

## 7. Bewertung des IST-Zustandes

Die Bausubstanz des Havariebeckens befindet sich rein visuell in einem altersgerechten Zustand mit nutzungsbedingten Abwitterungserscheinungen (Betonkorrosion). Bei rein augenscheinlicher Betrachtung der Bausubstanz (Stahlbetonsohle, Stahlbetonwände) sind zum momentanen Zeitpunkt keine markanten Erscheinungsbilder festzustellen, die auf eine Beeinträchtigung der Tragfähigkeit hinweisen. Visuelle Anzeichen für eine im Bauteilinneren ablaufende Korrosion wurden nicht festgestellt. Der Bauwerksbeton wies einheitlich einen Kiesbeton mit homogenem Aufbau, einem Größtkorn von 16 bzw. 32 mm und leicht porigem Gefüge auf. Die Bewehrung war gut eingebunden.

Die Beckenwände zeigten unabhängig von ihrer Himmelsausrichtung ein sehr einheitliches Erscheinungsbild mit Rissen in der Feinspachtelschicht im Wandkopfbereich, einem stark ausgeprägten biogenen Belag auf einer Höhe zwischen 1,80 – 2,26 m und einer waschbetonähnlichen Oberflächenstruktur auf einer Höhe zwischen 1,40 – 1,80 m. Die Zementsteinmatrix war bereichsweise angegriffen. Im Bereich der Edelstahlleitungen am Beckenende wurden Schäden am Betonersatz festgestellt. Das Fugenmaterial im Bereich der Dehnfugen war schadhaft und ohne Flankenhaftung.

Im Vergleich zur hohen Druckfestigkeit des Wandbetons (Betonfestigkeitsklasse C 40/50) ist die Oberflächenzugfestigkeit in der direkten Betonrandzone als minderfest zu bezeichnen. Diese Messwerte korrespondieren mit der augenscheinlichen Feststellung, dass auf einer Tiefe von ca. 1 cm die Zementsteinmatrix geschädigt ist und insbesondere die kalkhaltige Gesteinskörnung angegriffen wurde.

In den Bauteilöffnungen wurde festgestellt, dass die Carbonatisierungsfront die äußerste Bewehrungslage nicht erreicht hat. Eine carbonatisierungsinduzierte Korrosion der Bewehrung kann auf Grund der Messergebnisse sowohl für die Stahlbetonwände als auch für die Sohlplatte zum gegenwärtigen Zeitpunkt ausgeschlossen werden.

Die an Bohrmehl aus der Sohlplatte ermittelten Chloridwerte sind kleiner als der in der DAfStb Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Beton“, Ausgabe 2001 Abschnitt 6.5.2 angegebene Schwellenwert des Chloridgehalts von 0,5 M-% bezogen auf die Zementmasse.

Im Bereich der Stahlbetonwände liegen die Chloridwerte größtenteils oberhalb des angegebenen Schwellenwertes. Die in den Wänden vorhandene Chloridbelastung ist damit als bedingt kritisch einzustufen. Die Untersuchungen haben aber ergeben, dass es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um Chloride handelt, die mit den Ausgangsstoffen in den Beton eingetragene wurden. In einem solchen Fall werden Chloride häufig in den Reaktionsprodukten des Bindemittels chemisch gebunden. Dies kann dazu führen, dass trotz hoher Gesamtchloridgehalte, nur eine geringe Chloridkonzentration für korrosive Prozesse zur Verfügung steht. Da die Bewehrung der Stahlbetonwände auch bei der hier festgestellten bedingt kritischen Chloridbelastung nach einer Lebensdauer von ca. 40 Jahren nur leichte oberflächige Korrosionserscheinungen ohne jede Querschnittsminderung aufweist, ist die Wahrscheinlichkeit bestätigt, dass bislang keine chloridinduzierte Korrosion eingetreten ist. Wenn die Beaufschlagung mit Chloriden in etwa so bleibt, wie sie in der Vergangenheit vorlag, dann ist nicht von einer Zunahme des Korrosionsrisikos durch Chloride auszugehen. Der bereits (durch die Betonausgangsstoffe) von Beginn an vorhandene Chloridgehalt bedeutet aber, dass chloridinduzierte Korrosionsprozesse nicht völlig ausgeschlossen werden können. Die Wahrscheinlichkeit einer chloridinduzierten Korrosion ist jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt als gering einzuschätzen.

