

---

# Schutzgut Wasser

# Oberflächenwasser

---

## Inhalt

1	Einleitung.....	3
2	Methoden.....	4
3	Lage und Umfeld des Baggersees.....	5
3.1	Nutzung des Umlands.....	5
3.2	Lage zu anderen Steh- und Fließgewässern.....	6
3.3	Windverhältnisse und Geländestruktur.....	6
3.4	Wasserschutz-, Überschwemmungsgebiete und Schonbereiche.....	7
3.5	Nutzung des Baggersees.....	7
4	Morphometrie des Baggersees.....	8
4.1	Einführung.....	8
4.2	Beschreibung und Bewertung.....	9
5	Ergebnisse vormaliger chemisch-physikalischen Gewässeruntersuchungen.....	11
6	Kriterien für die Zustandsbewertung von Baggerseen.....	12
7	Ergebnisse der chemisch-physikalischen Gewässeruntersuchungen.....	14
7.1	Oberflächenwasser.....	14
7.1.1	Temperatur.....	14
7.1.2	Elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert.....	15
7.1.3	Sauerstoffgehalt.....	16
7.1.4	Gesamtphosphor und ortho-Phosphat.....	17
7.1.5	Ammonium und Sulfid.....	17
7.1.6	Nitrat und Nitrit.....	18
7.1.7	DOC und Permanganatindex.....	18
7.1.8	Chlorid, Sulfat und Silizium.....	19
7.1.9	Eisen und Mangan.....	20
7.1.10	Calcium, Magnesium, Gesamthärte und Säurekapazität.....	20
7.1.11	Natrium und Kalium.....	21
7.1.12	Sichttiefe und Chlorophyll.....	21

7.2	Grundwasser.....	22
7.3	Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen.....	22
7.4	Zusammenfassung und Bewertung.....	22
8	Mögliche Nährstoffbelastungsquellen.....	23
9	Prognose der Gewässerentwicklung und Konfliktbewertung.....	25
9.1	Allgemeines zur Sukzession von Baggerseen.....	25
9.2	Prognose der weiteren Entwicklung.....	26
9.2.1	Nährstoffhaushalt.....	26
9.2.2	Zirkulationsverhalten und Sauerstoffhaushalt.....	27
9.3	Konfliktbewertung.....	28
10	Maßnahmenempfehlungen.....	28
10.1	Morphologie und Ausrichtung der Seen.....	29
10.2	Uferböschungen.....	29
10.3	Minimierung von Nährstoffeinträgen.....	30
11	Zusammenfassung.....	30

## Abbildungen

Abbildung 1: Lage des Baggersee (rot) an der Bahnlinie zwischen Muggensturm und Malsch.....	5
---	---

## Tabellen

Tabelle 1: Kriterien für die Zustandsbewertung natürlicher Seen, aus LFU (2004).....	12
Tabelle 2: Kriterien für die Zustandsbewertung von Baggerseen in Baden-Württemberg.....	13

## Anlagen

Bericht „Gewässergüte 2018 des Baggersees Muggensturm“.....	Anlage 1
---	----------

## 1 Einleitung

Die Firma Kaltenbach plant den Weiterbetrieb (Konzessionsverlängerung) an ihrem Kiesabbaustandort Muggensturm.

Außerdem soll der Baggersee Muggensturm gegenüber dem bisher genehmigtem Ausbauzustand vertieft werden.

Die Firma Kaltenbach betreibt seit 1953 ein Kieswerk auf der Gemarkung Muggensturm (Landkreis Rastatt). Am aktuellen Baggersee findet seit 1972 Trockenabbau und seit 1975 Nassabbau statt.

Die konzessionierte Abbautiefe beträgt 89 m üNN, dies entspricht einer Wassertiefe von ca. 26 m.

Die Genehmigungsfläche beträgt 24,27 ha, davon sind 20,5 ha als Seefläche vorgesehen. Die aktuelle Seefläche beträgt ca. 15 ha. Der Abbau im neuen See ist noch nicht vollständig abgeschlossen: Am Westrand des Baggersees bestehen noch genehmigte Restabbauflächen.

Die neue geplante Abbautiefe beträgt 78 m üNN. Dies entspricht einer zusätzlichen Vertiefung um 11 m, von 26 auf 37 m Wassertiefe.

Der Nassabbau erfolgt über einen Schwimmbagger. Das gewonnene Baggergut wird mittels Förderband vom Baggersee zum Kieswerk am alten See transportiert. Die jährlichen Verkaufsmengen betragen 80.000 - 100.000 t/a.

Die geplante „Tiefenerweiterung“ beschränkt sich (geometriebedingt) auf die Seenmitte. Bestehende Uferzonen werden durch die Tieferbaggerungen geschont.

Die geplanten Böschungsneigungen betragen 1: 2,5, in geplanten Flachwasserzonen im Westen bis 1 : 20.

Beabsichtigt wird der Abbau für weitere 20 Jahre bis zum 31.12.2040. Da bei soll bisherige mittlere Verkaufsrate von 80.000 – 100.000 t/a nicht verändert werden.

Die Renaturierungsplanung für den neuen See macht folgende Vorgaben:

- Folgenutzung „Landschaftssee“ mit Biotopentwicklung;  
Verhinderung von Freizeitnutzung durch dichte Bepflanzung der Randböschungen, zeitlich begrenzte Errichtung eines Zauns
- Vorgesehene zusätzliche Biotoplemente (überwiegend kleinflächig am Baggerseerand) sind: Flachwasserzonen, Rohbodenstandorte, z.T. mit ephemeren Kleingewässern, Steilwand für die Uferschwalbe.

## 2 Methoden

Der Baggersee wird auf Grundlage der Planfeststellungsänderungsentscheidung vom 05.10.04 regelmäßig alle 2 Jahre physikalisch-chemisch untersucht, außerdem je ein Grundwasserbeobachtungspegel (je 1 stromauf- bzw. stromabwärts).

Diese Monitoringuntersuchungen des Baggersees und des Grundwassers sind im „Untersuchungsumfang A1 bzw. A2“ mit zwei Untersuchungszeitpunkten (Frühjahrszirkulation und Sommerstagnation) durch einen unabhängigen Gutachter durchzuführen. Die zuletzt durchgeführten Untersuchungen waren:

- 2018: Umfang A1
- 2016: Umfang A2

Die genannten Untersuchungsumfänge leiten sich ab aus dem Leitfaden „Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft“ (LFU 2004).

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse sind zitiert und verkürzt dargestellt aus den zuletzt erstellten Untersuchungsberichten 2018 und 2016. Die Berichte wurden jeweils durch das Büro für Umweltstudien (BFU), Uwe Heidenreich, Hockenheim, erstellt und liegen dem Landratsamt vor.

In Anlage 1 wird der letzte Bericht aus 2018 noch einmal angehängt.

Im vorliegenden Schutzgut „Wasser – Oberflächenwasser“ des UVP-Berichts werden zusätzlich die Auswirkungen der Tiefenerweiterung auf den gegenwärtigen Seenzustand abgeschätzt und ggf. daraus resultierende Konflikte und Maßnahmen genannt (s. Kapitel 9 und 10).

Ziel des vorliegenden Schutzgutachtens ist die Beschreibung und Bewertung des limnologischen IST-Zustandes einschließlich der Prognose über die voraussichtliche Entwicklung des Trophiezustandes unter Berücksichtigung der Grundwasserbeschaffenheit, der natürlichen Seenalterung und der Nutzung des Sees und seines Einzugsgebietes.

## 3 Lage und Umfeld des Baggersees

### 3.1 Nutzung des Umlands

Der Baggersee Muggensturm ist ein Grundwassersee mit Anschluss an die benachbarten Grundwasservorkommen. Grundwasserfließrichtung ist NW.

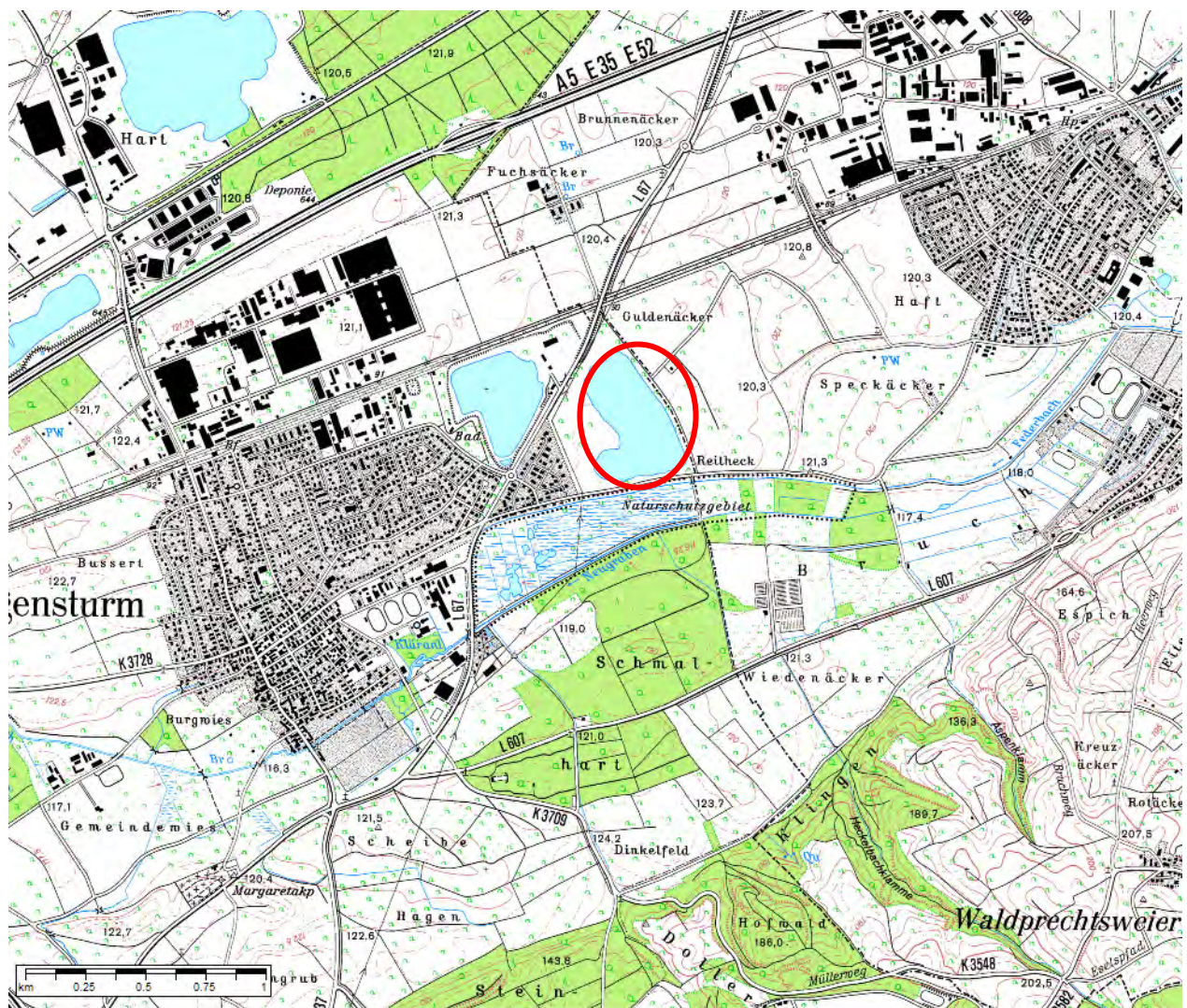


Abbildung 1: Lage des Baggersee (rot) an der Bahnlinie zwischen Muggensturm und Malsch

Die Lage des Baggersees ist in Abbildung 1 dargestellt.

