

**Limnologisches Gutachten zur  
Entwicklung der Abgrabungsstätte  
Steinbruch Jaeger der Firma Günter Jae-  
ger Steinbruchbetriebe GmbH,  
Reichshof-Nespen  
in der Einstauphase**



BÜRO FÜR GEWÄSSERKUNDE  
UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE  
KLAUS- JÜRGEN BOOS

erstellt von:  
Klaus-Jürgen Boos (Dipl. Geogr.)  
Saarbrücken, November 2024

Ziehrerstraße 11  
66130 Saarbrücken  
Telefon: (0681) 872962

Telefax: (0681) 872962  
E-Mail: [BGL.Boos@ t-online.de](mailto:BGL.Boos@t-online.de)  
Internet: [www.bgl-boos.de](http://www.bgl-boos.de)

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b><u>EINLEITUNG.....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b>2</b>	<b><u>BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEGENSTANDES.....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b>3</b>	<b><u>QUALITÄTSZIELE UND GÜTEANFORDERUNGEN.....</u></b>	<b><u>7</u></b>
<b>3.1</b>	<b>QUALITÄTSZIELE UND GÜTEANFORDERUNGEN FÜR SEEN .....</b>	<b>7</b>
3.1.1	NÄHRSTOFFGEHALTE .....	7
3.1.2	SAUERSTOFFGEHALTE.....	8
3.1.3	CHLOROPHYLLGEHALTE .....	8
3.1.4	SICHTTIEFE.....	8
<b>3.2</b>	<b>GÜTEANFORDERUNGEN FÜR FLIEßGEWÄSSER.....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b><u>PROGNOSE DER WASSERQUALITÄT DES ENTSTEHENDEN SEES.....</u></b>	<b><u>11</u></b>
<b>4.1</b>	<b>TEMPERATURHAUSHALT UND ZIRKULATIONSVERHALTEN .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2</b>	<b>SAUERSTOFFHAUSHALT .....</b>	<b>16</b>
<b>4.3</b>	<b>PHOSPHORGEHALTE IM WASSERKÖRPER.....</b>	<b>18</b>
<b>4.4</b>	<b>CHLOROPHYLL-A GEHALTE IM SEEWASSER .....</b>	<b>20</b>
<b>4.5</b>	<b>SICHTTIEFENWERTE .....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b><u>VORHABENSBEDINGTE AUSWIRKUNGEN AUF DEN ELBACH.....</u></b>	<b><u>23</u></b>
<b>5.1</b>	<b>ABLAUFMENGEN .....</b>	<b>23</b>
<b>5.2</b>	<b>WASSERBESCHAFFENHEITSKENNWERTE .....</b>	<b>24</b>
5.2.1	WASSTERTEMPERATUR IM ABLAUF .....	24
5.2.2	SAUERSTOFFGEHALTE IM ABLAUF.....	24
5.2.3	TOC- GEHALTE IM ABLAUF .....	25
5.2.4	AMMONIUM- UND PHOSPHOR- GEHALTE IM ABLAUF.....	27
<b>6</b>	<b><u>ZUSAMMENFASSUNG .....</u></b>	<b><u>28</u></b>
<b>7</b>	<b><u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</u></b>	<b><u>30</u></b>
<b>8</b>	<b><u>TABELLENVERZEICHNIS.....</u></b>	<b><u>31</u></b>
<b>9</b>	<b><u>LITERATURVERZEICHNIS .....</u></b>	<b><u>32</u></b>

# **1 Einleitung**

Der vorliegende Bericht erarbeitet eine Prognose der Wasserqualität des nach Einstellung der Gewinnungstätigkeit und Beendigung der Sumpfungsmaßnahmen an der Abgrabungsstätte Steinbruch Jaeger der Firma Günter Jaeger Steinbruchbetriebe GmbH, Reichshof-Nespen entstehenden Sees während des allmählichen Seespiegelanstiegs.

Das Gutachten stellt eine Ergänzung zu meinem Bericht *Limnologisches Gutachten zur Entwicklung der Abgrabungsstätte Steinbruch Jaeger der Firma Günter Jaeger Steinbruchbetriebe GmbH, Reichshof-Nespen nach Einstau und Erweiterung* vom 19.8.2024 (Boos 2024) dar und untersucht die Zeitphase während der Befüllung des Seebeckens für den im oben genannten Gutachten beschriebenen Planfall 2b.

Am Ende der Befüllungsphase (16.11. des 16. Modelljahrs) wird eine Zwangszirkulationsanlage in Betrieb genommen. Ab diesem Zeitraum entsprechen die Verhältnisse dem Planfall 2b, wobei noch ein Seespiegelanstieg bis zum Anspringen des Überlaufs stattfindet.

Für die Prognose wird auch hier das Programmpaket DYRESM/CAEDYM benutzt, das an einer Vielzahl von Gewässern erfolgreich eingesetzt wurde. Ausführliche Angaben zu diesem Prognosemodell und den verwendeten Inputdaten finden sich in dem oben genannten Gutachten.

## 2 Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes

Nach Abschluss der beantragten Erweiterung und dem Ende der Sumpfungsmaßnahmen wird durch die Umsetzung des Planfalls 2 (vgl. Boos 2024, S. 4) ein Abgrabungsbereich mit einer Sohlentiefe von 265 m ü.NN entstehen. Auf dieser Fläche bildet sich durch Grundwasserzufluss, Zufluss von Oberflächenwasser und Niederschlagseintrag ein See aus, der nach ca. 19 Jahren das entstandene Volumen vollständig ausgefüllt haben wird. Bei der Ausgestaltung des Sees wird ein Seeboden ohne Untiefen angestrebt, um ideale morphologische Voraussetzungen für ein günstiges Zirkulationsverhalten zu schaffen.

Die den Modellierungen zugrunde gelegte Beckenkurve ist der Abbildung 2.2 zu entnehmen. Sehr gut ist die Zunahme der Seebodenfläche ab 295 m ü.NN zu erkennen.

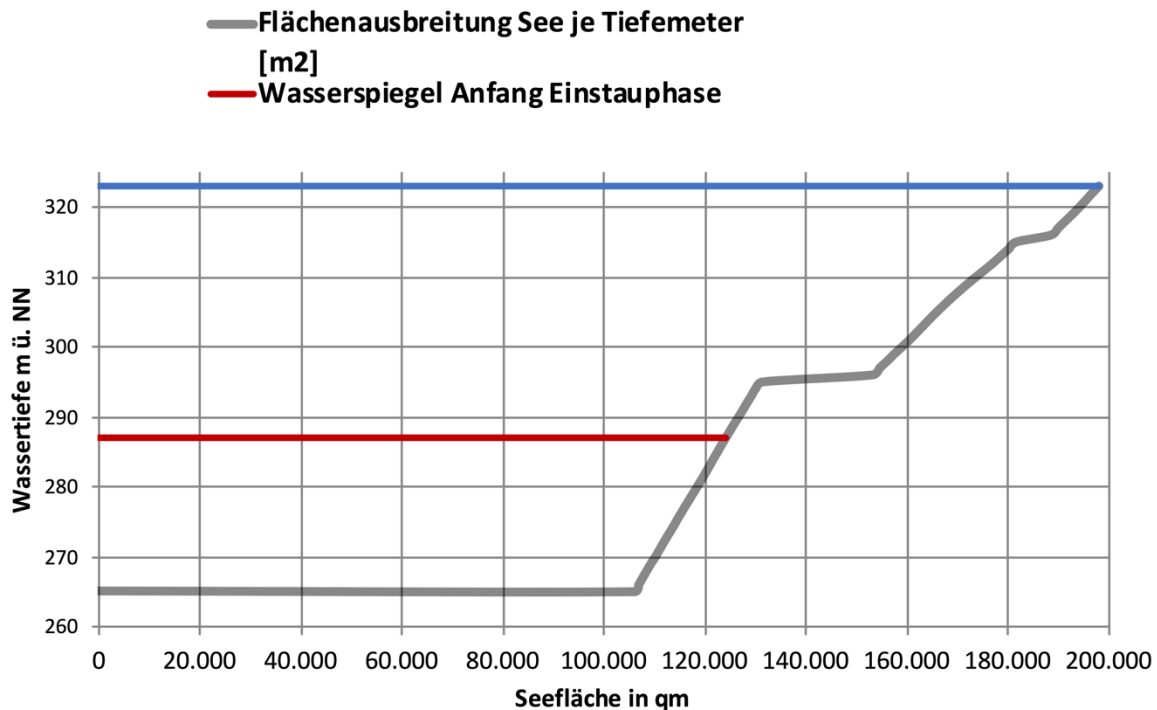


Abbildung 2.1: Flächenausbreitung [m<sup>2</sup>] des Sees je Tiefenmeter [m ü. NHN]

Der Sumpfungssee erreicht bei Beendigung der Abgrabung, also zu Beginn der Eintauphase, eine Wassertiefe von 22 m, der Wasserspiegel liegt somit bei 287 m ü.NN. Die morphologischen Kennwerte des Sees zu Beginn und am Ende der Befüllungsphase sind in der Tabelle 2.1 angegeben.

Tabelle 2.1: Morphologische Kennwerte des Sees zu Beginn und am Ende der Befüllungsphase

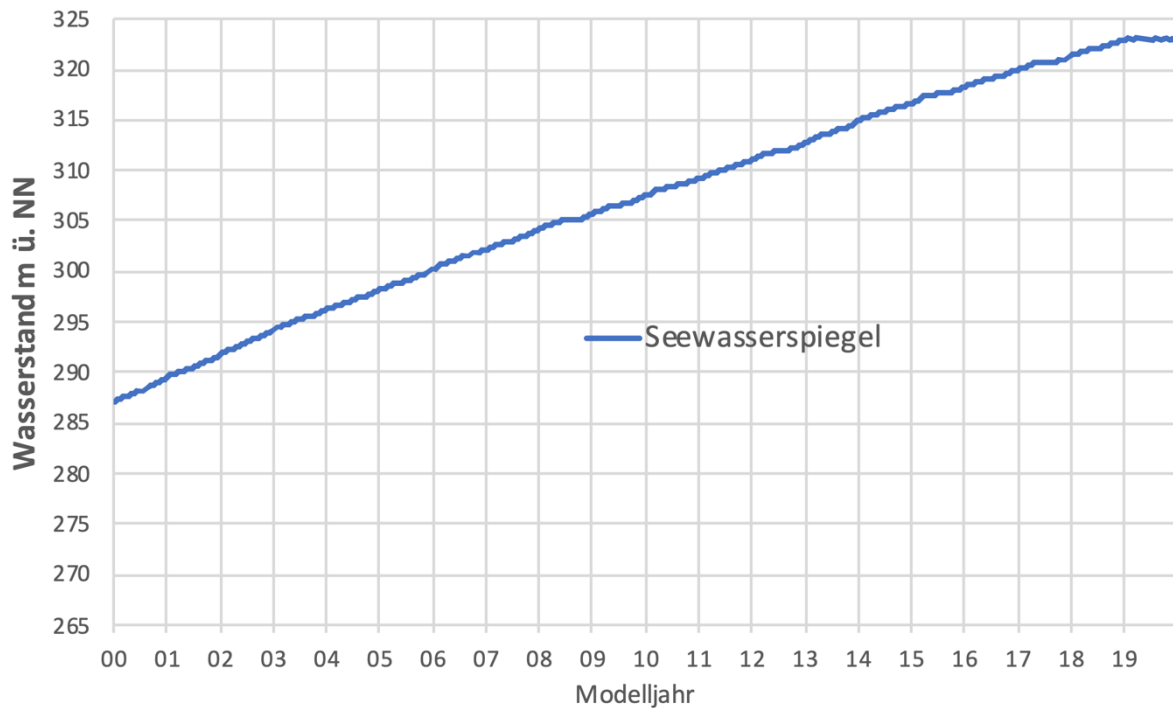
	Seesohle [m. ü.NN]	Wasser- spiegel [m. ü.NN]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Tmax [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]
Sumpfungssee	265	287	124.082	22	2.531.601
Nach Beendigung des Seespiegelanstiegs	265	323	197.955	58	8.405.105

Der Seespiegelanstieg erfolgt entsprechend den Zuflussraten aus Grundwasserzustrom, Zufluss von Oberflächenwasser und Niederschlagseintrag, wobei sich folgende Kennwerte ergeben:

**Tabelle 2.2: Zuflussmengen und Wasserverweilzeiten**

	Einheit	Planfall 2
Seevolumen	m <sup>3</sup>	8.405.105
Seefläche	m <sup>2</sup>	197.955
Grundwasserzufluss	m <sup>3</sup> /Jahr	24.615
Oberflächenwasserzufluss	m <sup>3</sup> /Jahr	189.346
Seewasserneubildung über Niederschlag (600 mm/m <sup>2</sup> *J)	m <sup>3</sup> /Jahr	118.773
Gesamtzuflussmenge	m <sup>3</sup> /Jahr	332.734
<b>Wasserverweilzeit TW</b>	Jahre	<b>25,3</b>

Der Anstieg des Seewasserspiegels im Verlauf der Befüllungsphase ist in der Abbildung 2.2 dargestellt.



