderlich ist: Einbau eines monolithisch mit dem Boden des Nachklärbeckens und der Trennwand angebundenen Gefällekeils aus Stahlbeton. Damit können gegebenenfalls nachträglich Undichtigkeiten zwischen Gefällekeil und Bodenplatte bzw. Trennwand durch Injektionen abgedichtet werden, ohne Rückbau des Gefällekeils.
8. Im Bereich des Zulaufschachtes ist die im Schacht gerissene, hohlliegende Aufbetonschicht zu entfernen. Im Zuge der Maßnahme ist die Dichtigkeit der im Schacht vorhandenen Fugen zu überprüfen. Die beengten Verhältnisse erfordern einen höheren Arbeitsaufwand.

Die Kosten für diese Maßnahmen werden nachfolgend grob abgeschätzt:

Bauteil	Maßnahme	Erfordernis	Masse	EP	GP
Boden BB	Aufbeton	Dauerhaftigkeit <u>herstellen</u>	450 m ²	100 €	45.000 €
Boden NKB	Aufbeton	Dauerhaftigkeit erhöhen	250 m ²	100 €	25.000 €
Außenwand BB	Spritzmörtel	Dauerhaftigkeit erhöhen	500 m ²	100 €	50.000 €
Trennwand BB	Spritzmörtel	Dauerhaftigkeit erhöhen	300 m ²	100 €	30.000 €
Trennwand NKB	Spritzmörtel	Dauerhaftigkeit erhöhen	300 m ²	100 €	30.000 €
Undichtigkeit Fuge	Injektionen	Dichtigkeit <u>herstellen</u>	60 M	120 €	7.200 €
Gefällekeil	Monolithisch StB	Dichtigkeit verbessern	1 pchl	15.000 €	15.000 €
Zulaufschacht	Schadstellen	Undichtigkeit kontrollieren	1 pchl	2.000 €	2.000 €
Baustelleneinrichtung				ca.	15.000 €
Summe Bauhauptkosten, gerundet, netto				ca.	220.000 €

Tabelle 23: Kostenschätzung Bauhauptkosten

Hinweise:

Nicht in dem Konzept enthalten sind Maßnahmen an den Stützen des Königsstuhls, des Königsstuhls selbst, der Flutungsöffnungen, der Rohrleitungen, der Krälwerke und an den Wandkronen. In der Kostenschätzung sind zudem nicht die Baunebenleistungen und die Mehrwertsteuer enthalten.

Eine Beschichtung wird nicht empfohlen. Sie würde erfahrungsgemäß nur eine begrenzte Haltbarkeit besitzen. Die Ausführungsbedingungen (Mindestverarbeitungstemperatur, Feuchtigkeit) und die zusätzlichen Kosten sowie deren Wartung sprechen dagegen.

Im Zuge der Ausführung festgestellte Schäden, die bislang nicht bekannt sind (z. B.

Undichtigkeiten an anderen Stellen als oben genannt) erfordern das Fortschreiben der Planung während der Ausführung.

Die Kostenschätzungen spiegeln nicht die bei einer Ausschreibung sicher erzielbaren Kosten wider. Erfahrungsgemäß schwanken die angebotenen Preise für Arbeiten im Bestand mitunter um den Faktor 2. Angebotene Preise können somit deutlich darüber liegen oder die Schätzung auch deutlich unterschreiten.

9 Zusammenfassung

In dem vorliegenden Gutachten nehme ich zum Zustand der Betonbauteile Wände und Böden im Kombibecken II der Kläranlage Markt Indersdorf Stellung.

Hinweise auf eine reduzierte Standsicherheit wurden am Boden und den Wände des Kombibeckens II nicht vorgefunden.

Die Undichtigkeit im unteren Bereich der Trennwand ist zu beseitigen.

Es wurden keine erhöhten Chloridmassen im Beton vorgefunden. Die Karbonatisierungstiefe hat die Bewehrungslage nicht erreicht. Der Sulfatgehalt im Beton ist unauffällig. Unter der Annahme einer gleichbleibender Nutzung und Qualität des Klärwassers besteht mittel bis langfristig keine Gefahr der Korrosion der Bewehrung infolge von externem Eintrag von Chlorid bzw. durch Karbonatisierung und keine Gefahr von Betonschäden durch Sulfate.

Es kann von einer Restnutzungsdauer von 10 Jahren ausgegangen werden. Danach empfehle ich das Becken erneut zu untersuchen.

Am Boden des Belebungsbeckens sind die Betondeckungen am geringsten. Hier wäre auch heute schon eine Verbesserung der Dauerhaftigkeit sinnvoll um zukünftige Schäden vorzubeugen. In diesem Zusammenhang wäre es anzuraten auch die Dauerhaftigkeit der anderen Bauteile mit zu verbessern. In diesem Zusammenhang können die Undichtigkeit und die einzelnen Schäden mit beseitigt werden. Die Gesamtnutzungsdauer des Kombibeckens II wird dadurch wesentlich erhöht. Es kann dann von einer Restnutzungsdauer von etwa 30 Jahren ausgegangen werden.

Die konzipierten Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen sehen im Wesentlichen das Beseitigen von Undichtigkeiten und den flächigen Einbau von Mörtel bzw. Beton vor. Die Sanierung mit Mörtel und Beton hat den Vorteil, dass „im System“ gearbeitet wird. Sollte nach der

Nutzungsdauer oder aufgrund von durchzuführenden Kontrollen eine erneute Sanierung vorgenommen werden, kann weiterhin im System gearbeitet werden.

Die Bauhauptkosten für die Instandsetzungs- und Schutzmaßnahmen werden grob auf 220.000 €, netto, geschätzt (vgl. Kapitel 8).



Dipl.-Ing. (Univ.) Albrecht
(Sachverständiger)