Im Grundwasserzustrombereich (Südosten) schließt er an die Federbachaue an, weiter SO beginnt bereits der Anstieg zu den Schwarzwaldvorbergen mit ebenfalls eher extensiver Nutzung.

Im Osten und besonders im Norden schließen intensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen an.

Westlich und ferner östlich des Baggersees liegen Siedlungs- und Industriegebietsflächen (Muggensturm, Malsch).

## 3.2 Lage zu anderen Steh- und Fließgewässern

Der Baggersee besitzt keine oberirdischen Zu- oder Abflüsse.

Im Umfeld bis 10 km befinden sich im Rheintal zwischen Rastatt und Karlsruhe mind. 10 weitere Baggerseen ähnlicher Größenordnung.

Fließgewässer:

Südlich des Baggersees verläuft der Federbach. Der Mindestabstand des Federbachs zum Tiefenabbau beträgt 105 m.

Die Vorhabensfläche gehört zum großen oberirdischen Einzugsgebiet des **Federbachs** (127 km<sup>2</sup>), der bei Malsch entspringt und am Karlsruher Hafen in den Rhein mündet (Gesamtlänge 42 km). Im Untersuchungsraum befindet sich der Federbach noch in seinem Oberlauf, der künstlich an den Rand des Federbachbruchs verlegt wurde (gerader Verlauf, Trapezprofil). Es handelt sich um einen Silikat-Flachlandbach mit geringem Gefälle.

## 3.3 Windverhältnisse und Geländestruktur

Vorherrschende Windrichtung im Gebiet ist SW (Westwindlagen), in deutlich geringerem Umfang NO (Ostwindlagen), also jeweils parallel des Rheingrabens (LUBW-Kartendienst: Gemessene Winddaten, Windrose Rastatt).

Das Gelände im Umfeld des Baggersees ist eben (Rheinebene) und theoretisch gut vom Wind erreichbar.

Abschirmeffekte ergeben sich durch umliegende Gehölze und Gebäude:

- lockerer Gehölzbestand (hohe Pappeln und Weiden) im SW: NSG „Federbachbauch“, Abstand > 70 m.
- niedriger Gebäude- und lückiger niedriger Gehölzbestand im W angrenzend: Siedlungsgebiet Muggensturm.

- Baumhecke > 10 m am Ostrand des Baggersees.

## 3.4 Wasserschutz-, Überschwemmungsgebiete und Schonbe- reiche

Wie die meisten Flächen der weiteren Umgebung liegt auch der Baggersee im Wasserschutzgebiet (Gebiete um Ötigheim / Bietigheim / Muggensturm / Malsch zwischen Rastatt und Durmersheim): Hier handelt es sich um das WSG „Stadt Gaggenau, Werk Bietigheim 201“ (knapp 1.000 ha).

Zone I bzw. II des WSG befindet sich dabei 3 km NW (Abstromrichtung) des Baggersees, SO Bietigheim.

Analog zur großflächigen Ausweisung von WSGs in der Umgebung befindet sich das Abbaugelände in einem großflächigen „Bereich zur Sicherung von Wasservorkommen“ nach Regionalplan.

Überschwemmungsgebiete sind nicht ausgewiesen (fehlende geeignete Fließgewässer), ebenso existieren keine Quellenschutzgebiete.

## 3.5 Nutzung des Baggersees

Am Baggersee findet derzeit fast ausschließlich Kiesgewinnung statt, Angeln oder Baden ist nicht erwünscht.

Baden fand 2016 sporadisch in geringem Umfang statt.

Eine Badenutzung ist auch Rekultivierungs-/Renaturierungsplan nicht vorgesehen.

Der See ist auf einem Uferweg z.B. von Hundespaziergängern umrundbar.

Die Kiesgewinnung erfolgt mittels Schwimmbagger. Das gewonnene Baggergut wird mittels Förderband vom See zum Kieswerk nördlich der Landesstraße transportiert.



## 4 Morphometrie des Baggersees

### 4.1 Einführung

Natürliche und künstliche Seen können bei gleicher externer Belastung aufgrund ihrer morphometrischen Charakteristika sehr unterschiedliche Eutrophierungserscheinungen aufweisen.

Obwohl für künstlich entstandene Seen ein statistisch gesicherter Zusammenhang bisher nicht erbracht ist, geben die das Seebecken beschreibenden Kenngrößen dennoch Hinweise auf eine günstige Gestaltung des Gewässers im Hinblick auf die zu erwartende trophische Entwicklung.

Entsprechend den Ergebnissen von MIETZ & VIETINGHOFF (1994<sup>1</sup>) wird die Neigung zur Algenentwicklung durch folgende Faktoren gemindert:

- große Gewässertiefe
- stabile Schichtung im Sommer
- ein in Relation zum Epilimnion großes Hypolimnion, das auch am Ende der Sommerstagnation noch aerob ist
- Steilufigkeit mit geringem Anteil an Gewässerboden, der mit dem Epilimnion in Kontakt steht
- geringe Uferentwicklung (buchtenarm, keine Inseln, keine unterseeischen Geländerücken, ebenes Seebodenrelief)

Die für die Wasserbeschaffenheit günstigen Gestaltungsmerkmale stehen oftmals in Widerspruch mit den ökologischen Zielsetzungen und der Forderung nach amphibischen Lebensräumen (Flachwasserbereiche, Verlandungsgürtel, buchtenreiche Uferlinie etc.). Dieser Konflikt muss für jeden See individuell abgewogen werden.

Eutrophe und hypertrophe Seen weisen vor allem wegen der starken Sedimentzehrung oftmals Sauerstoffdefizite insbesondere am Ende der Stagnationsphase auf und werden bei weiterer Zufuhr von Nährstoffen zu Problemseen.

Untersuchungen an Baggerseen der Oberrheinebene zeigen, dass trotz nachweislich geringer Nährstoffbelastung und günstiger Wasserbeschaffenheit (→ positives Gütebild, oligotroph bis mesotroph) in vielen Baggerseen während der Sommerstagnation im Hypolimnion Sauerstoffdefizite festgestellt werden. Es wird daher

---

<sup>1</sup> MIETZ, O. & VIETINGHOFF, H. (1994): Zu den funktionellen Abhängigkeiten zwischen morphometrischen, topographischen und trophischen Kriterien von Seen, in Wasserwirtschaft 84 (1994) 12

angenommen, dass u.a. wegen des vergleichsweise ungünstigen Oberflächen- Tiefenverhältnisses der Sauerstoffeintrag aufgrund schlechter Durchmischungsmöglichkeiten behindert wird (morphologisch bedingte Meromixis). Das Oberflächen- /Tiefenverhältnis sollte daher so beschaffen sein, dass bei gegebener Windexposition während der Zirkulationsphase eine großräumige Umwälzung des Wasserkörpers erfolgt. Dadurch wird eine Regeneration des Sauerstoffhaushalts vor allem im Hypolimnion gewährleistet und meromiktische Verhältnisse vermieden.

## 4.2 Beschreibung und Bewertung

### Seefläche

Mit einer Seefläche von derzeit ca. 15 ha (genehmigt 20,5 ha, geplant ca. 19 ha) gehört der Baggersee Muggensturm zu den leicht überdurchschnittlich großen Baggerseen in der Oberrheinebene. Die LFU (2001<sup>2</sup>) gibt für 337 untersuchte Baggerseen der Oberrheinebene eine mittlere Größe von 11,7 ha an.

### Seetiefe

Mit einer maximalen genehmigten Seetiefe von 26 m (geplant 37 m) handelt es sich um einen sehr tiefen See. Er wird deutlich tiefer wie der Durchschnitt aller von der LFU (2001) untersuchten Baggerseen ( $\bar{\varnothing} = 18,6$  m).

### Oberflächen- Tiefenverhältnisse

Im tiefer geplanten Baggersee ergibt sich ein ungünstigeres Oberflächen-Tiefen-Verhältnis, welches höher ist als der Durchschnitt der Baggerseen in der Oberrheinebene. Der Baggersee ist daher bezüglich seiner Morphometrie potentiell meromixisgefährdet.

### Flachwasserbereiche

Die Uferentwicklung ist im kompakt geformten Baggersee gegenüber natürlichen Seen sehr niedrig, aber für vom Menschen geschaffene Baggerseen typisch. Der Faktor belegt, dass die Uferlinie buchtenarm bzw. nur leicht geschwungen ist.

Wie bereits erwähnt, stellen ausgedehnte Flachwasserbereiche durch häufige Umwälzungen im Epilimnion die aus zersetzender Biomasse freiwerdenden Nährstoffe unmittelbar der erneuten Bioproduktion in der lichtdurchfluteten, oberen Wasserschicht zur Verfügung. Hohe Flächenanteile an aktivem, dem Epilimnion und

---

<sup>2</sup> LFU (2001): Zustand der Baggerseen in der Oberrheinebene. Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 61. Karlsruhe

der trophogenen Zone zuzuordnende Seeboden können daher bei starkem Bewuchs ein gewisses Eutrophierungspotenzial darstellen, während der Vegetationsperiode aber auch Nährstoffe festlegen.