**Abbildung 2.2: Zunahme des Wasserstandes nach Beendigung der Sumpfungsmaßnahmen [m ü. NHN]**

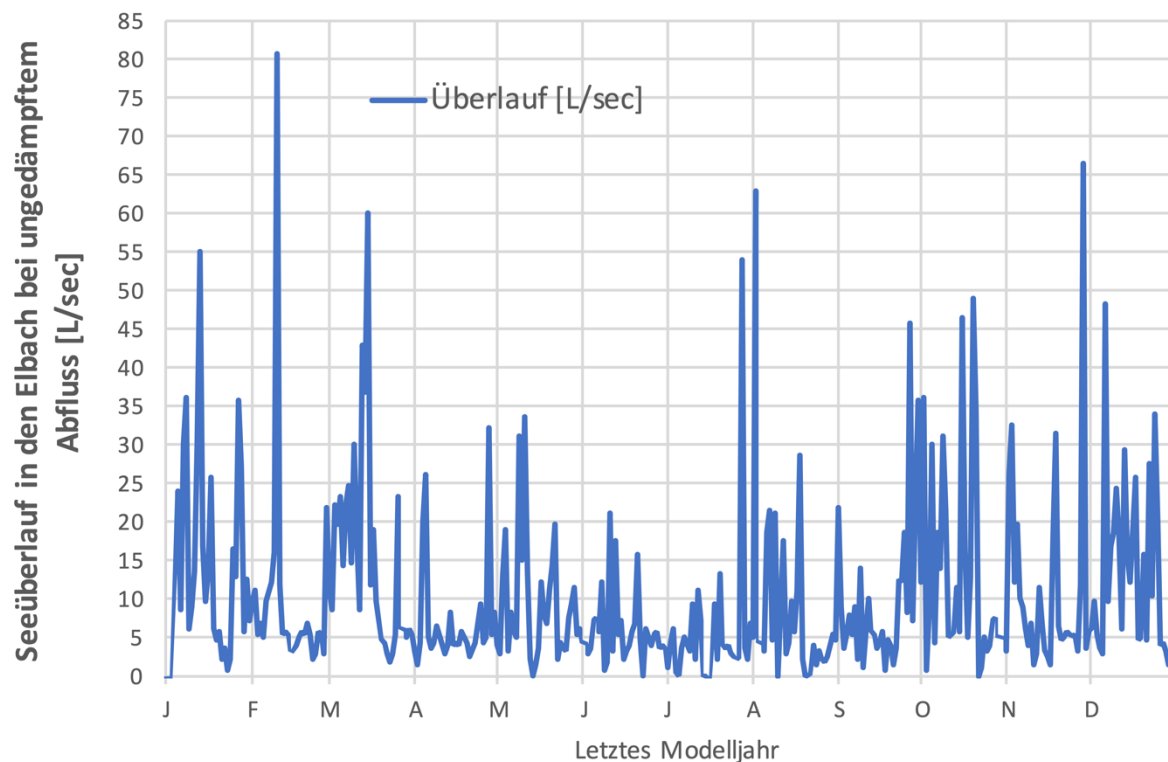
Bei dem vorausgesetzten Anstieg des Seewasserstandes von 1,8 m/Jahr kommt es zu einer jährlichen Überstauung von 4030 m<sup>2</sup> Bodenfläche des Steinbruchs. Vor dem Einstau sollte der jeweils betroffene Bodenbereich von Gehölzvegetation befreit werden, um das Sauerstoffzehrungspotential zu reduzieren.

Bezogen auf die bereits vorhandene Seefläche nimmt der überstaute Bereich im Jahr um durchschnittlich ca. 2,4 % zu (vgl. Tabelle 2.3). Diese Zunahme ist so gering, dass nicht von einer merklichen Erhöhung der Zehrungsintensität der Sedimente auszugehen ist.

**Tabelle 2.3: Zunahme des Eingestauten Bereichs gegenüber der Seefläche**

Jahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	$\sigma$
Zunahme der Seefläche/Jahr	3,0%	2,9%	2,8%	2,7%	2,7%	2,6%	2,5%	2,5%	2,4%	2,3%	2,3%	2,2%	2,2%	2,1%	2,1%	2,1%	2,0%	2,0%	2,4%

Zum Überlauf des Sees in den Elbach kommt es nach ca. 19 Jahren. Dabei schwanken die mittleren Tageswerte zwischen 0-81 L/s, der mittlere Abfluss beträgt ca. 10,5 L/s (vgl. Abbildung 2.3). Um eine hydraulische Belastung des Ellbachs im Bereich der Einleitstelle zu vermeiden, soll durch die Entnahme über ein Ablaufbauwerk die Menge des abströmenden Seewassers auf Werte zwischen 5-25 L/s begrenzt werden.



**Abbildung 2.3: Überlauf des Seewassers in den Elbach am Ende der Befüllungsphase**

Zirka vier Jahre (16.11. des 16. Modelljahres) vor dem Zeitpunkt, an dem Seewasser in den Elbach abströmt, wird die Zwangszirkulationsanlage in Betrieb genommen (vgl. Tabelle 2.4).

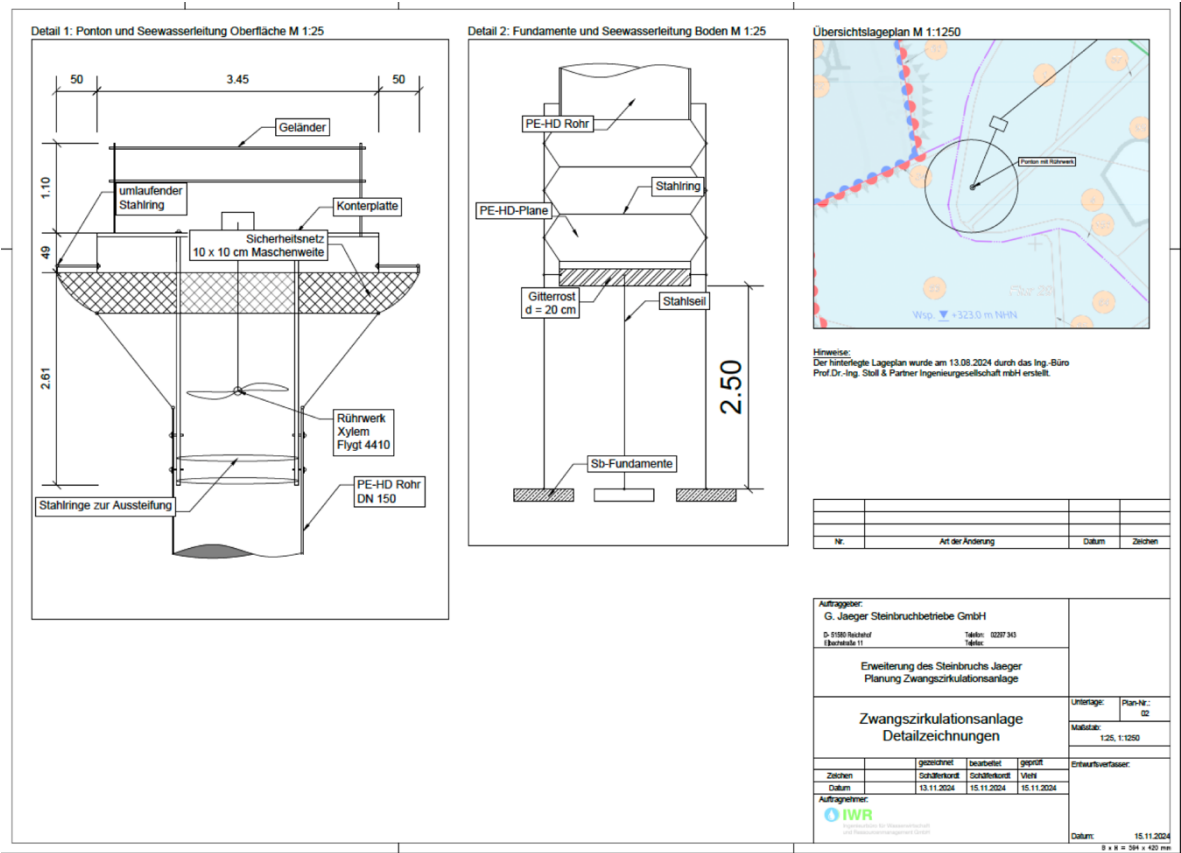
**Tabelle 2.4: Belüftung des Sees mittels einer Zwangszirkulationsanlage**

Bezeichnung	Seevolumen Beginn [m³]	Seevolumen Ende [m³]	Befüllungsdauer [J]	Intensität der Zwangszirkulation bei 0,5 m³/s Volumenstrom	Beginn der Zwangszirkulation	Überlauf in den Elbach
Sümpfungssee Zwangszirkulation Intensität mittel	2.531.601	8.405.105	19	12h/Tag	nach 16 Jahren (16.11. Modelljahr 16)	19 Jahren

Die Gestaltung der Zwangszirkulationsanlage ist in der Abbildung 2.4 dargestellt. Als Rührwerk wird ein XYLEM 4410 IE3 BANANA mit 1,4m Propeller eingesetzt, das bei 25 U/min

*Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes*

eine Leistungsaufnahme von 1 kWh hat und einen Volumenstrom von 0,5 m<sup>3</sup>/s erzeugt. Für die folgenden Berechnungen wird von einer Betriebszeit von 12h/Tag und einem ganzjährig- gen Betrieb ausgegangen. Insbesondere in den Wintermonaten ist eine Reduktion der Betriebszeiten denkbar. Die Dimensionierung der Anlage und ihre technische Auslegung wurde von IWR (2024) vorgenommen.



**Abbildung 2.4: Gestaltung der Anlage (Zeichnung IWR 2024)**

### **3 Qualitätsziele und Güteanforderungen**

#### **3.1 Qualitätsziele und Güteanforderungen für Seen**

Das Gütebild eines Sees wird maßgeblich von den Nährstoffkonzentrationen und der dazu in einer Wechselwirkung stehenden Qualität des Sauerstoffhaushaltes bestimmt. Hier soll daher zunächst dargestellt werden, in welchem Umfang eine Belastung durch Nährstoffe toleriert werden kann und wie sich die Nährstoffzufuhr auf die Flächenbelastung und den trophischen Zustand eines Sees auswirkt.

Seen, die wie das Untersuchungsgewässer

- eine Wassertiefe von mehr als 10 m aufweisen und
- weder an Fließgewässer angebunden sind noch im Überflutungsbereich eines großen Fließgewässers liegen,

sollten langfristig nährstoffarm sein und zumindest über einen mesotrophen Status verfügen.

Zur Herleitung leidbildadäquater Orientierungswerte für die einzelnen Güteparameter wird auf die folgenden Quellen zurückgegriffen:

1. LAWA - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2014): Trophieklassifikation von Seen. Richtlinie zur Ermittlung des Trophie-Index nach LAWA für natürliche Seen, Baggerseen, Empfehlungen Oberirdische Gewässer. Hrsg. LAWA – Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser.
2. OGewV (2016): Verordnung zum Schutz von Oberflächengewässern (Oberflächengewässerverordnung) vom 20. Juni 2016.

In der OGewV 2016 werden Abgrabungsseen dem Typ 99 zugeordnet, für den bisher allerdings noch keine Orientierungswerte definiert sind. Der für einen tiefen Abgrabungssee als Referenzgewässer mit vorgegebenen Orientierungswerten geeignetste Seetyp ist der Typ 7 (geschichteter, kalziumreicher [ $> 15 \text{ mg/l Ca}$ ] Mittelgebirgssee mit relativ kleinem Einzugsgebiet). Da es sich um ein künstliches, vom Menschen geschaffenes Gewässer handelt, ergeben sich Anforderungen für einen guten ökologischen Zustand und ein gutes ökologisches Potential.

##### **3.1.1 Nährstoffgehalte**

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 kommt dabei dem Nährstoff Phosphor zu, der unter natürlichen, vom Menschen unbeeinflussten Bedingungen nur in sehr geringen Konzentrationen vorliegt und somit das Algenwachstum limitiert. 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.



Als Grundlage für die trophische Einstufung des Gewässers auf der Basis der Phosphorgehalte dienen die folgenden Zuordnungsgrößen für die Saisonmittelwerte (1.4. bis 31.10).

<b>Gesamt-Phosphor</b>				
		<b>LfU 2004</b>	<b>LAWA 2014*</b>	<b>OGewV 2016 (Seetyp 7)**</b>
Zirkulation	[µg/l]	15 - 45	32	/
	[mg/l]	0,015 - 0,045	0,032	/
Stagnation	[µg/l]	7 - 36		/
	[mg/l]	0,007 - 0,036		/
Saisonmittelwert (Apr-Okt)	[µg/l]	7 - 36	31	14-20
	[mg/l]	0,007 - 0,036	0,031	0,014 - 0,020

\* Trophiestatus mesotroph 2. Geschichtete Seen des Alpenvorlandes, der Alpen und der Mittelgebirge

\*\* Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potential. Seetyp 7= geschichteter, kalziumreicher Mittelgebirgssee mit relativ kleinem Einzugsgebiet. PP 7

### 3.1.2 Sauerstoffgehalte

Der Sauerstoffhaushalt steht in einem direkten Bezug zur Nährstoffbelastung und Biomasseentwicklung, er beeinflusst maßgeblich das Besiedlungsbild eines Sees. In eingeschichteten Seen ist daher auch die relative Mächtigkeit der sauerstoffarmen (< 2 mg/l O<sub>2</sub>) Wasserschicht über Grund im Verhältnis zur Gesamttiefe ein möglicher Trophieindikator (LfU 2004). Bei einem mesotrophen Gewässerstatus, der als Zielgröße für das Untersuchungsgewässer gilt, kann diese Schicht 10 - 30 % der maximalen Seetiefe betragen.

	<b>LfU 2004</b>	<b>LAWA 2014*</b>	<b>OGewV 2016 (Seetyp 7)**</b>
Anteil der O <sub>2</sub> -freien Schicht über Grund unter Bezug auf die maximale Seetiefe in %	<b>10-30</b>	kein Orientierungswert definiert	

\* Geschichtete Seen des Alpenvorlandes, der Alpen und der Mittelgebirge

\*\* Geschichteter, kalziumreicher Mittelgebirgssee mit relativ kleinem Einzugsgebiet

### 3.1.3 Chlorophyllgehalte

Auch der Parameter Chlorophyll-a Gehalt bietet eine wichtige Beurteilungsgrundlage für den Trophiestatus eines Gewässers. Als Bezugsgrößen für die trophische Einstufung dienen die im Folgenden angegebenen Werte für das Saisonmittel (1.4. bis 31.10), wobei ein Referenzzustand von mesotroph 2 zugrunde gelegt wird.