Aufgrund der deutlichen blaugrauen Verfärbung des Betons kann man davon ausgehen, dass der Beton unter Verwendung eines hüttensandhaltigen Bindemittels hergestellt wurde. Hüttensandhaltige Zemente (CEM II, CEMII) können normgemäß bis zu 4,0 M.-%  $\text{SO}_3$  enthalten. Auf den ersten Blick zeigen die Ergebnisse das der Sulfatgehalt im oberen Bereich bzw. oberhalb des Schwellenwertes des Sulfatgehaltes von normgemäßem Zement liegt. Bei der Bewertung müssen zwei Dinge berücksichtigt werden. Erstens kann es bei hüttensandhaltigen Zementen zu einer nachträglichen Erhöhung des Sulfatgehaltes kommen, wenn im Hüttensand enthaltene Eisensulfide oxidieren. Diese nachträgliche Erhöhung des Sulfatangebotes geht i. d. R. nicht mit Schädigungen einher. Zweitens korrespondieren höhere Sulfatgehalte vor allen mit der äußersten Analysetiefe, die erfahrungsgemäß einen höheren Zementgehalt und damit zwangsläufig auch einen höheren (aus dem Zement stammenden) Sulfatgehalt aufweist. Da darüber hinaus bei den Untersuchungen im Polarisationsmikroskop keine Auffälligkeiten hinsichtlich einer Schädigung durch einen Sulfatangriff festgestellt wurden, ist insgesamt nicht mit einem treibenden Potential aufgrund von Sulfaten auszugehen.

Zusammenfassend ergibt sich damit ein:

**=> Instandhaltungsbedarf an Sohlplatte und Wänden im Bereich der Betonrandzone zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit und Wiederherstellung der Gebrauchstauglichkeit**

**=> Instandhaltungsbedarf im Bereich der Dehnfugen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit und Wiederherstellung der Gebrauchstauglichkeit**

Die Bausubstanz wurde hinsichtlich schadstoffhaltiger Bestandteile von PAK, PCB und Asbest stichprobenartig untersucht. Die Bestandteile von PAK und PCB liegen unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte und sind als ungefährlich einzustufen. Es wurde kein Asbest festgestellt.

## 8. Instandsetzungskonzeption

### 8.1 Allgemeines

Das Ziel sämtlicher Überlegungen zu Instandhaltungsmaßnahmen an Bauwerken ist eine Sicherstellung der Standsicherheit, Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit für eine definierte Restnutzungsdauer.

Als Entscheidungsgrundlage für das weitere Vorgehen in einer nachhaltigen Sicherstellung der Dauerhaftigkeit und Tragfähigkeit sowie Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit der Beckenkonstruktion werden im Folgenden Instandsetzungsempfehlungen erarbeitet. Wir weisen an dieser Stelle darauf hin, dass es sich bei dieser Instandsetzungskonzeption nur um prinzipielle Instandsetzungsvorschläge bzw. -varianten für die Stahlbetonkonstruktion handelt. Die Umsetzung dieses Konzeptes ist durch einen sachkundigen Planer objektspezifisch zu überprüfen und zu planen.

Das Instandhaltungskonzept basiert auf der Grundlage der DAfStb Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, Ausgabe 2001. Aufgrund der mit hoher Wahrscheinlichkeit langfristig zu erwartenden Schäden bei Nichtdurchführung dieser Instandhaltungsmaßnahme ist die Maßnahme nach Instandsetzungsrichtlinie als standsicherheitsrelevant einzustufen. Dies bedingt eine Fremdüberwachung der später auszuführenden Instandhaltungsmaßnahmen.