Um den gesamten Baggersee wurde beim Abbau ein mehrere Meter breiter Flachwasserbereich aus kiesig, sandigem Material belassen. Diese Flachwasserzonen sind derzeit noch überwiegend vegetationsarm und stellen kein Eutrophierungspotenzial dar. Selbst bei stärkerem Bewuchs und geschlossenem Schilfsaum ist die Flächenausdehnung zu gering, als dass von den Flachwasserbereichen ein erhöhtes Eutrophierungspotenzial ausgehen könnte.

### **Seebeckenform:**

Die bestehende Seeoberfläche ist ca. rhombisch, mit längerer Ausdehnung in Grundwasserfließrichtung (Nordwest, 600 m) und kürzerer Ausdehnung in Hauptwindrichtung (Südwest, 425 m).

Der Baggersee ist sehr tief, die Ufer überwiegend steil ausgebildet. Es handelt sich um ein Gewässer großer Kompaktheit und Zentrumsausprägung, d.h. der See kommt einem kreisrunden Stillgewässer ziemlich nahe.

### **Fazit:**

Größe und Tiefe des geplanten Baggersees sind für die Oberrheinebene überdurchschnittlich. Mit der geplanten Tiefenbaggerung ergibt sich ein ungünstigeres Oberflächen- /Tiefenverhältnis. Es sind ggf. die Voraussetzungen für meromiktische Verhältnisse gegeben. Mit der rel. großen SW-Ausrichtung des Baggersees (425 m Seenlänge) wird eine windinduzierte Durchmischung des Wasserkörpers aber begünstigt.

Die Uferentwicklung ist durch die vollständige Ausbaggerung sehr gering, für künstlich angelegte Gewässer aber typisch und für die limnologischen Eigenschaften des Sees als überwiegend günstig zu bewerten (Begünstigung ausreichender Durchmischung, hoher Anteil des Hypolimnions am Wasserkörper).

Auf der Grundlage der morphometrischen Parameter ist eine günstige Ausgangssituation für eine positive trophische Entwicklung des Gewässers gegeben, solange sich keine meromiktischen Verhältnisse einstellen.

## 5 Ergebnisse vormaliger chemisch-physikalischen Gewässeruntersuchungen

### Ergebnisse UVU 1995:

Der Vollständigkeit halber wird im Folgenden die Einschätzung der zuletzt durchgeführten UVP 1995 (Baggerseeerweiterung) zum Gütezustand des Baggersees wiedergegeben. Hierzu wurden einmalige Seewasseruntersuchungen angestellt. Das Ergebnis wird im Folgenden zitiert (IUS 1995<sup>3</sup>):

„Die Untersuchungen ergaben eine geringe Nährstoffbelastung der Kiesgrube Kaltenbach (oligo- bis mesotrophe Stufe). Negative Auswirkungen des Baggersees auf das Grundwasser sind aktuell auch im unmittelbaren Einzugsbereich des Baggersees nicht zu erwarten. Die aktuelle Grundwasserqualität liegt nach den vorliegenden Messungen im Bereich unbelasteten Grundwassers.

Die physikalischen und chemischen Erhebungen ergaben, dass der See aktuell (Stand 1994) in den Zirkulationsphasen vollständig durchmischt, d.h. meromiktische Verhältnisse im See derzeit auszuschließen sind. Dies gilt, obwohl nach der Oberflächen-Tiefen-Relation von BERGER (1955) eine Meromixis im See aufgrund der Seengestalt generell nicht auszuschließen ist.

Durch die Erweiterung und Tieferbaggerung entstehen voraussichtlich keine zusätzlichen stofflichen Belastungen des Sees und des Grundwassers im unmittelbaren Einzugsbereich. Die Oberflächen-Tiefen-Relation ändert sich in beiden Varianten nur geringfügig. Die Entwicklung des Sees und seine Auswirkung auf das Grundwasser hängen von der Folgenutzung des Sees und des Umlandes ab. Bei eingeschränkter Erholungsnutzung, höchstens extensiver fischereilicher Nutzung und der Errichtung ausreichender Pufferzonen um den See kann der günstige trophische Status des Sees längerfristig erhalten werden. Aufgrund der Lage des Sees im Einzugsbereich eines Naturschutzgebietes ist eine Eutrophierung des Sees unter dieser Voraussetzung auch längerfristig nicht zu erwarten.“

---

<sup>3</sup> IUS (Institut für Umweltstudien Weisser & Ness GmbH, Heidelberg) (1995): Kiesgrube Kaltenbach, Muggensturm – Ergänzungen zur Umweltverträglichkeitsstudie – Untersuchungen und Darstellungen zu Limnologie und Bodenschutz.

## 6 Kriterien für die Zustandsbewertung von Baggerseen

*Tabelle 1: Kriterien für die Zustandsbewertung natürlicher Seen, aus LFU (2004<sup>4</sup>)*

<b>Trophiestufe</b>	<b>oligotroph</b> nährstoffarm, gering produktiv	<b>mesotroph</b> mäßig nährstoffreich, mäßig produktiv	<b>eutroph</b> nährstoffreich, hoch produktiv	<b>polytroph</b> extrem nährstoffreich, stark produktiv
<b>Parameter</b>				
Sichttiefe im Sommer	> 5 m	> 2 m	< 2 m	< 1 m
Gesamt-Phosphor (µg/l) im Frühjahr	< 15	15-45	45-150	> 150
Chlorophyll a (µg/l) im Sommer	< 4	4-12	12-35	> 35

Die Zustandsbewertung für natürliche Seen (siehe Tabelle 1) beruht auf der Einstufung des Trophiepotenzials (Gesamtphosphor im Frühjahr), der biologischen Produktivität (Chlorophyll a im Sommer) und der Sauerstoffverhältnisse (Sauerstoffdefizit im Sommer). Zur schnellen Übersichtserhebung an Baggerseen wird von der LfU ein Verfahren angewendet, das zwei Untersuchungen im Jahr vorsieht (LFU 2004):

- Zirkulationsphase im Frühjahr: Erfassung des Nährstoffpotenzials.
- Stagnationsphase im Sommer: Erfassung der Biomasse und der Sauerstoffverhältnisse.

Die Einstufungen in Trophiestufen scheinen für Baggerseen nicht immer geeignet zu sein. Insbesondere kommt es bei noch in Auskiesung befindlichen Gewässern durch abbaubedingte Trübungen zu veränderten lichtklimatischen Verhältnissen, die sich auf die Produktivität der Algenbiomasse (Chlorophyll) und auf die Sichttiefe auswirken. Bei Baggerseen, in denen die Baggertätigkeit eingestellt ist, treten i. d. R. keine derartigen Erscheinungen auf.

Baggerseen sind oft einem sauerstoffarmen Grundwasserzuströmung ausgesetzt. Dies kann je nach Grundwasserbeschaffenheit zu Nährstoffhöhungen und/oder, wie besonders in der Oberrheinebene, zu einer markanten Zunahme sauerstoffarmen Wassers im Baggersee führen. Die größtenteils nährstoffarmen und geringe Biomassen aufweisenden Baggerseen sind auch deswegen nicht selten durch schlechte Sauerstoffverhältnisse charakterisiert. Gerade im Hinblick auf eine Bewertung führt diese Entkopplung zwischen Nährstoffhaushalt und Sauerstoffhaushalt zu weiteren Klassifikationsschwierigkeiten (LFU 2004).

---

<sup>4</sup> LFU (2004): Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft. Empfehlungen für die Planung und Genehmigung des Abbaues von Kies und Sand. Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 88. Karlsruhe

Aus den aufgeführten Kenngrößen wurde für die Bewertung der Baggerseen in Baden-Württemberg ein dreistufiges (Schnell-) Bewertungssystem abgeleitet. Zusätzlich wird die Mächtigkeit der sauerstoffarmen Wasserschicht berücksichtigt (LFU 2004, siehe Tabelle 2).

*Tabelle 2: Kriterien für die Zustandsbewertung von Baggerseen in Baden-Württemberg*

Eutrophierungspotenzial		Biologische Produktion		Sauerstoffverhältnisse	
Frühjahr / Zirkulationsphase		Sommer / Stagnationsphase		Sommer / Stagnationsphase	
Nährstoffkonzentration gemessen als Gesamtphosphor		Algen-Biomasse gemessen als Chlorophyll a		Mächtigkeit der sauerstoffarmen (< 2 mg/l) Wasserschicht über dem Seeboden im Verhältnis zur Gesamttiefe	
0-15 µg/l	gering	0-4 µg/l	gering	0-10 %	günstig
15-45 µg/l	mäßig	4-12 µg/l	mäßig	10-30 %	akzeptabel
> 45 µg/l	hoch	> 12 µg/l	hoch	> 30 %	ungünstig

Durch die Zufuhr von Nährstoffen kann es zu einer Verschlechterung der Wasserqualität kommen, insbesondere wenn die Nährstoffbelastung des Gewässers einen gewissen Schwellenwert überschreitet. Eine besondere Relevanz haben dabei die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff, da diese unter natürlichen, vom Menschen unbeeinflussten Bedingungen nur in sehr geringen Konzentrationen vorliegen und somit das Algenwachstum limitieren. Starkes Algenwachstum führt immer auch zu einer Belastung des Sauerstoffhaushaltes, da für die Mineralisierung des Algendetritus ein hoher Sauerstoffbedarf notwendig ist. Die durch die Photosynthese gebildete organische Substanz aus Algenbiomasse stellt somit ein Reduktionsmittel dar, das den Stoffhaushalt von Stillgewässern stark beeinflussen kann und auch redoxsensitive Nährstofffreisetzungen aus dem Sediment begünstigt.

## 7 Ergebnisse der chemisch-physikalischen Gewässeruntersuchungen

Im Folgenden wird aus den zuletzt durchgeführten Untersuchungen des Gewässermonitorings zitiert bzw. verkürzt dargestellt (BFU 2016, 2018):

- Untersuchungsaufwand A1: 2018
- Untersuchungsaufwand A2: 2016

Zum Vergleich wird immer wieder auf Gewässergütegutachten der vergangenen Jahre und die Studie zum Zustand der Baggerseen in der Oberrheinebene (HOPPE & BALLOT 2000<sup>5</sup>) verwiesen.

Die Probennahme erfolgte außerhalb des Baggerbereichs an der tiefsten des Sees.

Für die aktuellsten Untersuchungen (2020) liegen die Messergebnisse, aber kein ausführlicher Bericht vor. Die Messergebnisse sind unauffällig bzw. liegen im Rahmen der in den Vorjahren erstellten Gutachten.