	<b>LAWA 2014*</b>	<b>OGewV 2016 (Seetyp 7)**</b>
Chlorophyll-a [µg/l]	9,6	/

\* Geschichtete Seen des Alpenvorlandes, der Alpen und der Mittelgebirge / Saisonmittelwert

\*\* Geschichteter, kalziumreicher Mittelgebirgssee mit relativ kleinem Einzugsgebiet

### 3.1.4 Sichttiefe

Die verstärkte biologische Aktivität in einem belasteten See verursacht vor allem infolge der Algenentwicklung eine deutliche Gewässertrübung, die ebenfalls als Maßstab für die Bestimmung des Trophiestatus genutzt werden kann. Sofern Trübungseffekte auch durch

eingetragene Feinmineralien entstehen, ist der Indikatorwert der Sichttiefe allerdings eingeschränkt, da die mineralische Trübung kein Sekundäreffekt der Eutrophierung ist.

Als Bezugsgrößen für die trophische Einstufung dienen die im Folgenden wiedergegebenen Werte. Als Referenz wird ein Trophiestatus von mesotroph 2 zugrunde gelegt.

	<b>LfU 2004</b>	<b>LAWA 2014</b>	<b>OGewV 2016 (Seetyp 7)*</b>
Sichttiefe [m]	<b>4,4 bis 2</b>	2,5	4,5-3

\* Geschichtete Seen des Alpenvorlandes, der Alpen und der Mittelgebirge / Saisonmittelwert

\*\* Geschichteter, kalziumreicher Mittelgebirgssee mit relativ kleinem Einzugsgebiet. Phytoplankton Subtyp PP 7

### 3.2 Güteanforderungen für Fließgewässer

Für Fließgewässer unterschiedlichen Typs sind Empfehlungswerte entsprechend der nach EU-WRRL geforderten europaweit einheitlichen Einschätzung in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) definiert. Die im Folgenden (Tabelle 3.1) angegebenen Werte in der Ausprägung für die Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potential bilden die Grundlage zur Beurteilung der maßnahmenbedingten Auswirkungen auf den Elbach, in den der See entwässert und der dem Fließgewässer Typ 5 (silikatische fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse) zuzuordnen ist. Hinsichtlich der Fischgemeinschaften ist der seeunterstromige Abschnitt des Elbachs als salmonidengeprägtes Gewässer des Hyporhithrals (Sa-HR) einzustufen.

**Tabelle 3.1: Güteanforderungen für Fließgewässer nach OGewV (2016)**

Parameter	Einheit	Silikatische fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse (Typ 9)			
		Statistische Kenngröße	Anforderungen an den sehr guten ökologischen Zustand und das höchste ökologische Potential	Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potential	Umweltqualitätsnormen zur Beurteilung des chemischen Zustandes
Wassertemperatur Sommer (April-Nov.)	° C	MAX	< 18 (Sa-ER, Sa-MR, <b>Sa-HR</b> ) < 20 (Cyp-R, EP)	≤ 20 (Sa-ER, Sa-MR) ≤ 21,5 ( <b>Sa-HR</b> ) ≤ 23 (Cyp-R) ≤ 25 (EP)	
Wassertemperatur Winter (Dez.-März)	° C	MAX	≤ 8 (Sa-ER) ≤ 10 (Sa-MR, <b>Sa-HR</b> , Cyp-R, EP)	≤ 8 (Sa-ER) ≤ 10 (Sa-MR, <b>Sa-HR</b> , Cyp-R, EP)	
Sauerstoffgehalt	mg/l	MIN/a <sup>2</sup>	> 9	> 7	
BSB <sub>5</sub>	mg/l	MW/a <sup>3</sup>	< 3	< 3	
TOC	mg/l	MW/a <sup>3</sup>	< 7	< 7	
Chlorid	mg/l	MW/a <sup>3</sup>	≤ 50	≤ 200	
Sulfat	mg/l	90 Perzentil/a <sup>4</sup>	≤ 25		
		MW/a <sup>3</sup>		≤ 75	
pH-Wert	/	MIN/a MAX/a <sup>2</sup>		7,0 - 8,5	
Eisen	mg/l	MW/a <sup>3</sup>	-	≤ 0,7	
ortho-Phosphat-P	mg/l	MW/a <sup>3</sup>	≤ 0,02	≤ 0,07	
Gesamt-Phosphor	mg/l	MW/a <sup>3</sup>	≤ 0,05	≤ 0,10	
Ammonium-N	mg/l	MW/a <sup>3</sup>	≤ 0,04	≤ 0,1	
Ammoniak-N	µg/l	MW/a <sup>3</sup>	< 1	≤ 1	
Nitrit-N	µg/l	MW/a <sup>3</sup>	≤ 10	≤ 30	
Nitrat	mg/l				50

## ***Qualitätsziele und Güteanforderungen***

<sup>2</sup> Minimal- bzw. Maximalwert als arithmetisches Mittel aus den Jahresminimal- bzw. -maximalwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren

<sup>3</sup> Mittelwert als arithmetisches Mittel aus den Jahresmittelwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren

<sup>4</sup> 90 Perzentil bezogen auf die Messwerte eines Kalenderjahres

Sa-ER: salmonidengeprägte Gewässer des Epirhithrals

Sa-MR: salmonidengeprägte Gewässer des Metharhithrals

**Sa-HR: salmonidengeprägte Gewässer des Hyporhithrals**

Cyp-R: cyprinidengeprägte Gewässer des Rhithrals

EP: Gewässer des Epipotamals

## 4 Prognose der Wasserqualität des entstehenden Sees

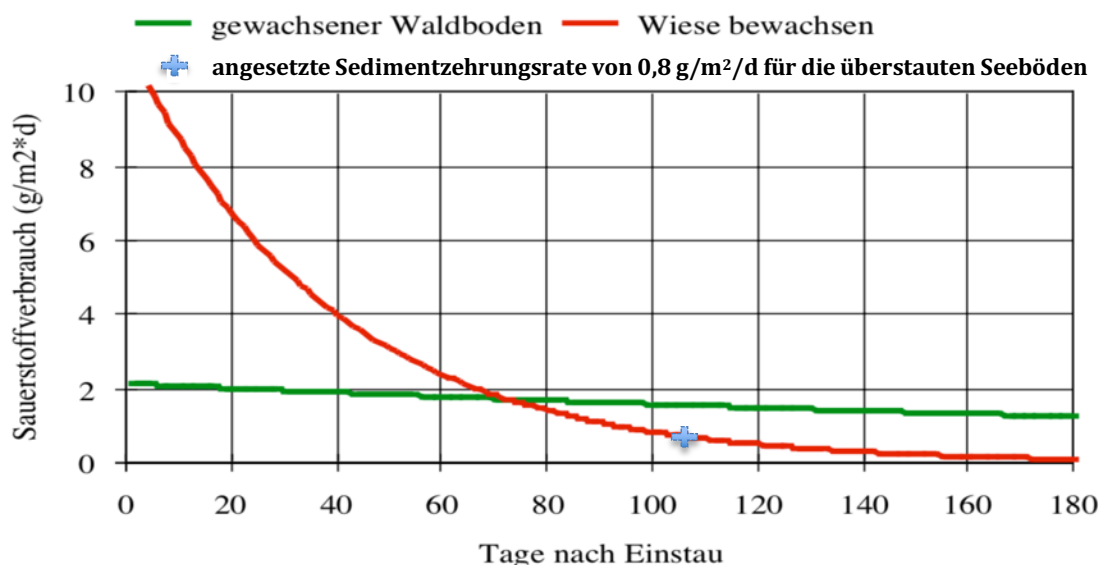
Die Modellierung der Beschaffenheitskennwerte des Sees während der Einstauphase erfolgt mit dem Programmpaketes CAEDYM/DYRESM. Eine Beschreibung des Prognosemodelle und der verwendeten Inputdaten sowie Parametereinstellungen findet sich im Gutachten Boos (2024), Kapitel 6.1. Die Modellierung der Beschaffenheitskennwerte des Seewassers erfolgt für den ca. 19 Jahre beanspruchenden Zeitraum der Befüllungsphase und einen daran anschließenden 1-jährigen Zeitraum, wenn der See schon seine maximale Stauhöhe von 323 m ü.NN erreicht hat und der Ablauf in den Elbach bereits aktiv ist (vgl. Tabelle 4.1).

**Tabelle 4.1: Morphologische Kennwerte zu Beginn und am Ende der Befüllungsphase**

Seesohle [m. ü. NN]	Wasserspiegel vor Befüllung [m. ü. NN]	Wasserspiegel nach Befüllung [m. ü. NN]	Seevolumen Be- ginn [m <sup>3</sup> ]	Seevolumen Ende [m <sup>3</sup> ]
265	287	323	2.531.601	8.405.105

Gegenstände der Prognose des Gewässerzustandes sind das Zirkulationsverhalten des Sees, die Entwicklung des Sauerstoffhaushaltes und die Ausprägungen des Nährstoffhaushaltes einschließlich der Algenentwicklung sowie der Sichttiefenwerte.

Für die Prognose der Wasserqualität wird ein Zehrungswert von 0,8 g/m<sup>2</sup>/d in Verbindung mit dem Halbsättigungskoeffizienten von 0,25 mg/L vorausgesetzt (vgl. Boos 2024). Nach den in der TGL 27 885/04 angegebenen Formeln für die Berechnung der Sauerstoffzehrung von Flachspeichern ist die Sedimentzehrungsrate von 0,8 g/m<sup>2</sup>/d als hoch anzusehen. Dieser Wert wird nach der Erstüberstauung einer bewachsenen Wiese bereits nach ca. 100 bis 120 Tagen unterschritten (vgl. Abbildung 4.1).



**Abbildung 4.1: Verlauf der O<sub>2</sub>-Zehrungsraten bei unterschiedlichem Bewuchs (T 20°C) nach TGL 27 885/04**

Als Vergleichswerte werden in den graphischen Liniendarstellungen die Prognoseergebnisse für die Befüllungsphase (Seespiegelanstieg) zu den Varianten Planfall 2 und Planfall 2b in Beziehung gesetzt. Die Kennwerte dieser drei Varianten sind in der Tabelle 4.1 angegeben.

Tabelle 4.2: Variantenkenwerte

Variante	hydraulischer Zustand	Volumen		Zwangszirkulation
		von	bis	
Planfall 2	befüllt	8.405.105	8.405.105	keine
Planfall 2b	befüllt	8.405.105	8.405.105	dauerhaft über den gesamten Probezeitraum
Befüllungsphase	in Befüllung	2.531.601	8.405.105	dauerhaft ab Ende (16.11.) des 16. Modelljahres

## 4.1 Temperaturhaushalt und Zirkulationsverhalten

Während der Befüllung des Sees ist von einem stabilen Schichtungs- und Zirkulationsmuster mit der Ausbildung eines kalttemperierten, hypolimnischen Tiefenwasserkörper von 5 m Mächtigkeit bei Einstaubeginn und ca. 40 m Mächtigkeit zum Ende der Einstauphase vor Betriebsbeginn der Zirkulationsanlage auszugehen (vgl. Abbildung 4.2).