### 8.2 Instandhaltungsbetrachtung

Die Bewehrung im Stahlbeton ist vor Korrosion geschützt solange der umgebende Beton eine hohe Alkalität aufweist und keine korrosionsauslösenden Chloride an den Stahl gelangen. Um eine Aussage hinsichtlich der Dauerhaftigkeit und damit Tragfähigkeit von Stahlbetonbauteilen zu erhalten, ist es wichtig, den Fortschritt der Carbonatisierung und die Größenordnung einer eventuell korrosionsauslösenden Chloridkonzentration zu kennen. Dauerhaftigkeitsbetrachtungen erfordern daher immer eine Abschätzung der Lage der Carbonatisierungsfrent im Verhältnis zur Tiefenlage der Bewehrung sowie einer Einschätzung der Wahrscheinlichkeit chloridinduzierter Korrosion in Verbindung mit einer Abschätzung des weiteren Chlorideindringens. Eine Bewertung der Bausubstanz erfolgte in Abschnitt 7.

Laut Aussagen des Auftraggebers ist für das Hauptbecken von einer langfristigen Restnutzung von ca. 20 bis 30 Jahren auszugehen. Es soll als Nachklärbecken einer aerob-stabilisierten Belebung, mit simultaner Phosphatfällung durch Eisen-III-Chlorid genutzt werden. Das angegliederte Nebenbecken soll nur noch für einen kurzfristigen Zeitraum von 2 bis 3 Jahren weiter genutzt werden. Die Bausubstanz des Nebenbeckens ist im Wesentlichen mit dem Zustand des Hauptbeckens vergleichbar. Für eine kurzfristige Nutzung von 2 bis 3 Jahren sind deshalb keine Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich.

Im Folgenden wird das Hauptbecken betrachtet.

Für eine langfristige Verfügbarkeit des Bauwerks ist die Dauerhaftigkeit und Tragfähigkeit durch Instandhaltungsmaßnahmen sicherzustellen. Im Zuge der Instandsetzungsmaßnahmen soll die Oberfläche der Beckensohle zur Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit (u.a. besserer Räumungs- und Reinigungsaufwand) optimiert werden.

Die DAfStb Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ fordert bei mit Chloriden belasteten Bauteilen einen Betonabtrag der mit „kritischen“ Chloridwerten belasteten Bereiche und eine anschließende Reprofilierung des Querschnitts, um den Schutz der Bewehrung wiederherzustellen.

Die Untersuchungen haben für den Wandbeton eine Chloridbelastung zwischen 0,5 M.-% bis 1,0 M.-% bezogen auf den Zementgehalt ergeben. Dieser Chloridgehalt liegt gleichmäßig über den Bauteilquerschnitt vor. Ein Betonabtrag käme deshalb einem Komplettrückbau gleich. Die weitere Bewertung hat ergeben, dass das Korrosionsrisiko verhältnismäßig gering ist, weshalb es unter Beachtung eines geringen Restrisikos vertretbar ist, das Becken zu erhalten. Dies setzt voraus, dass die Beaufschlagung mit Chloriden in etwa so bleibt, wie sie in der Vergangenheit vorlag.

Da in der oberflächennahen Zone nur geringe Oberflächenzugfestigkeiten festgestellt wurden, ist diese durch Betonkorrosion angegriffene Schicht durch ein geeignetes Abtragsverfahren zu entfernen und im Nachgang durch ein geeignetes Material zu ersetzen. Im Vorfeld der Maßnahme wird das Anlegen von Probeflächen zur Festlegung der flächig erforderlichen Abtragstiefe empfohlen.

Das Vorgehen ist für die Sohlplatte analog durchzuführen.

Die Sohlplatte wurde im Hauptbecken gefällelos ausgebildet. Es wurden leichte Unebenheiten in der Betonoberfläche festgestellt. Dies führt z.T. zu flächigen Wasseransammlungen (Pfützenbildung) auf der Sohlplatte und damit zu einem erhöhten Räumungs- bzw. Reinigungsaufwand.