### 7.1 Oberflächenwasser

#### 7.1.1 Temperatur

„Die Wassertemperatur des Sees wird von verschiedenen Faktoren wie Sonneneinstrahlung, Luft- und Bodentemperatur und der Temperatur des Grundwassers beeinflusst. Die Temperatur des Wassers wiederum beeinflusst die chemischen, physikalischen und biologischen Vorgänge im See. Bei höherer Temperatur nehmen die Dichte des Wassers und Löslichkeit von Gasen im Wasser ab, während die Reaktionsgeschwindigkeit chemischer und biologischer Prozesse zunimmt.

Tiefe Seen weisen, sofern sie ungestört sind, während der Sommermonate eine thermische Schichtung auf. Die warme Oberflächenschicht nennt man Epilimnion. Die darunterliegende Schicht weist einen steilen Temperaturgradienten auf, die Sprungschicht oder das Metalimnion. Im Tiefenwasser, dem Hypolimnion, findet kaum noch ein Wärmeaustausch statt. Diesen Zustand nennt man Sommerstagnation.

Wenn im Spätjahr das Wasser auf etwa 4 °C abkühlt und der Wind das Wasser tiefer durchpflügt, findet wieder eine Durchmischung der Schichten statt, die Herbstzirkulation. Im Winter kommt es zur Winterstagnation mit zwei Temperaturzonen, der kalten oder gefrorenen Oberfläche und dem Tiefenwasser mit 4 °C bei maxi-

---

<sup>5</sup> HOPPE, A. & BALLOT, A. (2000): Zustand der Baggerseen in der Oberrheinebene.

maler Dichte. Im Frühjahr findet erneut eine Zirkulation der Schichten statt und bei steigender Wärme bildet sich erneut die Sommerschichtung“.

„Der See wies zum Zeitpunkt der Messung im März 2018 eine durchschnittliche Temperatur von 5,2 °C und eine vollständige Durchmischung auf. Dieser Wert ist im Vergleich mit den bisherigen Beprobungen seit 1995/1996 sehr niedrig, bisher wurden zur Frühjahrszirkulation keine Temperaturen unter 6 °C gemessen. Im benachbarten Badensee wurden zum gleichen Zeitpunkt ähnliche Werte gemessen. Die niedrige Wassertemperatur ist auf den kalten Februar und März 2018 zurückzuführen.

Das Temperaturprofil von August 2018 weist die typische Schichtung eines dimiktischen Sees zur Sommertagnation auf. Trotz des sehr heißen Sommers entspricht das Profil im Wesentlichen den Werten der Vorjahre. Bei der ... Beprobung ... wurde ... am ... Baggersee eine Höchsttemperatur von 27,8 °C des Oberflächenwassers gemessen“.

## 7.1.2 Elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert

„Die elektrische Leitfähigkeit gibt Aufschluss über die Gesamtmenge der im Wasser gelösten Salze. Als Richtwerte für schwach mineralisiertes Wasser gelten 200-500 µS/cm und für gut mineralisiertes Grund- bzw. Quellwasser 500-2000 µS/cm. Wenn hohe Leitfähigkeitswerte nicht geologisch bedingt sind, können sie ein Hinweis auf anorganische Verunreinigungen sein. Die Leitfähigkeit von Baggerseen in der Oberrheinebene lag bei den Frühjahrsmessungen 1995 und 1996 im Mittel bei 557 µS/cm (HOPPE & BALLOT 2000)“.

„Die elektrische Leitfähigkeit war bei der Beprobung im März 2018 mit etwa 730 µS/cm über die gesamte Wassersäule deutlich höher als bei vorangegangenen Messungen. Die Leitfähigkeit war zum gleichen Zeitpunkt im Grundwasser und im benachbarten Badensee vergleichbar erhöht. Die Werte liegen im tolerierbaren Bereich (HOPPE & BALLOT 2000), sollten aber beobachtet werden. Am Profilverlauf der Leitfähigkeitsmessung erkennt man erneut die optimale Durchmischung des Gewässers während der Frühjahrszirkulation. Die Werte der Leitfähigkeit bei der Messung im August 2018 liegen zwischen 340 und 390 µS/cm und sind vergleichbar mit den in der Vergangenheit ermittelten Werten für diesen See. In der Tiefe steigt die Leitfähigkeit meist leicht an, dies liegt an der Zunahme von Eisen, Mangan und anderen Ionen, die im Tiefenwasser bei niedriger Sauerstoffkonzentration vermehrt in Lösung gehen. Dieser Effekt ist hier kaum zu beobachten, gleichzeitig sinkt der Sauerstoffgehalt mit zunehmender Tiefe kaum ab, dies hängt mit der Durchmischung der Wasserschichten durch den Baggerbetrieb zusammen“.



„Ein pH-Wert zwischen 6 und 9 ist für die meisten Organismen auf Dauer verträglich. Die hier gemessenen pH-Werte liegen zwischen 7,6 und 8,3. Bei der Beprobung im März 2018 lag der pH-Wert über die gesamte Wassersäule gleichmäßig bei etwa 8,3, dies weist auf die gute Durchmischung während der Frühjahrszirkulation hin. Der Profilverlauf des pH-Werts bei der Messung im August 2018 zeigt deutlich die Schichtung des Sees. Das Epilimnion weist einen pH-Wert um 8,2 auf, im Metalimnion sinkt er auf etwa 7,8 ab und im Hypolimnion bis zum Grund des Sees auf etwa 7,7. Grund für die Abnahme des pH-Werts ist  $\text{CO}_2$ , welches durch den Abbau organischer Substanzen frei wird. Der pH-Wert ist im Frühjahr deutlich höher als im Sommer, da durch die Frühjahrsprimärproduktion dem Wasser  $\text{CO}_2$  entzogen wird. Die ermittelten Werte sind vergleichbar mit den früheren Messungen in diesem Gewässer“.

## 7.1.3 Sauerstoffgehalt

„Die Zufuhr von Sauerstoff in Gewässer erfolgt durch chemische, physikalische und biologische Faktoren, wie Diffusion an der Wasser-/Luft-Grenzfläche und Photosynthese. Gleichzeitig wird Sauerstoff durch den aeroben Abbau organischer Stoffe und chemische Oxidationsprozesse verbraucht. Die Löslichkeit von Sauerstoff im Gewässer nimmt mit zunehmender Temperatur ab. Im Epilimnion kann der Sauerstoffgehalt durch die Photosynthese tagsüber bis zur Übersättigung ansteigen. Durch die sommerliche Schichtung in tiefen Seen wird das kältere Hypolimnion normalerweise nicht mit neuem Sauerstoff versorgt. Der Abbau herabsinkender organischer Stoffe verbraucht den verbleibenden Sauerstoff und es kann eine anaerobe Zone über dem Grund entstehen oder das gesamte Hypolimnion umfassen“.

„Bei der Messung im März 2018 konnte ein Sauerstoffgehalt zwischen 11,5 mg/l und 12 mg/l bestimmt werden. Wie bei den vorherigen Parametern ist auch hier eine gute Durchmischung des Sees zu diesem Zeitpunkt zu erkennen. Die Sauerstoffsättigung lag bei etwa 93%. Die Sauerstoffkonzentration entspricht der des benachbarten Badesees zum gleichen Zeitpunkt, sowie den vorher an diesem See gemessenen und auch dem im Mittel bestimmten Wert für die Baggerseen in der Oberrheinebene.

Im August 2018 lag die Sauerstoffkonzentration an der Oberfläche bei etwa 10 mg/l, stieg in 4-6 m Tiefe auf über 12 mg/l an und sank dann bis zum Seegrund auf etwa 9 mg/l ab. Es zeigt sich eine heterograd-positive Sauerstoffkurve. Das Metalimnion liegt in der euphotischen Zone, hier kommt es durch das Phytoplankton zu einem Sauerstoffmaximum. Durch die bestehende Auskiesung kommt es zu einer kontinuierlichen Durchmischung mit einer durchgehenden Sauerstoffversorgung bis zum Seegrund. Hierdurch ist der See auch bis in 20 m Tiefe mit Sauerstoff gesättigt. Der Verlauf der Sauerstoffkonzentration ist vergleichbar mit den früheren, während der Sommerstagnation ermittelten Werten.

Für viele Fischarten stellen 4 mg/L Sauerstoff eine kritische Schwelle dar, unterhalb derer sie nicht oder nur suboptimal leben können. Diese Grenze wurde zu keinem Zeitpunkt unterschritten, die Sauerstoffkonzentrationen sind sehr gut.“

## 7.1.4 Gesamtphosphor und ortho-Phosphat

„Phosphor ist in limnischen Systemen meist der limitierende Nährstoff für Pflanzenwachstum. Die Eutrophierung eines Gewässers ist abhängig vom verfügbaren Phosphor. Phosphate werden vor allem aus Abwässern und durch die Landwirtschaft in Gewässer eingebracht. Die wichtigste Phosphorverbindung in Gewässern ist gelöstes ortho-Phosphat, welches unmittelbar verfügbar für Pflanzen ist. Freigesetzter Phosphor geht mit  $Fe^{3+}$  einen schwerlöslichen Komplex ein und setzt sich im Sediment ab. Sinkt die Sauerstoffsättigung des Gewässers jedoch unter 10%, wird Eisen zu  $Fe^{2+}$  reduziert und der gebundene Phosphor wieder freigesetzt, dadurch kann es zur Phosphoranreicherung in der Nähe des Seegrunds kommen“.

„Die Gesamtphosphorkonzentration lag im März 2018 unter der Bestimmungsgrenze von 0,005 mg/l und die Phosphatkonzentration unter der Bestimmungsgrenze von 0,02 mg/l. Die Messungen der Baggerseen in der Oberrheinebene ergaben einen durchschnittlichen Gesamtphosphorgehalt von 0,023 mg/l während der Frühjahrszirkulation und 0,025 mg/l während der Sommerstagnation (HOPPE & BALLOT 2000)“.

## 7.1.5 Ammonium und Sulfid

„Die Stickstoffverbindung Ammonium wird bei der mikrobiellen Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Verbindungen freigesetzt. Es ist ein Verschmutzungsindikator, der auf Grund seiner schnellen Aufnahme in Phytoplankton als Eutrophierungsquelle angesehen wird. In höheren Konzentrationen ist Ammonium toxisch für Fische und andere Wasserorganismen.

Bei den hier durchgeführten Messungen lag die Ammoniumkonzentration in allen Proben unter der Bestimmungsgrenze von 0,06 mg/l“.

„Sulfid entsteht durch den mikrobiellen Abbau schwefelhaltiger Eiweißverbindungen und durch die anaerobe mikrobielle Reduktion von Sulfat. Der Sulfidgehalt in den Proben aus dem Hypolimnion und über Grund vom 14.8.2018 lag unter 0,04 mg/l. Sämtliche Proben waren geruchslos, daher ist von keinem erhöhten Sulfidgehalt ... auszugehen“.