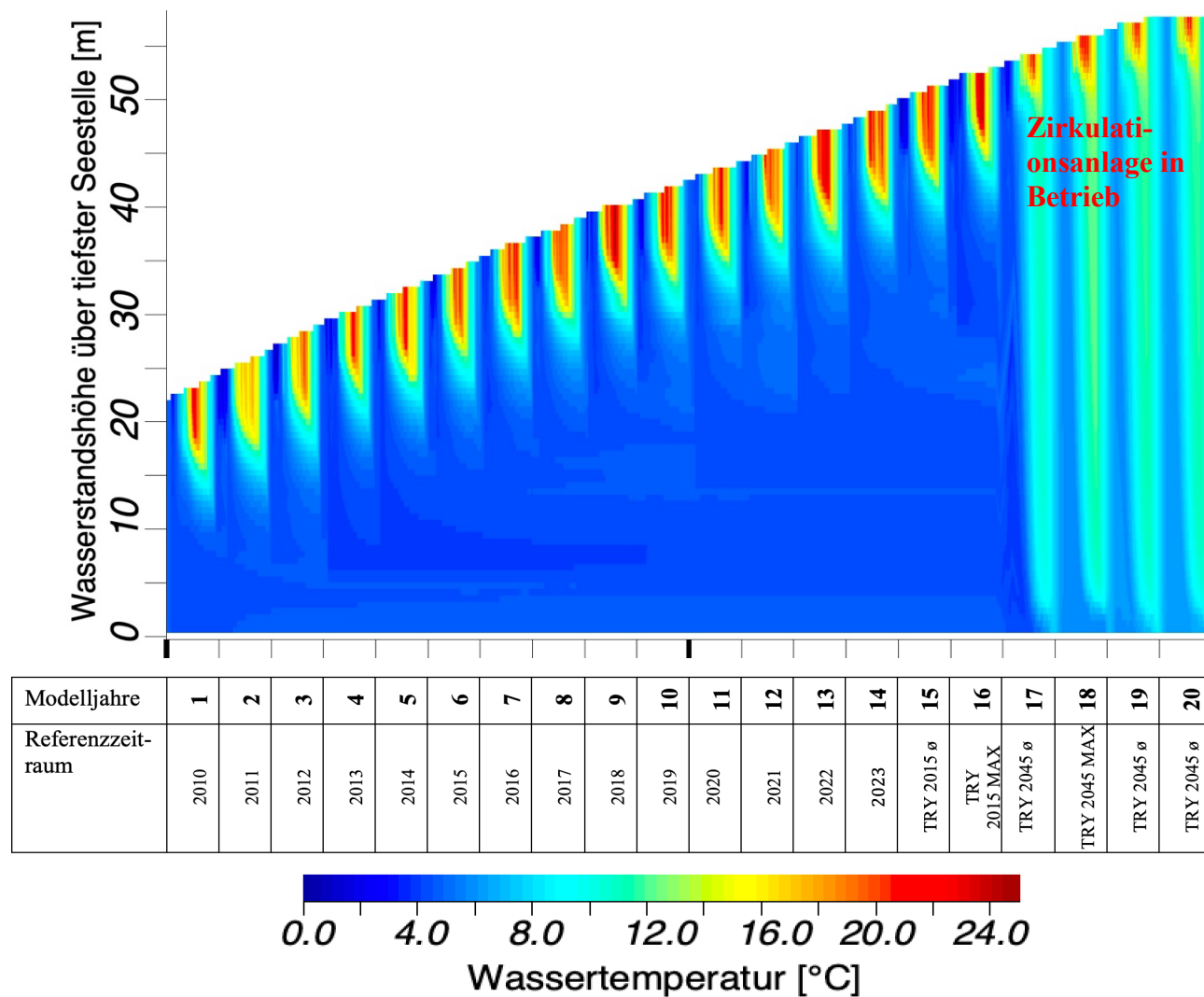
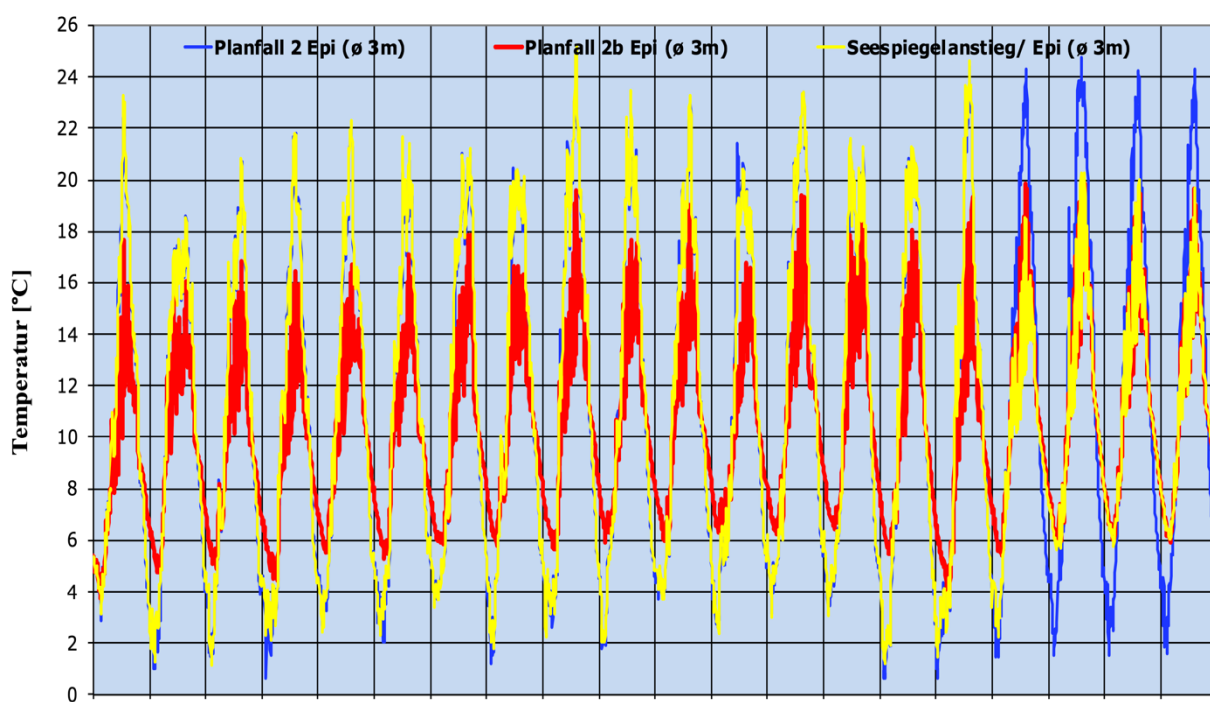


Abbildung 4.2: Temperatursimulation für die Befüllungsphase

Das Epilimnion hat im Sommer eine Mächtigkeit von ca. 7-10 m. Mit Einsetzen der Zwangszirkulation ab dem 16. Modelljahr kommt es zu einer Vollumwälzung der Wasserkörpers und einer Verringerung der oberflächennahen (epilimnischen) Wassertemperatur sowie einer Erhöhung der Temperatur im Tiefenwasserkörper (Hypolimnion).

Die Darstellung des Simulationsergebnisses der Wassertemperaturen des Epilimnions in 3 m Tiefe (vgl. Abbildung 4.3) zeigt, dass während des Seespiegelanstiegs bis zum Einsetzen der Zwangszirkulationsanlage die Wassertemperaturen über denen der Variante Planfall 2 (keine Zwangszirkulation, Becken vollständig befüllt) liegen.

Mit Einsetzen der Zwangszirkulation überlagern sich die Temperaturen der Varianten Planfall 2b (Zwangszirkulation aktiv, Becken vollständig befüllt) und die Simulationsergebnisse für die Befüllungsphase (Seespiegelanstieg) weitgehend. Aus den höheren Wassertemperaturen während der frühen Anstiegsphase ergeben sich keine Probleme für die Gewässerökologie, da sie einen Wert von 28°C zu keinem Zeitpunkt erreichen.

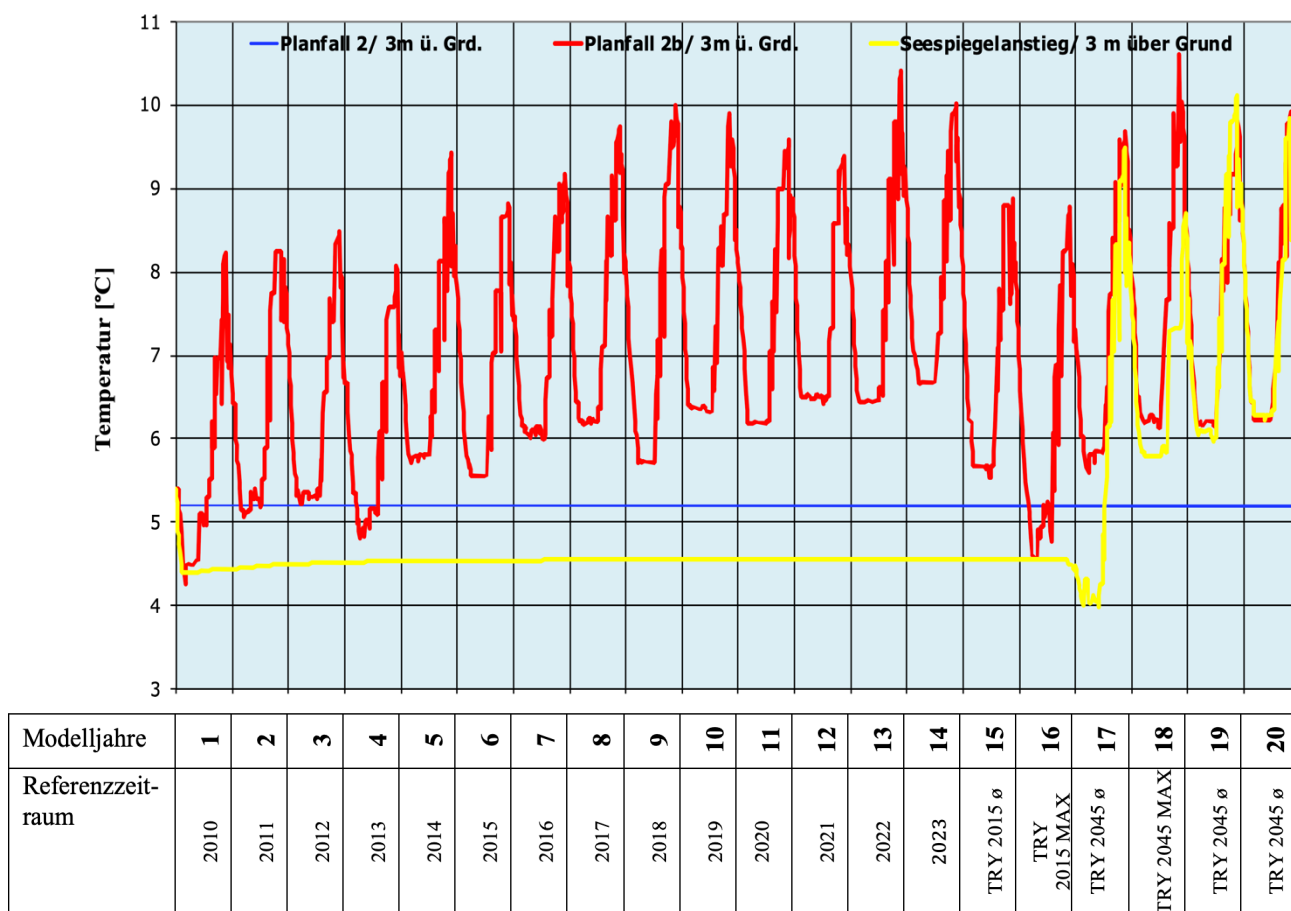


Modelljahre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Referenzzeitraum	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	TRY 2015 ø	TRY 2015 MAX	TRY 2045 ø	TRY 2045 MAX	TRY 2045 ø	TRY 2045 ø

**Abbildung 4.3: Simulationsergebnisse der Wassertemperaturen im Epilimnion (WT= 3m)**

In der Wassertiefe von 3 m über Grund ist während der Befüllungsphase (Variante Seespiegelanstieg) ab dem 5. Betriebsjahr bis zur Inbetriebnahme der Zirkulationsanlage im 15. Betriebsjahr der tiefere Wasserkörper nicht mehr in das Zirkulationsgeschehen des Sees eingebunden (vgl. Abbildung 4.4).

## Prognose der Wasserqualität des entstehenden Sees



**Abbildung 4.4: Simulationwerte der Wassertemperaturen im grundnahen Bereich**

Mit Hilfe der Zwangszirkulationsanlage gelingt die vollständige Vermischung des Tiefenwasserkörpers mit den oberen Wasserschichten. Somit ist ihre volle Funktion auch dann gegeben, wenn ein meromiktischer Wasserkörper<sup>1</sup> umgewälzt werden soll, wie die Simulation der Vermischungsvorgänge nach Zugabe eines virtuellen Tracers zeigt (vgl. Abbildung 4.5).

<sup>1</sup> In einem meromiktischen Gewässer findet die Durchmischung (Zirkulation) des Wasserkörpers nur in einzelnen Zonen, nicht aber im Gesamtvolumen statt. Anders als in dimiktischen oder oligomiktischen Gewässern, die zumindest einmal jährlich vollständig umgewälzt werden, unterbleibt infolge einer Meromixis insbesondere der Sauerstoffeintrag in die Gewässertiefe, woraus sich erhebliche Güteprobleme ergeben können.

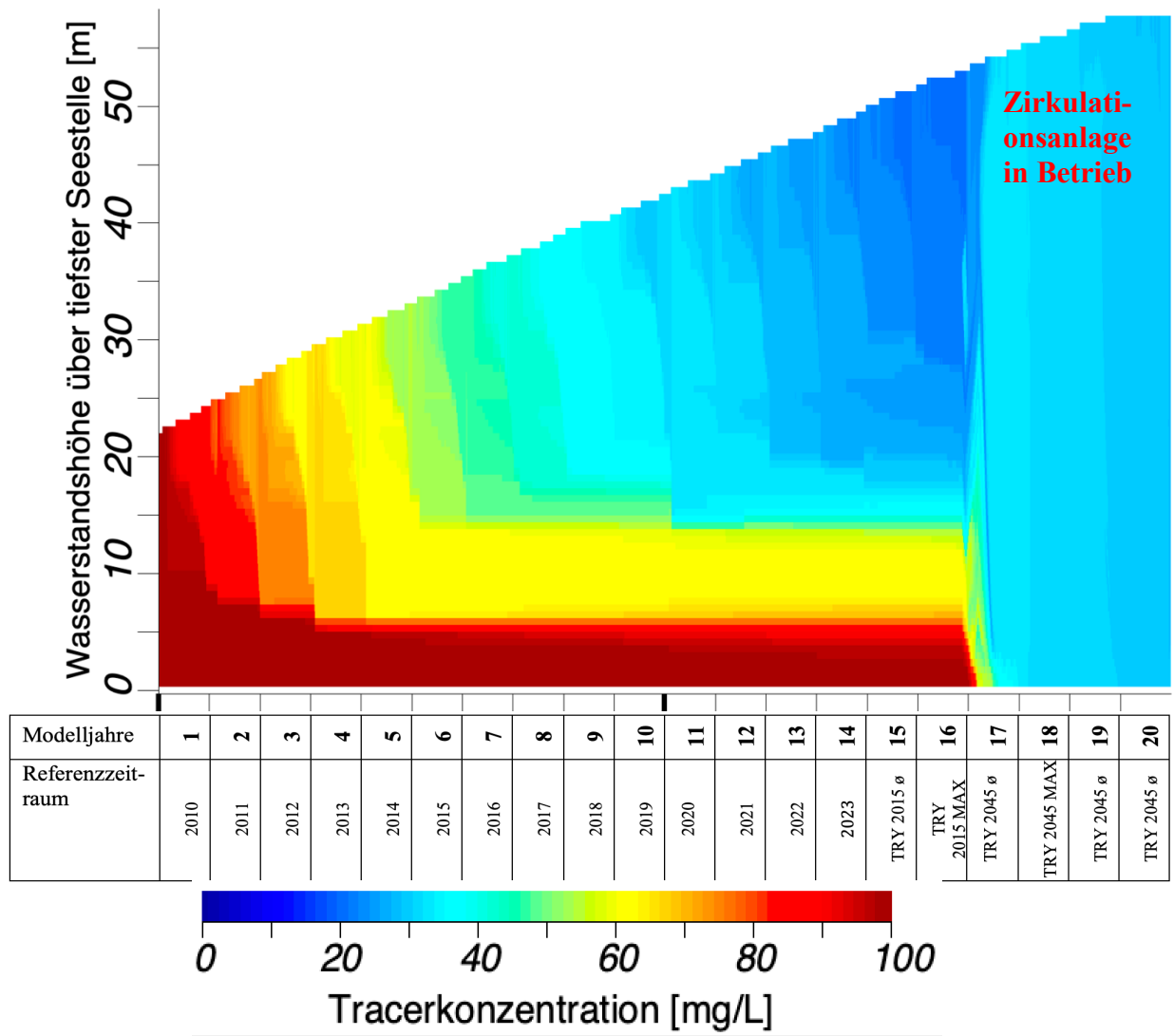


Abbildung 4.5: Tracersimulation zur Darstellung des Zirkulationsverhaltens während der Befüllungsphase und der Auswirkungen durch die Zwangszirkulationsanlage



## 4.2 Sauerstoffhaushalt

Während des Seespiegelanstiegs im Verlauf der Befüllungsphase stellt sich ab dem 9. Modelljahr ein zunehmend mächtiges hypolimnisches Sauerstoffdefizit ein, das sich erst mit dem Betrieb der Zwangszirkulationsanlage auflöst (vgl. Abbildung 4.6).