Die Gebrauchstauglichkeit soll auf Wunsch des Auftraggebers optimiert werden. Ein besseres Räumen der Sohlenoberfläche lässt sich durch die Herstellung eines Gefälles in Längsrichtung des Hauptbeckens und durch eine besonders ebene Oberflächenbeschaffenheit der Sohlplatte herstellen. Bei einem Planungsansatz von 1% Längsgefälle ergibt sich eine Anhebung des Niveaus am Beckenende um ca. 0,50 m. Eine absolute Pfützenfreiheit lässt sich bei diesem Planungsansatz nicht sicherstellen. Für eine sichere Abführung von Oberflächenwasser ist in der Regel ein Gefälle von 2 – 2,5 % vorzusehen. Mögliche Auswirkungen einer Anhebung des Höhenniveaus der Sohle am Beckenende sind im Rahmen einer Abwägung der Vor- und Nachteile zu berücksichtigen. Die Ausbildung eines Gefälles wird in der Kostenschätzung als optionale Variante berücksichtigt.

Zusammenfassend erfolgt die Instandsetzung der Stahlbetonwände in folgenden Schritten:

- Abtrag der minderfesten Betonrandzone durch Höchstdruckwasserstrahlen bis in eine Tiefe von maximal 2 cm
- lokale Betoninstandsetzung von Schadstellen mit einem sulfatbeständigen PCC Betonersatzsystem
- Rissbehandlung:
  - Abdichten der Risse im Wandkopfbereich
  - Abdichten von Einzelrissen (z.B. im Absetzbereich Übergang Hauptbecken / Nebenbecken)
- Dehnfugenbereiche:
  - Ausräumen des Fugenmaterials
  - Aufweiten der Fugenflanken und Abtrag der minderfesten Randzone
  - Reprofilieren der Fugenflanken mit einem sulfatbeständigen PCC Betonersatzsystem
  - Dauerelastische Verfugung (geeignet für die Anwendung im Abwasserbereich und für die objektspezifischen Nutzungsbedingungen)

- Auftrag einer mineralischen hoch sulfatbeständigen Oberflächenbeschichtung (geeignet für die Anwendung im Abwasserbereich und für die objektspezifischen Nutzungsbedingungen) mit Anarbeitung im Bereich der Dehnfugen

Zusammenfassend erfolgt die Instandsetzung der Stahlbetonsohle in folgenden Schritten:

- Abtrag der minderfesten Betonrandzone durch Höchstdruckwasserstrahlen bis in eine Tiefe von maximal 2 cm
- Reprofilierung der Betonrandzone durch Aufbringen eines Ausgleichsbetons zur Abdeckung von Minderdeckungen der Bewehrung, da im Zuge der Betondeckungsmessungen bereichsweise Werte (5-% Quantilwert) kleiner 20 mm festgestellt wurden
- Auftrag einer mineralischen hoch sulfatbeständigen Oberflächenbeschichtung (Anwendung im Abwasserbereich und für die objektspezifischen Nutzungsbedingungen) mit Anarbeitung im Bereich der Dehnfugen

Variantenbetrachtung (optional):

- Vorgehen wie oben jedoch: Aufbringen eines Gefällebetons (Annahme: 1 %) (wird zur Abdeckung von Minderdeckungen der Bewehrung mit herangezogen)

Die Exposition der Bauteile ist bei der Wahl der Instandsetzungsmaterialien zu berücksichtigen. Auf eine Anwendbarkeit der Produkte im Abwasserbereich bzw. die Art der Medienbeaufschlagung und der objektspezifischen Nutzungsbedingungen ist in besonderem Maße zu achten.

Im Zuge einer detaillierten Instandhaltungsplanung erfolgt die Planung von Konstruktionsdetails wie z.B. die Auflagerung der Stahlkonstruktion des Bandräumers, die Bereiche der Edelstahl einläufe am Beckenende sowie optional die Planung einer Gefälleausbildung auf der Sohlplatte.

### 8.3 Kostenprognose

Die Kosten für die Instandsetzung wurden als Grundlage für weitere Überlegungen sowie eine Budgetierung der Maßnahme abgeschätzt. Massen und Mengen wurden nach Flächenmaß anhand der vorliegenden Unterlagen überschlägig ermittelt. Der Ansatz der Einheitspreise basiert auf Erfahrungswerten vergangener bzw. zurzeit ausgeführter Instandsetzungsmaßnahmen.