## 7.1.6 Nitrat und Nitrit

„Nitrit ist ein Zwischenprodukt des Stickstoffkreislaufes und entsteht entweder aufgrund der mikrobiellen Oxidation aus Ammonium, oder auch, infolge von Reduktionsreaktionen, aus Nitrat. Es kann von Pflanzen und Algen nicht aufgenommen werden. Im unverschmutzten Wasser soll Nitrit nur im Spurenbereich bis maximal 0,001 mg/L (0,0003 mg N/L) vorhanden sein. Konzentrationen im Bereich von 0,2 - 2 mg/L (0,06 - 0,61 mg N/L) gelten als Hinweis auf verschmutzte Wässer (HÜTTER 1994<sup>6</sup>). Da Nitrit ein starkes Fischgift ist, ist die Überwachung dieses Parameters sehr wichtig.

Während des Überwachungszeitraumes 2016 wurden Nitritkonzentrationen von 0,01 und 0,02 mg/L erfasst. Die gemessenen Werte im Jahr 2016 sind nicht erhöht. Die Daten der LFU bewegten sich in einem vergleichbaren Bereich von 0,0067 und 0,056 mg/L (HOPPE 1998<sup>7</sup>)...

Nitrat kommt in fast allen Wässern in geringen Mengen von Natur aus vor. In unbelasteten Oberflächenwässern sind in der Regel zwischen 0,4 und 8 mg/L zu finden (HÜTTER 1994). Diese Konzentrationen wurden bei den Messungen im Jahre 2016 nicht überschritten, der höchste Wert wurde im Sommer 2016 mit 2,8 mg/L festgestellt. Im März 1995 wurde an der Oberfläche eine Konzentration von 4,4 mg/L festgestellt.

In der landesweiten Untersuchung von HOPPE (1998) wurden im Mittel in der Zeit von 1994 - 1997 in den 325 untersuchten Seen im Sommer im Epilimnion Nitratkonzentrationen von 0,96 mg/L und im Hypolimnion 0,79 mg/L nachgewiesen. Die Nitratkonzentrationen im Seewasser sind im Verhältnis zu den anderen untersuchten Seen in der Oberrheinebene nicht als erhöht zu betrachten“.

## 7.1.7 DOC und Permanganatindex

„Der DOC ist ein Maß für die gelösten organischen Kohlenstoffverbindungen im Wasser. In natürlichen Gewässern liegen die DOC-Konzentrationen im mg-Bereich (HÜTTER 1994). Die DOC- bzw. Permanganat-Index-Werte im See sind mit 4,8 mg/L und mit 11 mg/L im Maximum niedrig...

---

<sup>6</sup> L. A. HÜTTER (1994): Wasser und Wasseruntersuchung, Laborbücher. 6. Auflage. Salle + Sauerländer. Frankfurt am Main.

<sup>7</sup> A. HOPPE (1998): Baggerseeuntersuchungen in der Oberrheinebene. In: DGL (1998): Tagungsbericht 1998 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL) und der deutschen und österr. Sektion der Societas Internationalis Limnologiae (SIL). Klagenfurt Band I.

Die landesweite Untersuchung von 324 DOC-Epilimnionproben (HOPPE 1998) ergab im Mittel einen Wert von 3,1 mg/L.

Der Permanganat-Index wird zur Bestimmung der Oxidierbarkeit im Wasser enthaltener organischer und anorganischer Stoffe herangezogen. Allerdings werden nicht alle organischen Verbindungen unter den gegebenen Versuchsbedingungen oxidiert. Unbelastete Oberflächengewässer weisen einen Permanganat -Index zwischen 8 - 12 mg/L auf oxidiert (HÜTTER 1994)“.

## 7.1.8 Chlorid, Sulfat und Silizium

„Chlorid ist in allen Binnengewässern enthalten. Da es über die natürlichen Selbstreinigungsprozesse keiner Veränderung unterliegt, gilt es als dauerhafter Verschmutzungsindikator. So weit erhöhte Chloridkonzentrationen nicht geogen bedingt sind, kann davon ausgegangen werden, dass Verunreinigungen entweder mit Abwässern, Streusalz oder Düngemittel in das Gewässer gelangten.

Die ermittelten Werte um 11 mg/L Chlorid ... weisen auf keine der genannten Probleme hin. Auch in den Vorjahren wurden in diesem See ähnliche Werte erfasst .

Die Sommeruntersuchungen von HOPPE (1998) erbrachten im Mittel im Epilimnion Chloridkonzentrationen von 39,6 mg/L und im Hypolimnion von 42,1 mg/L. Damit liegt der Baggersee mit den ermittelten Werten unterhalb der beprobten Gewässer.

Der Sulfatgehalt eines Gewässers ist durch geogene Bedingungen vorgegeben, in erster Linie durch das Vorkommen von löslichem Gips, durch die Oxidation von Sulfiden und durch Schwefelwasserstoff, aber auch durch den Abbau schwefelhaltiger organischer Stoffe. Auch Industrieabwässer weisen sehr oft erhöhte Sulfatwerte auf. In Oberflächengewässern können Sulfatgehalte von 100 mg/L und mehr vorgefunden werden. Für unbelastete Wässer wird ein Sulfatgehalt von 10 mg/L -30 mg/L angegeben (HÜTTER 1994).

Im untersuchten See ... bewegten sich die Sulfatkonzentrationen im niedrigen Bereich um 18 mg/L. HOPPE (1998) hatte im Mittel 63,6 mg/L Sulfat im Epilimnion und im Hypolimnion 56 mg/L Sulfat gefunden. Die Höchstwerte lagen bei 386 mg/L und 351 mg/L Sulfat in den jeweiligen Tiefenzonen.

Der Siliziumgehalt eines Gewässers ist von den geogenen Bedingungen des Untergrundes abhängig. Seen enthalten meist nur 1 - 2 mg/L, insbesondere sehr weiche Wässer können aber auch bis zu 50 mg/L aufweisen (HÜTTER 1994). Für Kieselalgen (Diatomeen) ist Silizium ein essentieller Nährstoff. Ist dieser reichlich

vorhanden, können Diatomeen nicht nur im Frühjahr und Herbst, sondern auch im Sommer hohe Biomassen erreichen...

Die Siliziumkonzentrationen liegen bei maximal 1,2 mg/L. Die Vergleichsuntersuchung von HOPPE (1998) ergab für das Epilimnion mit 1,6 mg/L ähnliche Siliziumkonzentrationen. Lediglich im Hypolimnion wurden ... mit 4 mg/L gegen über 0,88 mg/L höhere Konzentrationen gefunden“.

## 7.1.9 Eisen und Mangan

„In sauerstoffreichen Gewässern kommt gelöstes Eisen nur in Spuren vor. In reduzierten Gewässern, wie Grundwasser oder dem Hypolimnion von Seen, können Konzentrationen bis zu 10 mg/L Fe<sub>2</sub> zu einer deutlichen Anreicherung von gelöstem Eisen führen. Ähnliches gilt auch für Mangan.

Im Baggersee ... waren im Jahr 2016 aufgrund der guten Sauerstoffversorgung die Eisen- und Mangankonzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze 0,01 mg/L. Dies galt für die Frühjahrs- als auch für die Sommerbeprobung.

Im Rahmen der Vergleichsuntersuchung von HOPPE (1998) wurden für Eisen im Epilimnion Konzentrationen im Mittel von 0,052 mg/L und im Hypolimnion von 0,98 mg/L angegeben.“

## 7.1.10 Calcium, Magnesium, Gesamthärte und Säurekapazität

„Unter dem Begriff der Gesamthärte wird die Summe der Erdalkalimetalle zusammengefasst. Die natürlich verursachte Härte wird vom Kalkgehalt des geologischen Untergrundes und dem jeweiligen Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht bestimmt.

Aufgrund der Calciumkonzentrationen liegt der See mit 53 - 70 mg/L Calcium im mittleren Bereich von vergleichbaren Seen der Oberrheinebene (HOPPE 1998). Ähnliches gilt für die ermittelten Magnesiumkonzentrationen, diese lagen zwischen 8,9 und 9,5 mg/L.

Grundwässer in der Oberrheinebene weisen in der Regel im oberen Grundwasserleiter hohe Gesamthärte auf. Als Medianwert wird für die Oberrheinebene ein Wert von 2,05 mmol/l angegeben (LFU 1996<sup>8</sup>).

---

<sup>8</sup> LFU (1996): Grundwasserüberwachungsprogramm – Geogen geprägte Hintergrundbeschaffenheit – Ergebnisse aus dem Basisnetz. 2. unveränd. Aufl. LFU Baden-Württ.

Über die Säurekapazität wird die Menge der im Wasser vorhandenen Hydrogencarbonat-, Carbonat- und Hydroxyionen ermittelt. In den oberen Grundwasserleitern der Oberrheinebene wird im Median mit ca. 3,2 mmol/l gerechnet (LFU 1996).

Die aufgenommenen Gesamthärtewerte [im Baggersee] aus den Jahren 2001 und 2005 wurden zwischen 1,5 mmol/l bzw. max. 2,0 mmol/l gemessen. [2016] wurden vergleichbare Werte zwischen 1,6 und 2,14 mmol/l aufgenommen.

Auch die Säurekapazität unterscheidet sich mit Werten zwischen 2,6 und 3,02 mmol/l im Jahr 2001 und 2005 praktisch nicht. Ähnliche Werte um 3 bis 3,8 mmol/l wurden 2016 festgestellt.

HOPPE (1998) hatte bei den Hydrogencarbonatuntersuchungen in den 325 untersuchten Seen im Mittel im Epilimnion mit 2,5 mmol/l und im Hypolimnion mit 3,3 mmol/l vergleichbare Bedingungen ermittelt.“

## 7.1.11 Natrium und Kalium

„Natrium und Kalium sind Metalle, die natürlicherweise in allen Wässern vorkommen. Die ermittelten Konzentrationen für Natrium um 5 mg/L befinden sich unterhalb der mittleren Werte von 21,2 mg/L für die Baggerseen in Baden-Württemberg (HOPPE 1998), somit sind sie unerheblich. Ähnliches gilt für Kalium; hier wurde die höchste Konzentration mit 1,5 mg/L im Frühjahr ermittelt. HOPPE hatte für Kalium einen Mittelwert von 4,5 angegeben.“

## 7.1.12 Sichttiefe und Chlorophyll

„Chlorophyll a ist ein pflanzliches Photosynthesepigment. Die Chlorophyll a-Gehalte im Phytoplankton können stark variieren, dennoch dient es als Maß für eine näherungsweise Bestimmung der Biomasse des Phytoplanktons in limnischen Systemen. Im Epilimnion des Baggersees wurde während der Sommerstagnation eine Chlorophyll a-Konzentration unter 1 µg/l ermittelt. Dieser Wert ist sehr gering, die von Hoppe untersuchten Seen in der Oberrheinebene wiesen während der Sommerbeprobung eine durchschnittliche Konzentration von 12,1 µg/l auf“.