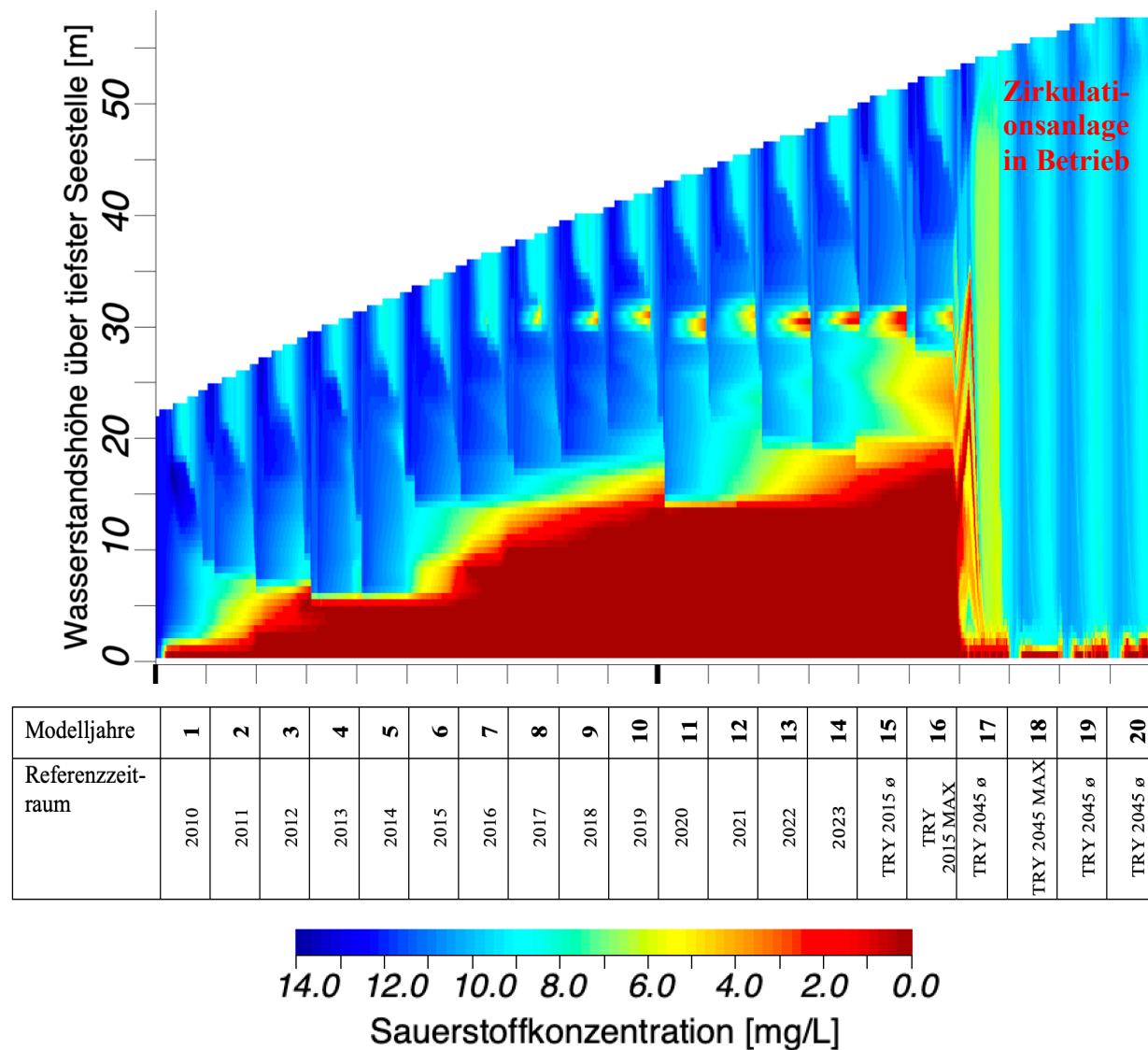


Abbildung 4.6: Simulation der Sauerstoffgehalte während der Befüllungsphase

Im mittleren und tieferen Wasserkörper werden unmittelbar mit Beginn der Zwangszirkulation bereits Sauerstoffwerte von mehr als 5 mg/L erreicht. Danach regeneriert sich das Gewässer innerhalb eines Jahres, so dass die Güteprognose für den Sauerstoffhaushalt nunmehr als günstig zu bezeichnen ist und derjenigen des Planfalles 2b (Erweiterung mit Zwangszirkulation) entspricht.

Eine Belastung des Sauerstoffhaushaltes direkt nach dem Einschalten der Zwangszirkulationsanlage ist nicht zu erkennen, wie das Prognoseergebnis für die Wassertiefe von 3m zeigt (vgl. Abbildung 4.8).

## Prognose der Wasserqualität des entstehenden Sees

Die mit der Anlage herbeigeführte Zwangszirkulation verursacht eine kurzfristige, leichte Verringerung der Sauerstoffwerte im 17. Modelljahr. Der Rückgang der Werte um 2-4 mg/L ist aber unerheblich, da der kritische Sauerstoffwert von 5 mg/L nie erreicht wird.

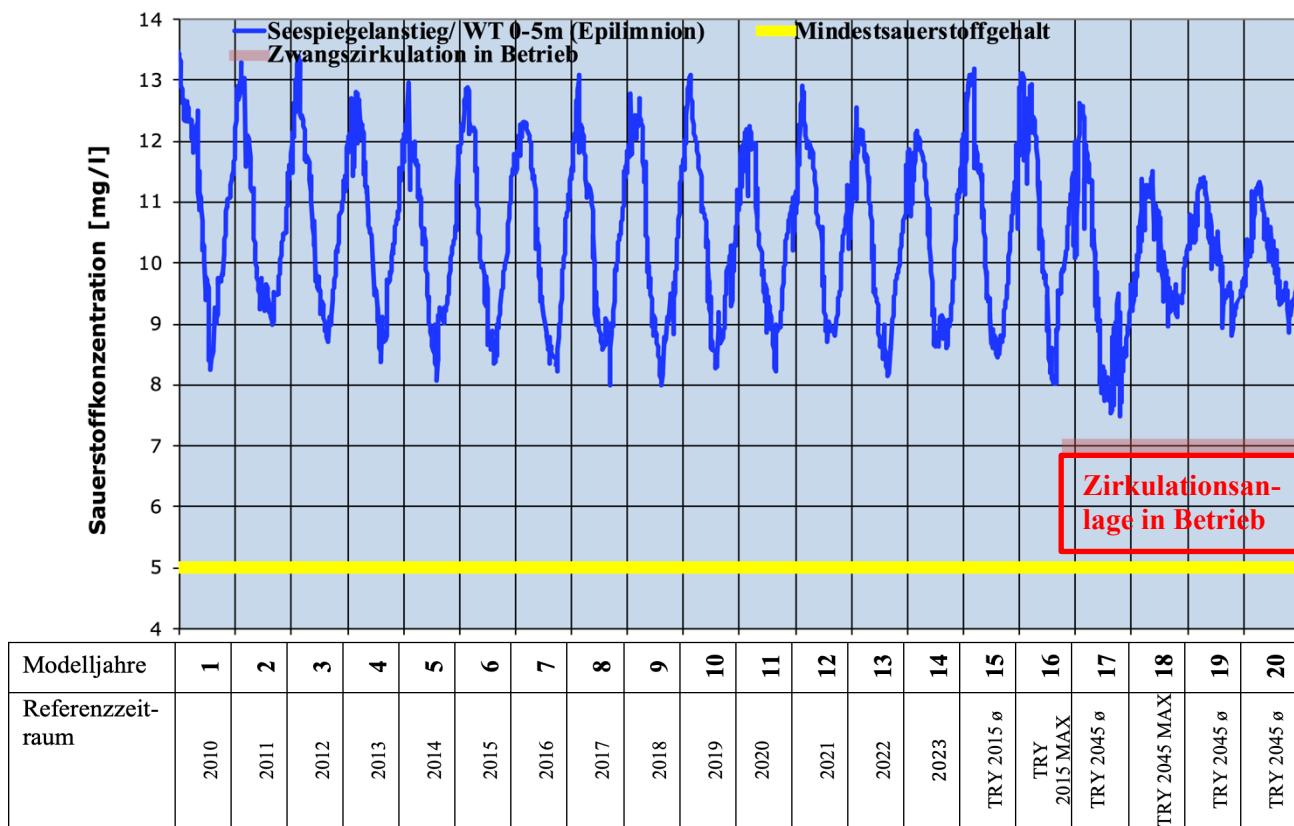


Abbildung 4.7: Simulationwerte der Sauerstoffgehalte im Epilimnion (WT= 3m)

In Bezug auf den Sauerstoffhaushalt sollte vor Inbetriebnahme der Zirkulationsanlage ein Monitoring beginnen, um auf der Basis von Vermischungsrechnungen den zu erwartenden Sauerstoffwert ermitteln zu können.

### 4.3 Phosphorgehalte im Wasserkörper

Die Phosphorwerte des Seewassers reichern sich während der Befüllungsphase im Tiefenwasserkörper des Sees an, ohne aber mit Werten von 0,060 mg/L ein kritisches Ausmaß anzunehmen (vgl. Abbildung 4.8).

Das Schwankungsmuster in der Tiefe wird zu Beginn der Einstauphase (2. bis 8. Modelljahr) durch die höhere Trophielage des noch flachen Sees bestimmt.

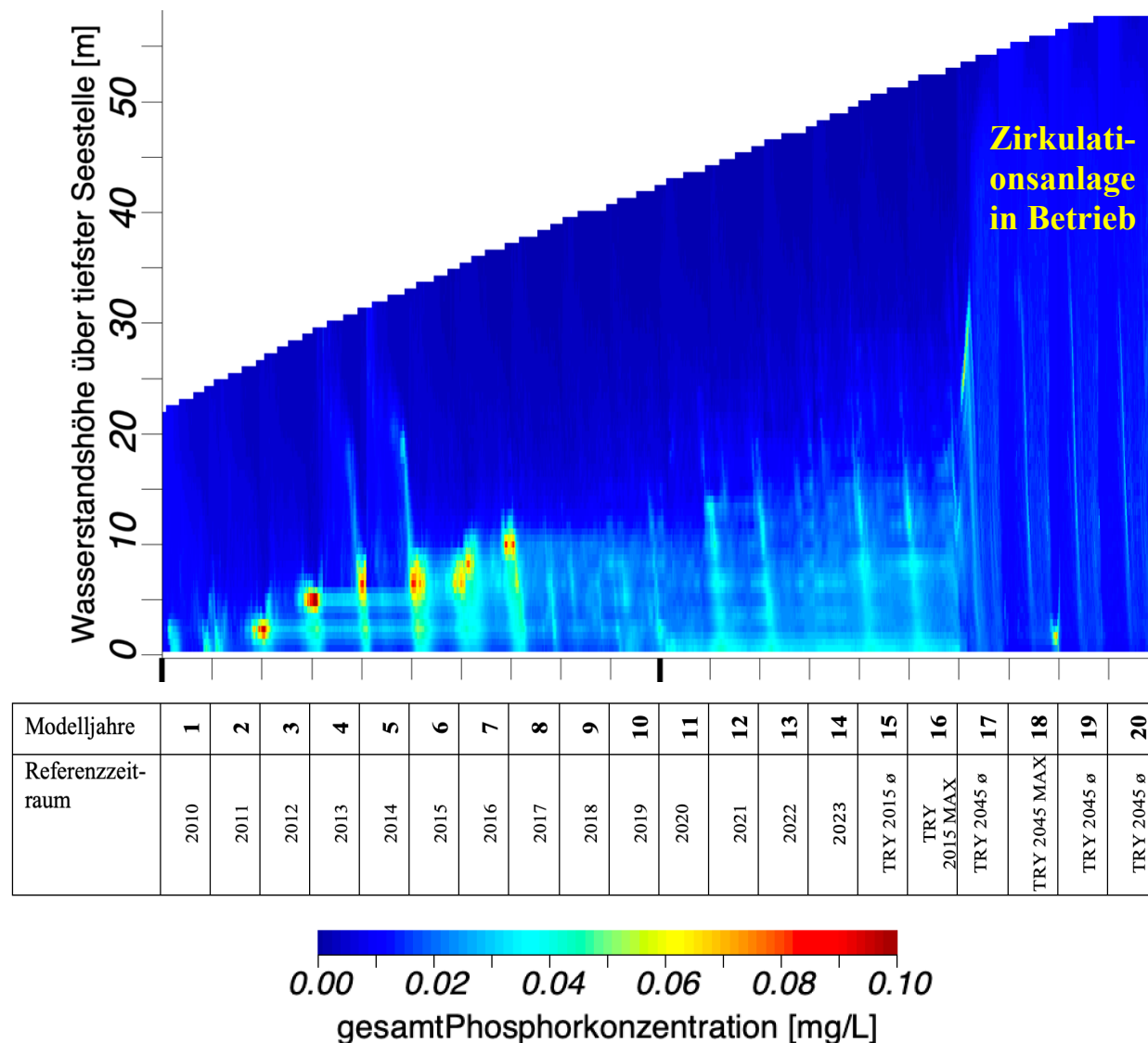


Abbildung 4.8: Phosphorsimulation während der Befüllungsphase

Nach Vermischung des Tiefenwasserkörpers im gesamten See stellt sich ein Belastungsniveau ein, das dem Orientierungswert der OGewV für den Seetyp 7 entspricht (vgl. Kapitel 3.1.1).