Für die Instandsetzung der Sohlplatte wurden alternativ eine Grundlösung gemäß Instandsetzungsvorgehen aus Abschnitt 8.2 und als Variantenbetrachtung das Aufbringen eines Gefällebetons (Gefälle von 1 %) mit Kosten belegt.

Nicht enthalten sind Kosten für:

- SiGeKo
- nutzungsbedingter Ausfall des Nachklärbeckens
- Planung Abwassertechnik

VARIANTE 1		GP	VARIANTE 2 (mit Herstellen Gefälle)	GP
<b>1</b>	<b>Baustelleneinrichtung und Gerüste</b>			
	Baustelleneinrichtung Prüfungen / Überwachung usw.	ca. 22.500 €	Baustelleneinrichtung Prüfungen / Überwachung usw.	ca. 22.500 €
<b>2</b>	<b>Instandsetzung Bodenplatte</b>			
	flächiger Abtrag HDW Betonrandzone (Annahme 2 cm)		flächiger Abtrag HDW Betonrandzone (Annahme 2 cm)	
	Untergrundvorbereitung		Untergrundvorbereitung	
	Aufbringen Ausgleichsbeton, d = 4 cm		<b>Aufbringen Gefällebeton Annahme 1 %</b>	
	Untergrundvorbereitung	ca. 86.000 €	Untergrundvorbereitung	ca. 154.000 €
	Aufbringen mineralischer Oberflächenschutz, d=2 cm		Aufbringen mineralischer Oberflächenschutz, d=2 cm	
Ausbildung Fugen (Ausräumen Fugenmaterial, Abtrag Randzone, Aufweitung, Reprofilierung, dauerelastische Verfugung)		Ausbildung Fugen		
<b>3</b>	<b>Instandsetzung Wände</b>			
	flächiger Abtrag HDW Betonrandzone (Annahme 2 cm)		flächiger Abtrag HDW Betonrandzone (Annahme 2 cm)	
	lokale Betoninstandsetzung Betonersatz PCC II (Schätzansatz 20 % d. Fläche)		lokale Betoninstandsetzung Betonersatz PCC II (Schätzansatz 20 % d. Fläche)	
	Untergrundvorbereitung	ca. 80.000 €	Untergrundvorbereitung	ca. 80.000 €
	Aufbringen mineralischer Oberflächenschutz , d=1,5 cm		Aufbringen mineralischer Oberflächenschutz , d=1,5 cm	
	Rissinstandsetzung		Rissinstandsetzung	
Ausbildung Fugen (Ausräumen Fugenmaterial, Abtrag Randzone, Aufweitung, Reprofilierung, dauerelastische Verfugung)		Ausbildung Fugen (Ausräumen Fugenmaterial, Abtrag Randzone, Aufweitung, Reprofilierung, dauerelastische Verfugung)		
<b>4</b>	<b>Sonstiger Zusatzaufwand</b>			
	Demontagen und Remontagen TGA Schutzmaßnahmen, Staubwände	ca. 10.000 €	Demontagen und Remontagen TGA Schutzmaßnahmen, Staubwände	ca. 10.000 €
<b>5</b>	<b>Ingenieurleistungen</b>			
	Ausführungsplanung, Fachplanungen	ca. 14.000,00 €	Ausführungsplanung, Fachplanungen	ca. 14.000,00 €
<b>6</b>	<b>Bauüberwachung</b>			
	Örtliche Bauüberwachung, Qualitätssicherung	ca. 5.000,00 €	Örtliche Bauüberwachung, Qualitätssicherung	ca. 5.000,00 €
		Zwischensumme (netto)	Zwischensumme (netto)	ca. 285.500,00 €
		Gesamtsumme (netto)	Gesamtsumme (netto)	ca. 285.500,00 €

zzgl. Kosten für SiGeKo, nutzungsbedingter Ausfall des Nachklärbeckens, Planung Abwassertechnik