„Die Sichttiefe ist abhängig von der Dichte des Phytoplanktons und mineralischen Trübstoffen, sie gibt Aufschluss über die Abnahme der Lichtintensität im Wasser. Sie lag bei 2 m im Frühjahr und 4,6 m im Sommer, im nicht vom Baggerbetrieb beeinflussten Bereich“.

## 7.2 Grundwasser

„Das Grundwasser wurde in den Brunnen B1 und B2 untersucht (Zustrompegel P 1 und Abstrompegel P 4). Die Temperatur liegt in den Frühjahrs- und Sommeruntersuchungen im gleichen Bereich, zwischen 11,7°C und 12,9°C. Die pH-Werte und Sauerstoffkonzentration sind bei beiden Messzeitpunkten und Pegeln vergleichbar.

Wie schon bei der Profilmessung des Baggersees waren die Leitfähigkeitswerte im März 2018 auffällig hoch. Die Werte liegen nach wie vor im tolerierbaren Bereich, sollten aber beobachtet werden. Grundsätzlich wurden im Zustrompegel höhere Leitfähigkeitswerte beobachtet als im Abstrompegel, wo die Werte vergleichbar mit den Messergebnissen des Baggersees sind.

Die Grundwasserwerte lagen durchweg im Normbereich. Die Werte entsprechen den Grundwasserpegelmessergebnissen für vergleichbare Abbauseen in der Region (LFU 1996; LFU 2004b<sup>9</sup>).“

## 7.3 Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen

### Farbe, Geruch, und Oxidationszustand

„Auf dem nach oben beförderten Material vom Seegrund sind keine Mulmauflagen feststellbar. Die Sedimentprobe ist färb- und geruchlos. Der Oxidationszustand weist auf ein schluffiges stichfestes Sediment hin.“

## 7.4 Zusammenfassung und Bewertung

„Der Baggersee ... wurde in den letzten Jahren nach den Kriterien des Untersuchungsumfangs A1 bzw. A2 untersucht. Die chemisch-physikalische Gewässergüteuntersuchung hat insgesamt keine auffälligen Werte ergeben, die auf eine Gefährdung hindeuten.

Die Sauerstoffverhältnisse zeigten im Frühjahr und Sommer 2018 durchgehend eine Sättigung von über 90%, hier lagen die Werte in einem sehr guten Bereich. Schwefelwasserstoff war nicht nachweisbar, somit kam es

---

<sup>9</sup> LFU (1996): Grundwasser-Überwachungsprogramm. Geogen geprägte Hintergrundbeschaffenheit. Karlsruhe. 94 S.  
LFU (2004b): Jahresdatenkatalog Grundwasser 1995 - 2003.

nicht zu anaeroben Abbauvorgängen im Tiefenwasserbereich. Ammonium konnte als Verschmutzungsindikator ebenfalls nicht nachgewiesen werden.

Die Werte der elektrischen Leitfähigkeit liegen im Normbereich. Die pH-Werte entsprechen den vom geologischen Untergrund her zu erwartenden Daten und sind als gut zu bewerten.

Die Phosphatkonzentration erlaubt eine Zuordnung in die oligotrophen Verhältnisse, d. h., der See ist nicht von zu hohen Phosphatkonzentrationen beeinträchtigt und er ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht durch eine Überdüngung gefährdet. Die Chlorophyllwerte sind ebenfalls nicht bedenklich.

Die Sichttiefenuntersuchung hat eine vergleichsweise geringe Sichttiefe ergeben, was auf den Auskiesungsbetrieb zurückzuführen ist.

Insgesamt liegt die Wasserqualität des Baggersees Kaltenbach in Muggensturm im oligotrophen Bereich, der See ist somit nicht als gefährdet einzustufen. Das gleiche gilt für das zu- und abfließende Grundwasser“.

## 8 Mögliche Nährstoffbelastungsquellen

Eine typische Eigenschaft von Baggerseen ist, dass sie nach Beendigung der Auskiesung sehr schnell “altern”. Während des Abbaus werden bestehende Belastungen relativ gut kompensiert. Bei Abbauende führen diese Belastungen jedoch im Zuge des natürlichen Alterungsprozess zu einer beschleunigten Sukzession von einem zunächst oligotrophen zu einem eutrophen Gewässerzustand, verbunden mit einer Anreicherung von Nährstoffen. Ein Endzustand dieser Entwicklung wird erst dann erreicht, wenn sich zwischen den externen Nährstoffeinträgen und den internen Stoffumsätzen im See Gleichgewichte eingestellt haben.

Neben der Morphometrie des Seebeckens und seiner Lage im Grundwasserströmungsfeld bestimmen in erster Linie der Zustand des Umfeldes die Startbedingungen des neu von Menschenhand geschaffenen Ökosystems. Die bestehenden Belastungen müssen deshalb abgeschätzt werden, um die voraussichtliche Geschwindigkeit des “Alterungsprozesses” zu prognostizieren.

Entscheidend für den Eutrophierungsprozess in Baggerseen ist die Verfügbarkeit von Nährstoffen.

Im Falle des Baggersees Muggensturm kommen derzeit folgende Belastungspfade in Betracht:

- Eintragungspotenzial durch Grundwasser



Eine derzeitige Anbindung des Baggersees an das umliegende Grundwasser wird angenommen.

BOOS & STROHM (1995<sup>10</sup>) haben in einer Literaturstudie die möglichen Nährstoff- und Schadstoffeinträge in Baggerseen einschließlich der Belastungspfade untersucht. Ein wesentliches Ergebnis dieser Studie ist, dass die Gewässergüte sehr stark von der Menge und von der hydrochemischen Beschaffenheit des zuströmenden Grundwassers abhängt. Bereits leicht erhöhte Phosphor-Gehalte im Grundwasser können u.U. zu einem ganz erheblichen Nährstoffeintrag führen. Nährstoffeinträge durch Grundwasser übertreffen bei weitem die anderen eutrophierungsrelevanten Belastungspfade.

Die tatsächlichen Nährstoffgehalte des Grundwassers spielen oftmals nicht die entscheidende Rolle.

Vielmehr sind es die im Übergangsbereich Aquifer-Baggersee stattfindenden Wechselwirkungen zwischen Seesediment und eintretendem Grundwasser, die sekundär zu erheblichen Nährstoffmobilisierungen führen können. Eine Quantifizierung der Nährstoffeinträge mittels einfacher Faustformeln ist daher nicht möglich.

Aufgrund Anbindung des Baggersees Muggensturm an das Grundwasser ist derzeit prinzipiell von einem gewissen Eintrag an Nährstoffen aus dem oberstromigen Grundwasser und aufgrund der Sauerstoffarmut des zufließenden Grundwassers auch von einer gewissen Mobilisierung von Nährstoffen im Übergangsbereich Aquifer-Baggersee auszugehen.

Die Nährstofffrachten des zufließenden Grundwassers sind nach den Messungen allerdings als sehr gering einzuschätzen. Dies deckt sich mit der Nutzung des unmittelbar benachbarten Einzugsgebiets (Naturschutzgebiet, Schwarzwaldvorberge: überwiegend extensive Nutzung).

Ergebnis: Das grundwasserbedingte Eutrophierungspotenzial anhand der vorliegenden Messdaten zum gegenwärtigen Zeitpunkt als gering einzuschätzen.

Auch weitere mögliche Belastungspfade spielen aktuell nur eine geringe oder keine Rolle, z.B.:

- Badenutzung
- Angelnutzung
- Falllaubeintrag: nur schmale Gehölzsäume an Ost- und Südufer
- Wasservögel: keine hohen Dichten festgestellt

---

<sup>10</sup> BOOS, K.-J. & F. STROHM (1995): Forschungs- und Untersuchungsvorhaben des Umweltministeriums Baden-Württemberg, Konfliktarme Baggerseen KABA, Literaturrecherche, Endbericht der Arbeitsgruppe 1, 134 S.

## **9 Prognose der Gewässerentwicklung und Konfliktbewertung**

### **9.1 Allgemeines zur Sukzession von Baggerseen**

Alle stehenden Gewässer sind einem natürlichen Eutrophierungsprozess unterworfen. Durch das Ausbringen von Nährstoffen in den letzten Jahrzehnten werden heute die natürlichen Eutrophierungsvorgänge beschleunigt.

Eine typische Eigenschaft von Baggerseen ist, dass sie nach Beendigung der Auskiesung sehr schnell „altern“. Während des Abbaus werden bestehende Belastungen relativ gut kompensiert:

Nach Beendigung des Kiesabbaus sedimentieren die durch den Baggerbetrieb aufgewirbelten Tonteilchen. Das Wasser wird klar und die lichtdurchflutete produktive Wasserschicht wird mächtiger. Das Wasservolumen, in dem Biomasse aufgebaut wird, wird größer. Gleichzeitig verbessert sich die Nährstoffversorgung: Der aus externen Quellen zur Verfügung stehende Phosphor wird nicht, wie bisher, durch Bindung an Tonteilchen, Sedimentation und anschließende mineralische Überdeckung dem Stoffhaushalt entzogen, sondern steht direkt den produktiven Prozessen in der lichtdurchfluteten Zone zur Verfügung.

Die während der Vegetationsperiode produzierte Biomasse stirbt ab und sammelt sich in Baggerrinnen und Senken am Seeboden. Es bildet sich eine organische Auflage, bei deren Abbau Sauerstoff verbraucht wird. Es kann, besonders in tiefen Seen, mittelfristig zur lokalen Ausbildung anaerober Bereiche im Sommer kommen. Durch Zirkulationsvorgänge im Herbst und Frühjahr werden diese aufgelöst und die am Seeboden mineralisierten Nährstoffe in die produktive trophogene Zone verlagert. Der Kreislauf beginnt von neuem mit der Produktion von Biomasse. Ein Endzustand dieser Entwicklung wird erst dann erreicht, wenn sich zwischen den externen Nährstoffeinträgen und den internen Stoffumsätzen im See Gleichgewichte eingestellt haben.