Nur unmittelbar nach Einsetzen des Anlagenbetriebs steigen die Phosphorwerte im oberflächennahen Wasserkörper an (vgl. Abbildung 4.9). Eine Belastung des Sees ergibt sich hieraus aber nicht. Nach der Vermischung stellt sich infolge der normalen Seentwicklung ein erneuter Gleichgewichtszustand ein, der dann dem Planfall 2b (Erweiterung mit Zirkulationsanlage) entspricht.

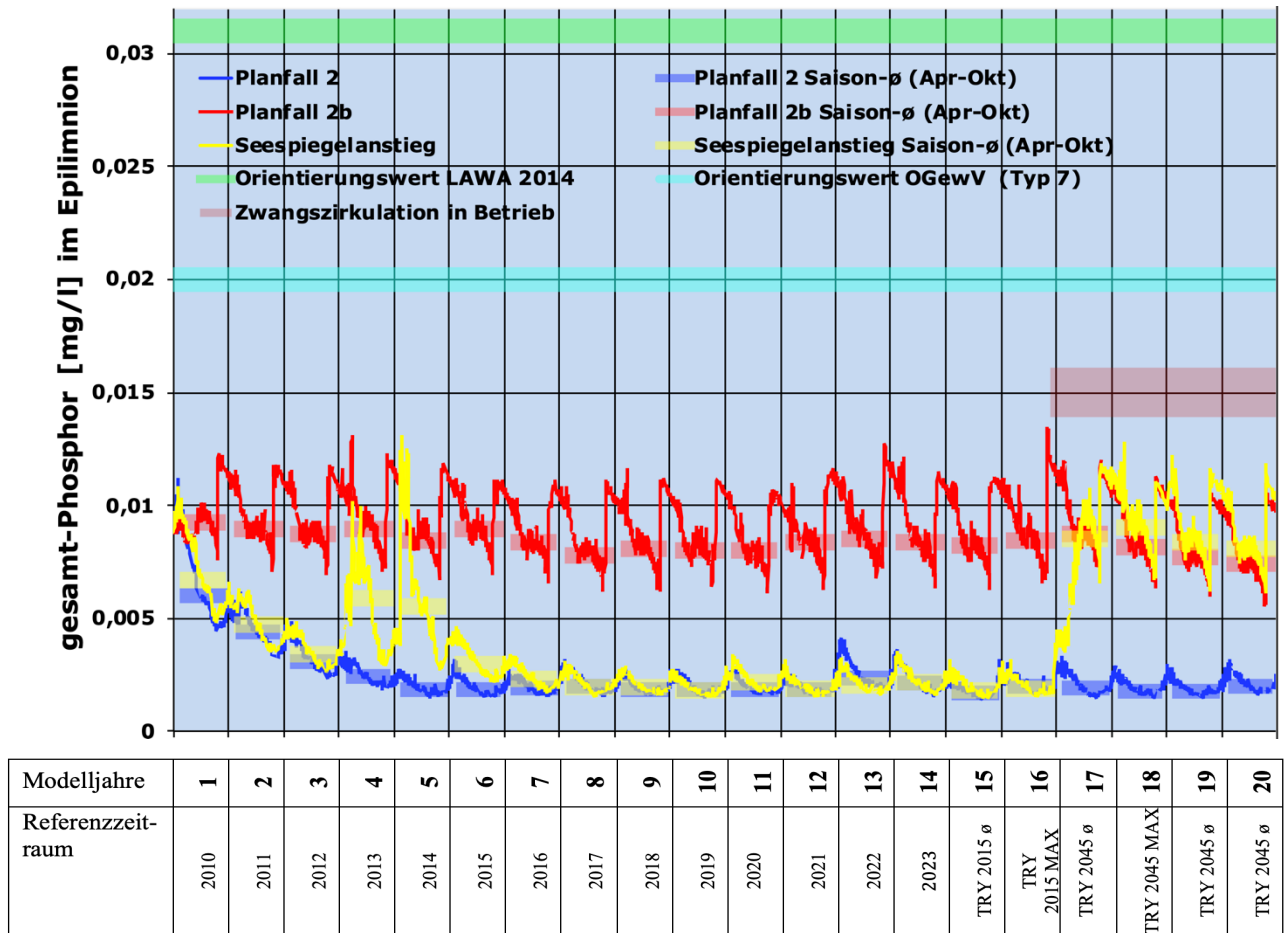


Abbildung 4.9: Simulation der Phosphorgehalte in der trophogenen Zone unter Bezug auf den leitbildkonformen Zielwert

Auch in Bezug auf den Phosphorhaushalt sollte vor Inbetriebnahme der Zirkulationsanlage durch ein Monitoring und Vermischungsrechnung auf der Basis der erhobenen Daten eine Überprüfung stattfinden.

#### 4.4 Chlorophyll-a Gehalte im Seewasser

Hinsichtlich der Algenentwicklung ergeben sich für die Phase des Seespiegelanstiegs keine negativen Einflüsse für das Gewässer.

Während des Seespiegelanstiegs nimmt durch die stärkere Einschichtung die Algenentwicklung sukzessive ab und erreicht ein vergleichbares Niveau wie die Variante Planfall 2.

Zu Beginn der Vermischungsphase nach Erreichen des Stauziels erhöhen sich zunächst die Chlorophyll-a Gehalte infolge einer stärkeren Algenentwicklung (vgl. Abbildung 4.10).

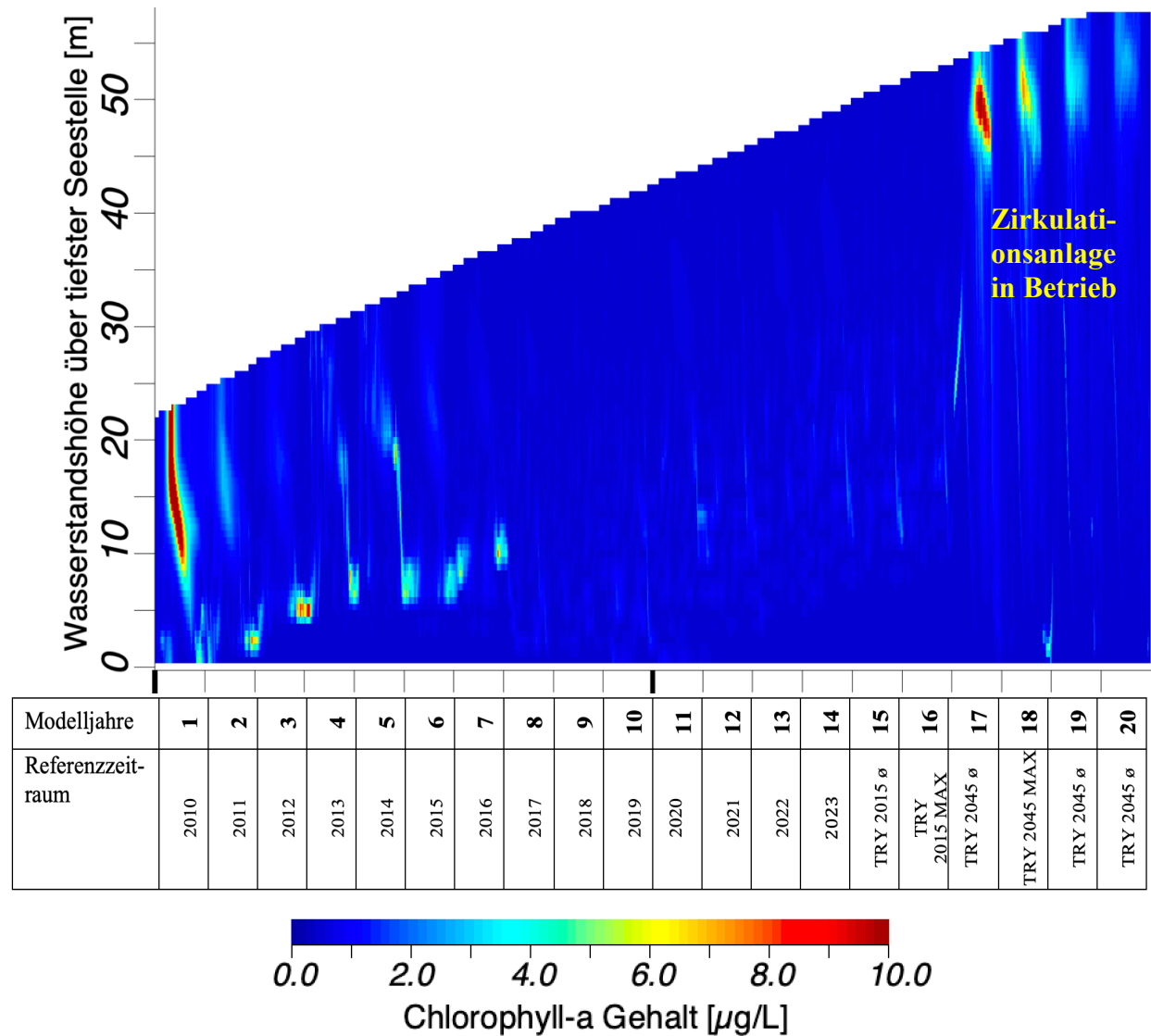


Abbildung 4.10: Chlorophyll-a Simulation während der Befüllungsphase

Den Zielwerten nach LAWA (2014) wird aber auch in dieser frühen Phase nach Volleinstau deutlich entsprochen (vgl. Abbildung 4.11).

Mit dem weiteren Betrieb der Zwangszirkulationsanlage gleichen sich die Verhältnisse denjenigen des Planfalles 2b (Erweiterung mit Zwangszirkulation) an. Nach ca. 6-7 Jahren dürfte ein Gleichgewichtszustand erreicht sein.

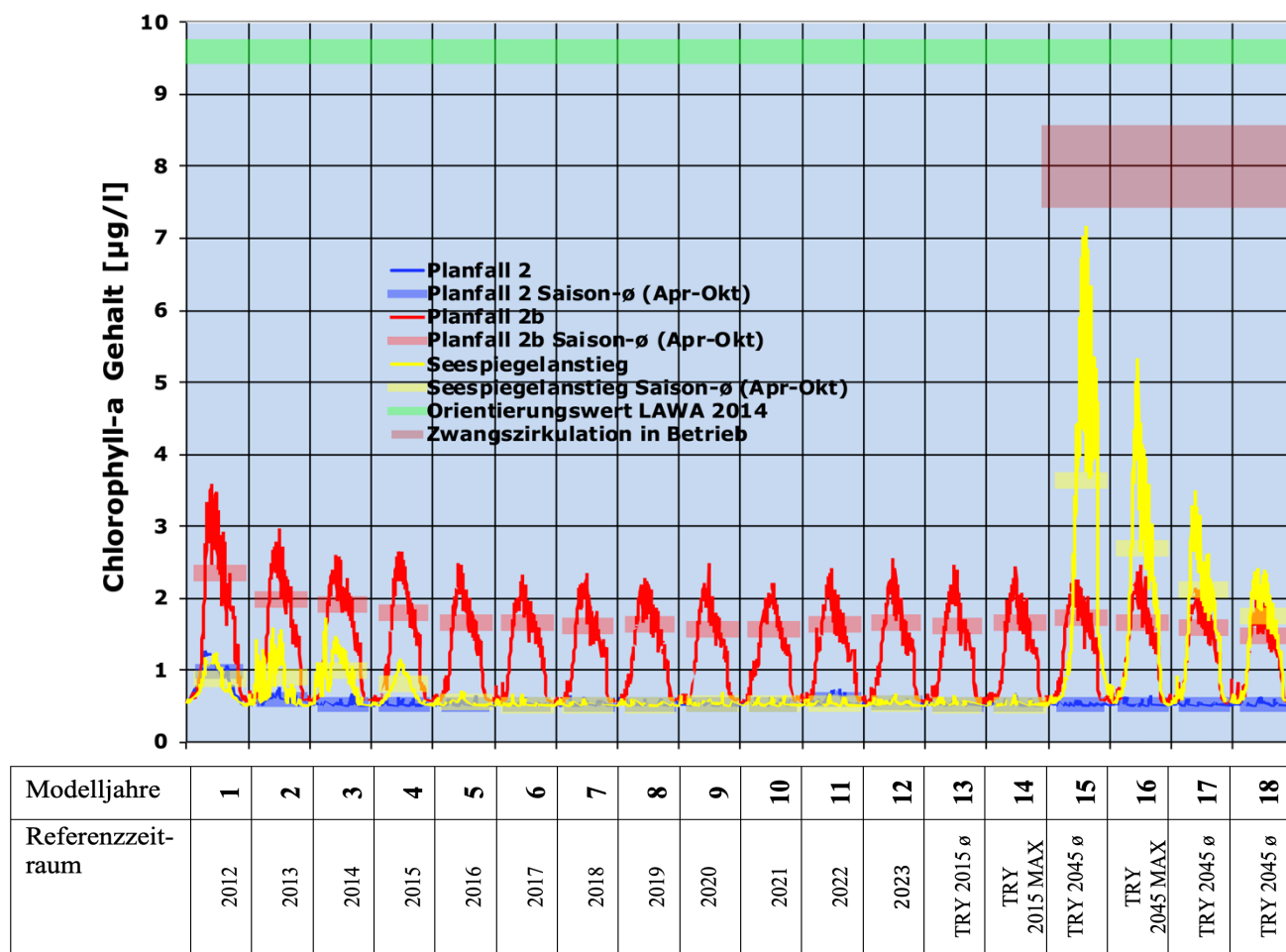


Abbildung 4.11: Simulation der Chlorophyll-a Gehalte in der trophogenen Zone unter Bezug auf den leitbildkonformen Zielwert

## 4.5 Sichttiefenwerte

Die Sichttiefe (SD) hängt von der Menge der im Wasser gelösten Partikel (Trübstoffe) ab und ist ein wichtiges Maß, um die maximale Tiefe des möglichen Wasserpflanzenwachstums ( $SD \cdot 2,5$ ) abschätzen zu können. In Seen ohne starke oberflächige Trübstoffeinträge wird die Sichttiefe maßgeblich von der Menge schwebender Organismen (Plankton), insbesondere von Algen, bestimmt.

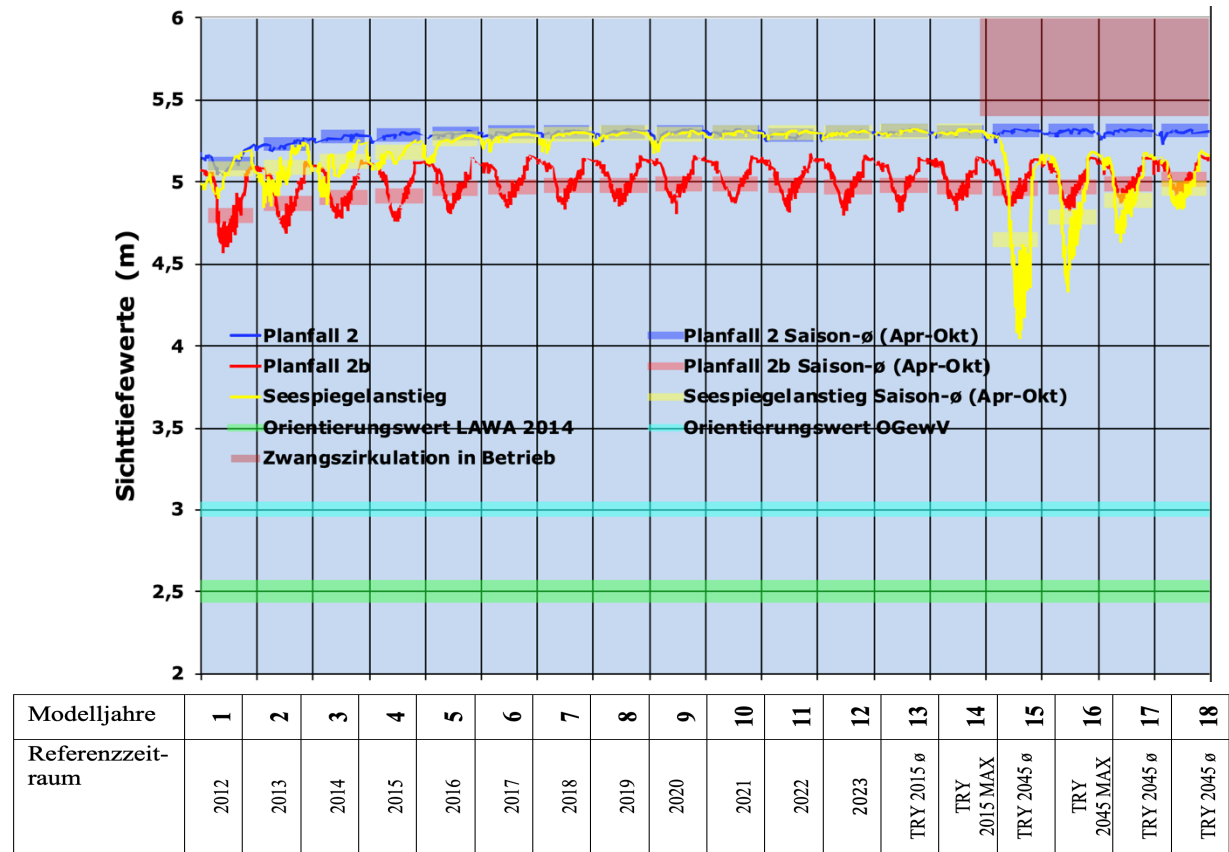
Aus der im Modell ermittelten Extinktionsrate wurde die Sichttiefe in Anlehnung an HORNUNG (2002) nach der folgenden Formel berechnet:

$$\text{Sichttiefe SD [m]} = 1,6 / (\text{Extinktionskoeffizient} \cdot \text{m}^{-1})$$

Das Modellergebnis für die Befüllungsphase (Seespiegelanstieg) weist ähnlich hohe Sichttiefenwerte aus wie für den Planfall 2 nach Abschluss der Erweiterung (vgl. Abbildung 4.12).

Während des Seespiegelanstiegs vor Inbetriebnahme der Zwangszirkulationsanlage werden vergleichbare Verhältnisse wie im Planfall 2 erreicht. Mit Einsetzen der Zwangszirkulationsanlage gehen die Sichttiefenwerte zunächst zurück, erreichen aber immer noch ein Niveau, das deutlich im Bereich der Orientierungswerte nach LAWA (2014) bzw. OGewV (2016)

liegt. Im weiteren Verlauf nimmt die Sichttiefe wieder zu und entspricht den für die Variante Planfall 2b ermittelten Werten.



*Abbildung 4.12: Simulation der Sichttiefenwerte unter Bezug auf den leitbildkonformen Zielwert*

## 5 Vorhabensbedingte Auswirkungen auf den Elbach

Da der Seeüberlauf in den Elbach gelangt, wird im Folgenden dargelegt, ob und ggf. in welcher Weise es zu einer Beeinflussung der Wasserqualität des Elbachs durch abströmendes Seewasser kommt.

Das abfließende Seewasser sollte den in der Tabelle 5.1 angegebenen Kennwerten entsprechen (vgl. auch Kapitel 3.2). Dann ergeben sich auch ohne Berücksichtigung der Verdünnungseffekte durch die Vermischung mit dem vorhandenen Wasser im Elbach keinen negativen Auswirkungen für dessen Wasserqualität.

**Tabelle 5.1: Güteanforderungen für die Wasserqualität im Elbach nach OGeWV (2016)**

		Statistische Kenngröße	Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potential
Wassertemperatur Sommer (April-Nov.)	° C	MAX	$\leq 20$ (Sa-ER, Sa-MR) $\leq 21,5$ (Sa-HR) $\leq 23$ (Cyp-R) $\leq 25$ (EP)
Sauerstoffgehalt	mg/l	MIN/a <sup>2</sup>	$> 7$
TOC	mg/l	MW/a <sup>3</sup>	$< 7$
Gesamt-Phosphor	mg/l	MW/a <sup>3</sup>	$\leq 0,10$
Ammonium-N	mg/l	MW/a <sup>3</sup>	$\leq 0,1$

<sup>2</sup> Minimal- bzw. Maximalwert als arithmetisches Mittel aus den Jahresminimal- bzw. -maximalwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren

<sup>3</sup> Mittelwert als arithmetisches Mittel aus den Jahresmittelwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren

### 5.1 Ablaufmengen

Die abfließende Wassermenge gelangt über den Seeüberlauf in den Elbach. Die Abflusswerte in den Elbach sind in der Tabelle 5.2 aufgelistet. Das abfließende Seewasser sollte auf eine Abflussmenge von 10 bis 15 L/s begrenzt werden. Die Höhe des Freibords müsste demnach ca. 1 bis 1,5 m betragen, da der Wasserspiegel des Sees bei Starkniederschlägen um diese Höhe ansteigen kann.

**Tabelle 5.2: Ablaufmengen in den Elbach**

	Ablaufmengen [L/s]		
	Ø 20 Jahre	Minimum	Maximum
Nullfall	8,7	0,0	74,5
Planfall 1	10,4	0,0	129,9
Planfall 2	10,4	0,0	129,9
Planfall 2a	10,5	0,0	80,6
Planfall 2b	10,6	0,0	131,8
Seespiegelanstieg Modelljahre 1-15	0	0	0
Seespiegelanstieg Modelljahre 16-20	10,4	0,2	80,7



## 5.2 Wasserbeschaffenheitskennwerte

Zur Bestimmung der Beschaffenheitskennwerte des abfließenden Seewassers dienen die in Kapitel 4 dargestellten Prognosewerte.

### 5.2.1 Wassertemperatur im Ablauf

Hinsichtlich der Wassertemperaturen (vgl. Abbildung 5.1) ergeben sich im Sommer geringfügige Überschreitungen des für die Qualität des Ablaufwassers gesetzten Orientierungswertes von maximal 21,5 °C, da der Seeablauf aus der erwärmten oberflächennahen Wasserschicht erfolgt. Um ein Aufwärmen des Elbachs zu vermeiden, sollte das Wasser zumindest im Sommer aus einer Tiefe von 6-10 Meter abgeleitet werden.

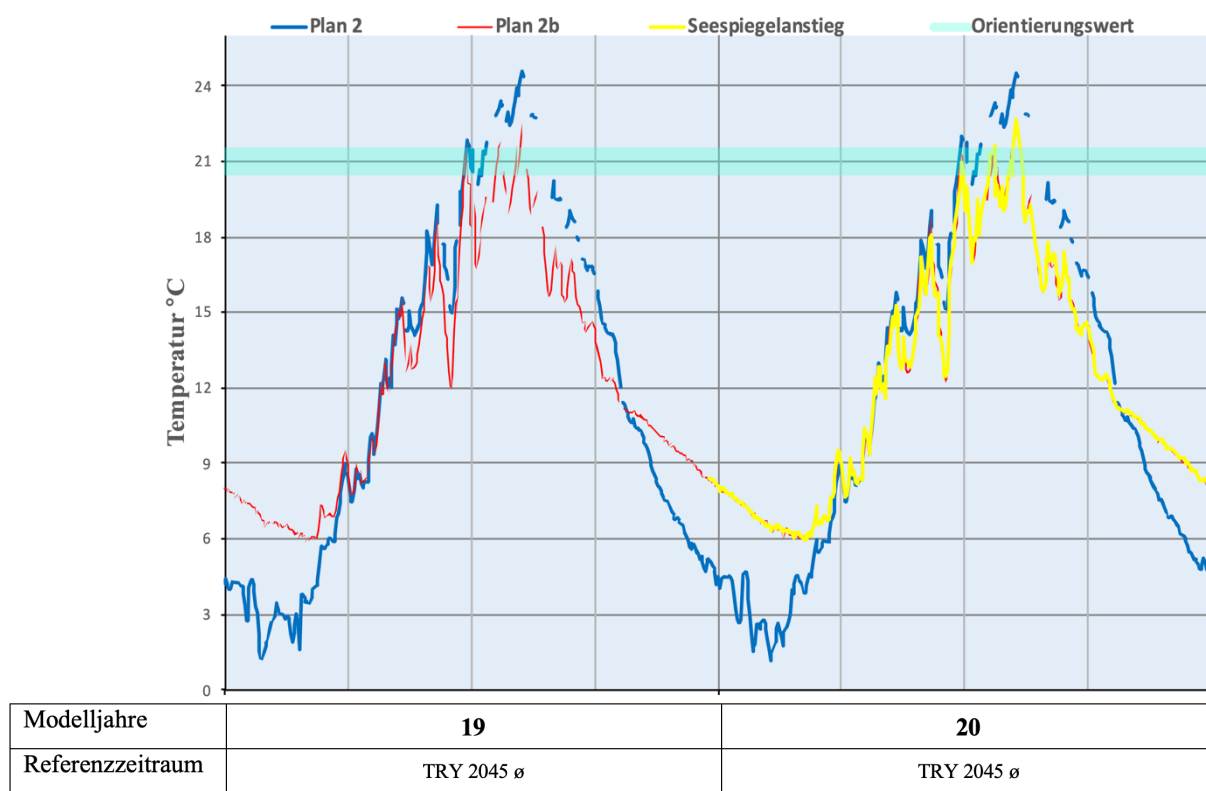


Abbildung 5.1: Wassertemperaturen im Seeüberlauf unter Bezug auf den Orientierungswert

### 5.2.2 Sauerstoffgehalte im Ablauf

Hinsichtlich der Sauerstoffwerte ergeben sich durch das Zuflusswasser aus dem See keine Beeinträchtigungen im Elbach, da das Seewasser aus der sauerstoffreichen Zone abfließt (vgl. Abbildung 5.2). Auch die zur Dämpfung der Temperaturspitzen empfohlene Verlegung der Seewasserentnahme in eine Tiefe von 6-10 m (vgl. Kapitel 5.2.1) würde keine relevanten Verminderungen der Sauerstoffgehalte im Ablaufwasser verursachen. Eine Weiterbehandlung des Ablaufwassers ist somit nicht notwendig.