Dem System werden über die verschiedenen Eintragswege Phosphor zugeführt. Es kommt zur Akkumulation dieses Nährstoffes im Sediment, da der Phosphor im Gegensatz zum Stickstoff nicht mehr aus dem System entweichen kann (über  $N_2$ ). Wenn der gesamte Gewässergrund mit biogenen Ablagerungen bedeckt ist, können Sauerstoffarmut, pH-Wert-Verschiebungen und das Absinken des Redoxpotenzials die für alle stark eutrophen bis hypertrophen Seen charakteristische Phosphorrücklösung aus dem Sediment einleiten. Dieser Vorgang wird als interne Düngung bezeichnet. In deren Folge findet eine erhöhte Produktion an Biomasse statt. Neben Phosphor werden auch andere Ionen (Eisen, Mangan) und z.T. toxische Stoffe, insbesondere

Schwefelwasserstoff und Ammoniak aus dem Sediment freigesetzt. Dieser Zustand wird durch eine starke Zunahme der Leitfähigkeit über Grund charakterisiert. Als Folge der chemischen Stratifikation können u.U. meromiktische Verhältnisse entstehen.

Neben der Morphometrie des Seebeckens und seiner Lage im Grundwasserströmungsfeld bestimmen in erster Linie der Zustand des Umfeldes die Startbedingungen des neu von Menschenhand geschaffenen Ökosystems. Die bestehenden Belastungen müssen abgeschätzt werden, um den beschriebenen schädlichen Eutrophierungsprozessen (P-Rücklösung, Meromixis) vorbeugen zu können.

## 9.2 Prognose der weiteren Entwicklung

### 9.2.1 Nährstoffhaushalt

#### **Bestand:**

Es gibt im oberstromigen Grundwasser derzeit noch keine Hinweise auf anthropogen verursachte Beeinträchtigungen der Gewässerqualität durch Düngestoffe, organische Verunreinigungen oder sonstige Abwässer, obwohl der Baggersee gut an den Aquifer angeschlossen ist: Oberstromig bestehen überwiegend nur extensive Nutzungen.

So ist derzeit nur von einem geringen Eutrophierungspotenzial über den Grundwasserpfad auszugehen. Mit zunehmender Eutrophierung gewinnt auch die biogene Sohlabdichtung an Bedeutung, so dass der Grundwasserzustrom über die Ufer bzw. über den Seeboden abnehmen wird. Dies vermindert den Zustrom von Nährstoffen aus dem Grundwasser und die Nährstoffmobilisierung aus dem Sediment durch Seebodeneinsickerung. Die Abdichtung durch organische Sedimente wird jedoch erst zu einem späteren Stadium des Eutrophierungsprozesses einsetzen. Eine vollständige Abdichtung wird vermutlich nicht erreicht werden, so dass mit lokalen Einsickerungsprozesse bei mehr oder weniger mächtigen organischen Auflagen und Nährstoffausspülungen gerechnet werden muss.

Es wird davon ausgegangen, dass in den ersten Jahren nach Beendigung des Abbaus zunächst deutliche Eutrophierungserscheinungen messbar werden. Insbesondere auch deshalb, weil im oligotrophen Zustand bereits geringe Phosphorbelastungen zu einer deutlichen Zunahme der Biomasseproduktion führen.

In den Folgejahren wird sich der Eutrophierungsgeschwindigkeit verlangsamen und auf ein bestimmtes Niveau einpendeln. Die Nährstoffbelastungen sind jedoch nicht so hoch, dass mit einer „rasanten Eutrophierung“ gerechnet werden muss. Bei gleich bleibender Nutzung durch die Landwirtschaft im Einzugsgebiet wird sich der See jedoch langfristig zu einem eutrophen Gewässer entwickeln. Ein „Umkippen des Gewässers“ ist bei der jetzigen Belastung mittelfristig nicht zu erwarten.

## **Bestand mit Tiefenerweiterung / Konfliktbewertung:**

Von Bedeutung für die weitere Entwicklung ist, ob sich die derzeitigen Nährstoffverhältnisse in der Umgebung durch die geplante Erweiterung gegenüber der heutigen Situation wesentlich verändern

Hiervon ist nicht auszugehen, da mit der Erweiterung

- nicht näher an eutrophierungsrelevante Quellen herangerückt wird, etwa Straßen, Siedlungen
- neue eutrophierungsrelevante Nutzungen nicht angeschnitten oder erschlossen werden, etwa Schaffung neuer Badeufer oder Hinzukommen zusätzlicher intensiv genutzter Ackerflächen im Einzugsgebiet: Die Ackerfläche im Einzugsgebiet bleibt ca. gleich.

Durch die Tiefenbaggerung vergrößert sich aber die theoretisch die Austauschfläche des Seenkörpers mit dem Grundwasser, der Zufluss von Grundwasser als möglicher Belastungspfad für Nährstoffe wird begünstigt. Allerdings zeigen die aktuellen Untersuchungen, dass das zuströmende Grundwasser nur sehr geringe Nährstofffrachten führt.

Die Tiefenerweiterung des Baggersees Muggensturm ist daher mit Hinblick auf mögliche zusätzliche Nährstoffbelastungen als wenig kritisch zu bewerten. Durch die geplante Erweiterung wird die oben geschilderte Entwicklungsdynamik des Baggersees wahrscheinlich nicht entscheidend beschleunigt oder verlangsamt (Prognoseunsicherheit). Es entsteht nur ein **geringer Konflikt WA 1**: Mögliche Belastung des Nährstoffhaushalts durch Tiefenerweiterung.

## **9.2.2 Zirkulationsverhalten und Sauerstoffhaushalt**

Entscheidend für die mittel- bis langfristige Prognose des Gütezustandes sind auch die zu erwartenden Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser und die Frage, ob während des Winterhalbjahres eine ausreichende Regeneration möglicher Sauerstoffdefizite durch Vollzirkulation erreicht wird.

Die Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, dass derzeit aufgrund der sicheren jährlichen Durchmischung keine sauerstofffreien Zonen über Grund entstehen. Eine Beeinträchtigung durch den Zufluss des sauerstoffarmen Grundwassers aus der Umgebung war anhand der Analysewerte ebenfalls nicht nachzuweisen.

Mit der Erweiterung vertieft sich der Baggersee um 11 m von bislang 26 auf zukünftig 37 m, also um das fast anderthalbfache (Faktor 1,42).

Allerdings vergrößert sich der der See auch noch gegenüber dem aktuellen Zustand von ca. 15 ha auf ca. 19 ha (bereits genehmigt. Dies entspricht einem Faktor von 1,3. Damit wird wiederum die Windangriffsfläche (Hauptwindrichtung Süd/Südwestwind) vergrößert und das Oberflächen-Volumenverhältnis verbessert. Beides wirkt sich positiv auf das zukünftige Zirkulationsverhalten aus.

Es ist daher wahrscheinlich auch zukünftig von einer vollständigen Durchmischung im Winterhalbjahr auszugehen (Prognoseunsicherheit), die Sauerstoffdefizite über Grund ausräumen kann. Dies zeigen auch Vergleiche mit anderen aktiven Baggerseen.

Das Restrisiko einer Meromixis (nur teilweise Durchmischung) wird mit einem **mittleren Konflikt WA 2** bewertet: Mögliche fehlende vollständige Durchmischung durch Tiefenerweiterung.

## 9.3 Konfliktbewertung

Es wurden folgende Konflikte für die Tiefenerweiterung ermittelt (s. :

- **Geringer Konflikt WA 1:** Mögliche Belastung des Nährstoffhaushalts durch Vergrößerung des Grundwasserzustroms
- **Mittlerer Konflikt WA 2:** Mögliche Meromixis bei Seenvertiefung

Große und tiefe Seen sind weniger eutrophierungsanfällig als Kleinseen. Die Ausgangsbedingungen für einen erwünschten, langsamen Sukzessionsverlauf sind günstig. Dies betrifft v.a. die zu erwartenden geringen Nährstoffbelastungen im See. Eutrophierungserscheinungen sind erst nach Abbauende zu erwarten.

## 10 Maßnahmenempfehlungen

Es wurden bezüglich der Seewassergüte aufgrund von Prognoseunsicherheiten 2 Konflikte ermittelt:

- **Geringer Konflikt WA 1:** Mögliche Belastung des Nährstoffhaushalts durch Vergrößerung des Grundwasserzustroms
- **Mittlerer Konflikt WA 2:** Mögliche Meromixis bei Seenvertiefung

**Maßnahme:** Mit **Fortführung des Monitorings** (Seewasser + Grundwasser) werden die Prognoseunsicherheiten ausgeräumt.

Es ist ein Kompromiss zu finden zwischen den limnologischen Anforderungen auf der einen Seite und den Zielvorstellungen in den Bereichen Ökologie und Umweltschutz sowie Baggerbetrieb und Wirtschaftlichkeit der Rohstoffentnahme auf der anderen Seite.

Bezüglich der morphometrischen Gestaltung zur Vermeidung von meromiktischen Zuständen werden generell alle schichtungsstabilisierenden Prozesse und Steuerparameter als negativ beurteilt. Alle Prozesse, welche thermische und haline (chemische) Schichtungen bzw. Gradienten abschwächen, wirken dagegen positiv.

## 10.1 Morphologie und Ausrichtung der Seen

- Morphologie: Halbinseln, Inseln, Einbuchtungen sollen auf das notwendige Minimum beschränkt werden. Inseln und Halbinseln beeinträchtigen die Zirkulation.
- Morphologie: Beim Abbau sollte eine möglichst große, gleichmäßig tiefe Fläche unter Wasser entstehen. Die Zirkulation sollte durch die Gestaltung der Böschungen und des Seebodens nicht behindert werden. Gräben, Rinnen und lokale Vertiefungen am Seeboden sollten möglichst vermieden werden, damit auch diese Bereiche an der Durchmischung des Wasserkörpers teilnehmen und regenerieren können.
- Seenausrichtung: Um den Windangriff als einen Motor der Zirkulation zu optimieren, wird allgemein empfohlen, die Seenlängsachse entlang der Hauptwindrichtung zu legen (hier: SW).  
Um das Fließfeld des Grundwassers (Grundwassergefälle, -spiegeländerungen) möglichst wenig zu stören, soll ein Baggersee quer zur Grundwasserfließrichtung ausgerichtet werden (hier: NW).  
Im Falle des geplanten Baggersees Muggensturm liegt eine kompakte, rhombische Form ohne besondere Ausrichtung des Sees vor.
- Abschattungen durch Bepflanzungen, Ufererhöhung, Gebäude etc. wirken der windbedingten Vermischung des Wassers entgegen und sollen daher vermieden werden.

## 10.2 Uferböschungen

„Der Uferbereich und die Flachwasserzone (Litoral) stehender Gewässer haben einen maßgeblichen Einfluss und steuernde Wirkung auf die limnologische Beschaffenheit des Sees. Ein intaktes Litoral ist von einer artenreichen Flora und Fauna besiedelt und ist durch einen hohen Stoffumsatz charakterisiert. Ausgedehnte Flachwasserzonen fördern den Abbau organischer Bestandteile und erhöhen deren Mineralisierung. Auch Schadstoffe werden durch die Selbstreinigung schneller reduziert. Daneben werden Austauschvorgänge mit dem

Freiwasser (Pelagial) gefördert und das Mikroklima günstig beeinflusst. Für viele Fischarten sind diese Zonen als Laich- und Aufwuchsbereiche unerlässlich. Auch das Nahrungsgefüge einer artenreichen aquatischen Lebensgemeinschaft ist eng an diese reichhaltigen Lebensräume gekoppelt“ (LfU 2004).

Der Leitfaden (2004) empfiehlt Böschungsneigungen von 1 : 2,5 m im Unterwasserbereich und mindestens 1 : 4 bis 1 : 6 im Bereich der Wechselwasserzone (zwischen Niedrig- und Hochwasser).

Im Falle Muggensturm werden die noch neu entstehenden Ufer (West- und Nordufer) wie folgt angelegt:

- Flachwasserzone im Westen: Böschungsneigung bis 1:20
- „Normalufer“: Böschungsneigung 1 : 2,5.

Die geplante Flachwasserzone im Westen nimmt eine Uferlänge von 445 m ein. Dies entspricht 24% der gesamten Uferlänge.

## 10.3 Minimierung von Nährstoffeinträgen

- Nährstoffeinträge sollen soweit wie möglich verhindert werden. Wenn möglich, sollten Flachwasser-/Uferzonen parallel zur Grundwasserfließrichtung möglichst breit angelegt werden, um Zuflüsse maximal abpuffern zu können.  
Gier ist eine Verbesserung im Falle des Baggersees Muggensturm nicht mehr möglich, da der Abbau in der SO-Ecke bereits abgeschlossen ist. Aus dieser Richtung sind jedoch ohnehin nur geringe Nährstofffrachten zu erwarten (vergleichsweise extensive Nutzung, Fläche Naturschutzgebiet).
- Nährstoffeinträge über oberstromiges Grundwasser sollen weiter beobachtet werden.
- Es sollte auf eine extensive Folgenutzung etabliert werden. Freizeit- und Angelnutzung sollten sich zukünftig nicht verstärken. Die fischereiliche Hegepflicht soll in eine extensive Bewirtschaftungsweise münden (keine Zufütterung, standortgerechter Fischbestand bezüglich Anzahl und Artenspektrum).

## 11 Zusammenfassung

### Vorhabensbeschreibung:

Die Firma Kaltenbach plant den Weiterbetrieb (Konzessionsverlängerung) an ihrem Kiesabbaustandort Muggensturm. Außerdem soll der Baggersee Muggensturm gegenüber dem bisher genehmigtem Ausbaustand vertieft werden.

Am aktuellen Baggersee findet seit 1972 Trockenabbau und seit 1975 Nassabbau statt.

Die konzessionierte Abbautiefe beträgt 89 m üNN, dies entspricht einer Wassertiefe von ca. 26 m.

Die Genehmigungsfläche beträgt 24,27 ha, davon sind 20,5 ha als Seefläche vorgesehen. Die aktuelle Seefläche beträgt ca. 15 ha. Der Abbau im neuen See ist noch nicht vollständig abgeschlossen: Am Westrand des Baggersees bestehen noch genehmigte Restabbauflächen.

Die neue geplante Abbautiefe beträgt 78 m üNN. Dies entspricht einer zusätzlichen Vertiefung um 11 m, von 26 auf 37 m Wassertiefe.

Die geplante „Tiefenerweiterung“ beschränkt sich (geometriebedingt) auf die Seenmitte. Bestehende Uferzonen werden durch die Tieferbaggerungen geschont.

Die geplanten Böschungsneigungen betragen 1: 2,5, in geplanten Flachwasserzonen im Westen bis 1 : 20.

Beabsichtigt wird der Abbau für weitere 20 Jahre bis zum 31.12.2040. Da bei soll bisherige mittlere Verkaufsrate von 80.000 – 100.000 t/a nicht verändert werden.

Die Renaturierungsplanung für den neuen See macht folgende Vorgaben:

- Folgenutzung „Landschaftssee“ mit Biotopentwicklung; keine Freizeitnutzung.
- Vorgesehene zusätzliche Biotopelemente (überwiegend kleinflächig am Baggerseerand) sind: Flachwasserzonen, Rohbodenstandorte, z.T. mit ephemeren Kleingewässern, Steilwand für die Uferschwalbe.

## **Bestand:**

Der Baggersee wird auf Grundlage der Planfeststellungsänderungsentscheidung vom 05.10.04 regelmäßig alle 2 Jahre physikalisch-chemisch untersucht, außerdem je ein Grundwasserbeobachtungspegel (je 1 stromauf- bzw. stromabwärts).

Ziel des vorliegenden Schutzgutachtens ist die Beschreibung und Bewertung des limnologischen IST-Zustandes einschließlich der Prognose über die voraussichtliche Entwicklung des Trophiezustands unter Berücksichtigung der Grundwasserbeschaffenheit, der natürlichen Seenalterung und der Nutzung des Sees und seines Einzugsgebietes.



## **Bewertung:**

Der Baggersee wurde in den letzten Jahren nach den Kriterien des Untersuchungsumfangs A1 bzw. A2 untersucht. Die chemisch-physikalische Gewässergüteuntersuchung hat insgesamt keine auffälligen Werte ergeben, die auf eine Gefährdung hindeuten.

Die Sauerstoffverhältnisse zeigten im Frühjahr und Sommer 2018 durchgehend eine Sättigung von über 90%, hier lagen die Werte in einem sehr guten Bereich. Schwefelwasserstoff war nicht nachweisbar, somit kam es nicht zu anaeroben Abbauvorgängen im Tiefenwasserbereich. Ammonium konnte als Verschmutzungsindikator ebenfalls nicht nachgewiesen werden.

Die Werte der elektrischen Leitfähigkeit liegen im Normbereich. Die pH-Werte entsprechen den vom geologischen Untergrund her zu erwartenden Daten und sind als gut zu bewerten.

Die Phosphatkonzentration erlaubt eine Zuordnung in die oligotrophen Verhältnisse, d. h., der See ist nicht von zu hohen Phosphatkonzentrationen beeinträchtigt und er ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht durch eine Überdüngung gefährdet. Die Chlorophyllwerte sind ebenfalls nicht bedenklich.

Die Sichttiefenuntersuchung hat eine vergleichsweise geringe Sichttiefe ergeben, was auf den Auskiesungsbetrieb zurückzuführen ist.

Insgesamt liegt die Wasserqualität des Baggersees Kaltenbach in Muggensturm im oligotrophen Bereich, der See ist somit nicht als gefährdet einzustufen. Das gleiche gilt für das zu- und abfließende Grundwasser.

## **Prognose:**

Die Abschätzung von Nährstoffeinträgen in den Baggersee hat ergeben, dass er allenfalls gering durch Grundwasserzufluss belastet wird. Alle anderen Belastungspfade spielen aktuell keine Rolle (bestehende Nutzungen bzw. sonstiger externer Belastungsquellen). Er ist nicht an andere Oberflächengewässer angeschlossen.

Große und tiefe Seen sind weniger eutrophierungsanfällig als Kleinseen. Die Ausgangsbedingungen für einen erwünschten, langsamen Sukzessionsverlauf sind günstig. Dies betrifft das zu erwartende Zirkulationsverhalten der Gewässer und die zu erwartenden geringen Nährstoffbelastungen in den Seen. Eutrophierungsercheinungen sind erst nach Abbauende zu erwarten.

## Nährstoffhaushalt:

Durch die Tiefenbaggerung vergrößert sich aber die theoretisch die Austauschfläche des Seenkörpers mit dem Grundwasser, der Zufluss von Grundwasser als möglicher Belastungspfad für Nährstoffe wird begünstigt. Allerdings zeigen die aktuellen Untersuchungen, dass das zuströmende Grundwasser nur sehr geringe Nährstofffrachten führt.

Es entsteht nur ein **geringer Konflikt WA 1**: Mögliche Belastung des Nährstoffhaushalts durch Tiefenerweiterung (Prognoseunsicherheit).

## Zirkulationsverhalten / Sauerstoffhaushalt:

Die Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, dass derzeit aufgrund der sicheren jährlichen Durchmischung keine sauerstofffreien Zonen über Grund entstehen. Eine Beeinträchtigung durch den Zufluss des sauerstoffarmen Grundwassers aus der Umgebung war anhand der Analysewerte ebenfalls nicht nachzuweisen.

Mit der Erweiterung vertieft sich der Baggersee um 11 m von bislang 26 auf zukünftig 37 m, also um das fast anderthalbfache (Faktor 1,42).

Allerdings vergrößert sich der der See auch noch gegenüber dem aktuellen Zustand von ca. 15 ha auf ca. 19 ha (bereits genehmigt. Dies entspricht einem Faktor von 1,3. Damit wird wiederum die Windangriffsfläche (Hauptwindrichtung Süd/Südwestwind) vergrößert und das Oberflächen-Volumenverhältnis verbessert. Beides wirkt sich positiv auf das zukünftige Zirkulationsverhalten aus.

Es ist daher wahrscheinlich auch zukünftig von einer vollständigen Durchmischung im Winterhalbjahr auszugehen (Prognoseunsicherheit), die Sauerstoffdefizite über Grund ausräumen kann. Dies zeigen auch Vergleiche mit anderen aktiven Baggerseen. Das Restrisiko einer Meromixis (nur teilweise Durchmischung) wird mit einem **mittleren Konflikt WA 2** bewertet: Mögliche fehlende vollständige Durchmischung durch Tiefenerweiterung.

Zur Vermeidung der Prognoseunsicherheit wird das bestehende Monitoring von See- und Grundwasser fortgesetzt (Kompensationsmaßnahme).