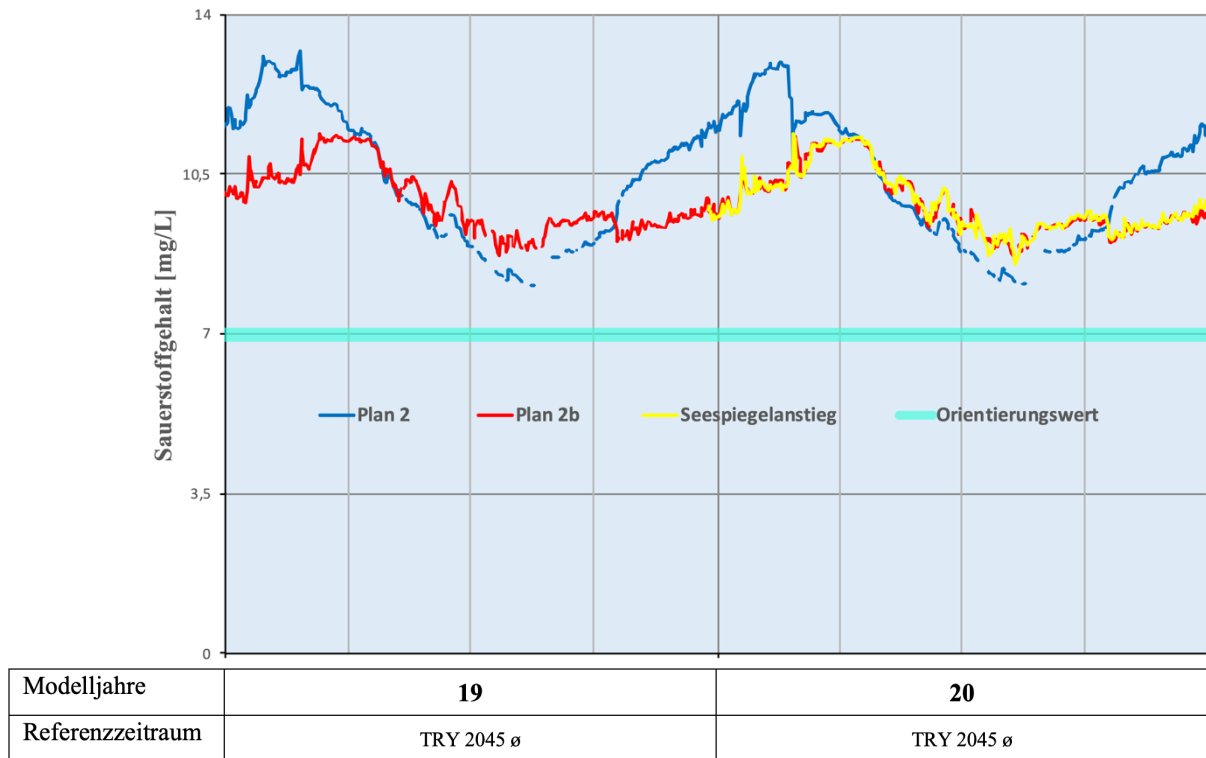


Abbildung 5.2: Sauerstoffwerte im Seeüberlauf unter Bezug auf den Orientierungswert

### 5.2.3 TOC- Gehalte im Ablauf

Der TOC (Gesamter organischer Kohlenstoff) ist ein Indikator für Wasserbelastungen mit fäulnisfähiger organischer Substanz. Zur Mineralisierung von 1 mg/L TOC werden 2,67 mg/L Sauerstoff benötigt. Daher kann der Eintrag von organischem Kohlenstoff den Sauerstoffhaushalt eines Fließgewässers belasten.

Wie die Abbildung 5.3 zeigt, wird während der Befüllung (Variante Seespiegelanstieg) ebenso wie im Planfall 2 (keine güteverbessernden Maßnahmen im See) und im Planfall 2b (Zwangszirkulation im befüllten Zustand) dem Orientierungswert sehr deutlich entsprochen.

Dies ist in erster Linie dem oligotrophen (nährstoffarmen) Charakter des Sees geschuldet. Die höheren, aber immer noch weit unterhalb des Orientierungswertes liegenden TOC-Gehalte des abfließenden Seewassers bei den Varianten mit Zwangszirkulationsanlage (Seespiegelanstieg, Planfall 2b) werden durch eine verstärkte Algenentwicklung infolge der geringeren Sedimentation von Nährstoffen verursacht.

## Vorhabensbedingte Auswirkungen auf den Elbach

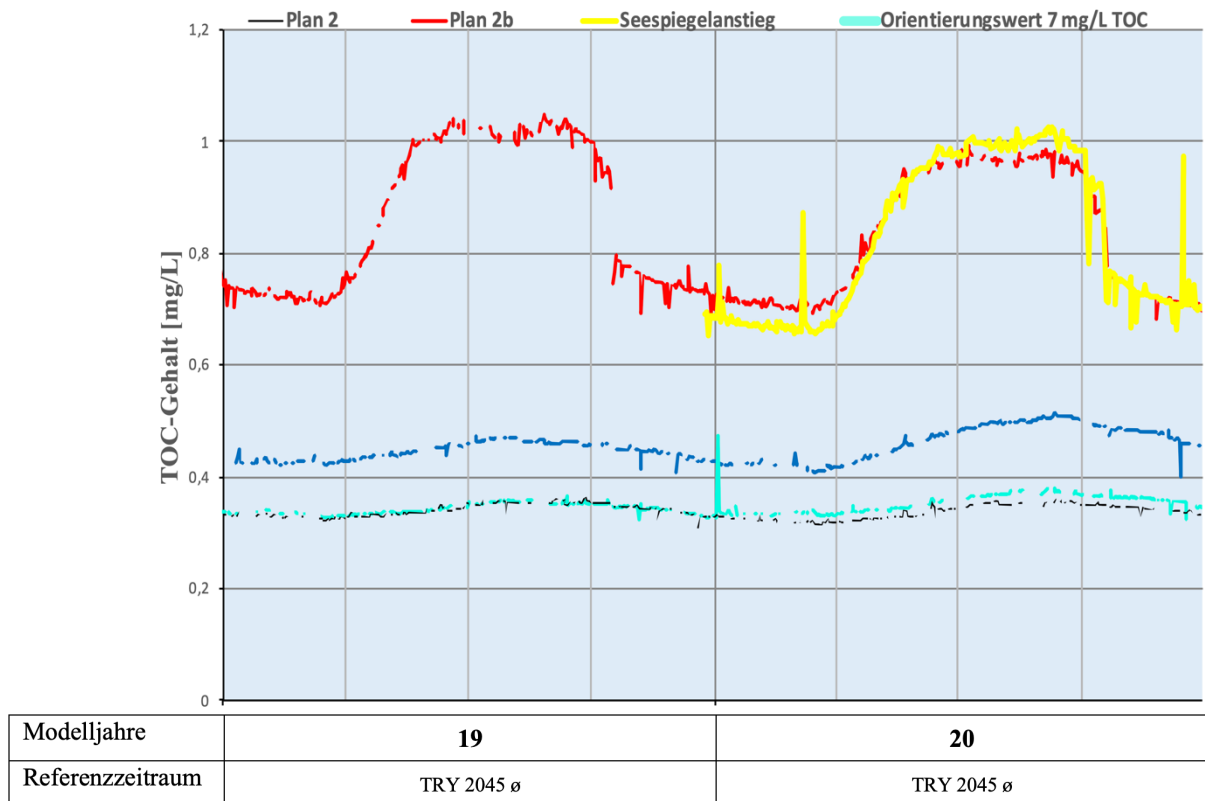
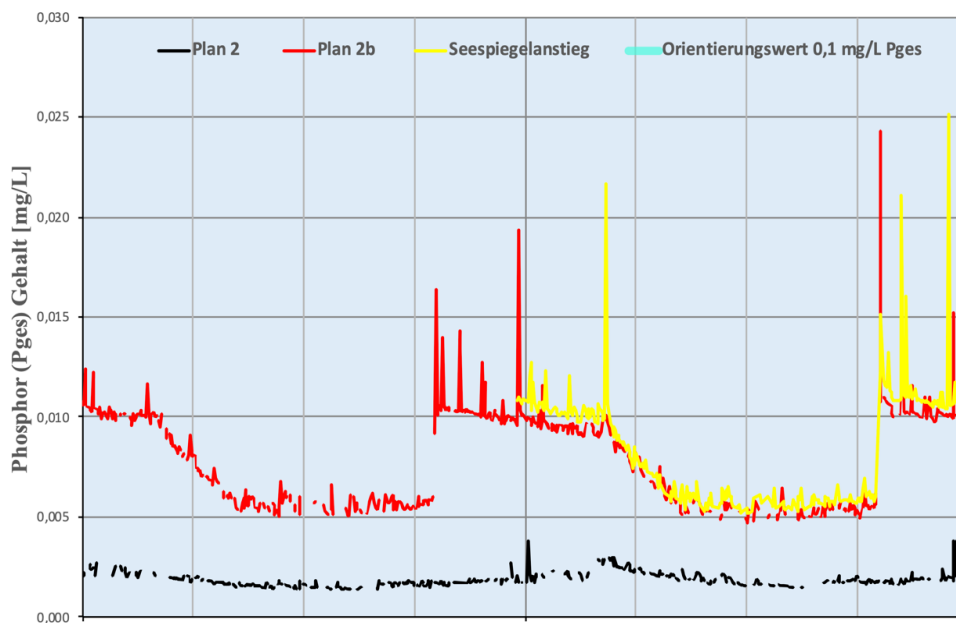


Abbildung 5.3: TOC-Gehalte im Seeüberlauf unter Bezug auf den Orientierungswert

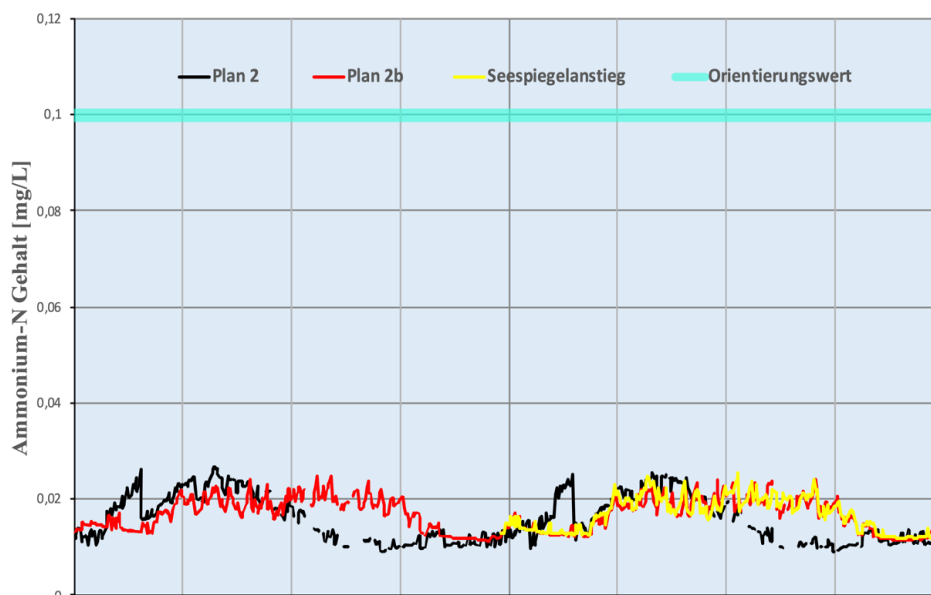
#### 5.2.4 Ammonium- und Phosphor- Gehalte im Ablauf

Die für die Algenentwicklung wichtigen Nährstoffe Phosphor (vgl. Abbildung 5.4). und Ammonium (vgl. Abbildung 5.5) werden im abfließenden Seewasser insgesamt ein sehr geringes Ausmaß annehmen. Eine Nährstoffbelastung des Ellbachs durch das abströmende Seewasser ist daher auszuschließen.



Modelljahre	19	20
Referenzzeitraum	TRY 2045 ø	TRY 2045 ø

Abbildung 5.4: Phosphorgehalte (Pges) im Seeüberlauf unter Bezug auf den Orientierungswert



Modelljahre	19	20
Referenzzeitraum	TRY 2045 ø	TRY 2045 ø

Abbildung 5.5: Ammonium- N Gehalte im Seeüberlauf unter Bezug auf den Orientierungswert

## **6 Zusammenfassung**

In Ergänzung des Gutachtens zum Erweiterungsvorhaben der Abgrabungsstätte Steinbruch Jaeger der Firma Günter Jaeger Steinbruchbetriebe GmbH, Reichshof-Nespen (Boos 2024) wurde eine Prognose für die güterelevanten Gewässerparameter während der Befüllungsphase des entstehenden Sees nach Einstellung der Gewinnungstätigkeit und Beendigung der Sumpfungsmaßnahmen erstellt. Durch den Zustrom von Grundwasser, Oberflächenwasser und Niederschlag kommt es in diesem Zeitraum zu einem allmählichen Anstieg des Wasserspiegels. Das Stauziel wird nach ca. 19 Jahren erreicht. Danach gelangt das Überschusswasser über einen regelbaren Ablauf in den Elbach.

Für die Prognose der Wasserqualität des Sees kam das 1-D hydrodynamische Modell DY-RESM (Dynamic Reservoir Simulation Model) zur Verwendung, das für die Prognose der Wasserqualität mit dem Programm CAEDYM gekoppelt wurde. Die Prognosen erfolgten unter Bezug auf die gütebestimmenden Parameter Temperaturhaushalt (Zirkulationsverhalten), Sauerstoffhaushalt, Phosphorbelastung des Wasserkörpers, Chlorophyll-a Gehalt (Algenentwicklung) und Sichttiefe für einen 20-jährigen Zeitraum der die Befüllungsphase des Beckens (19 Jahre) und eine anschließende einjährigen Entwicklungsphase umfasst.

Die Prognose des Temperaturhaushaltes zeigt ein stabiles Schichtungs- und Zirkulationsmuster mit der Ausbildung eines kalttemperierten, hypolimnischen Tiefenwasserkörper von 5 m Mächtigkeit bei Staubeginn und ca. 40 m Mächtigkeit zum Einstauende vor Inbetriebnahme der Zirkulationsanlage. Demnach zeigen sich hier am Ende der Einstauphase die bereits im Gutachten Boos (2024) festgestellten Defizite des Sauerstoffhaushaltes in der Gewässertiefe, die nur mit einer Zwangszirkulationsanlage zu beheben sind.

Ab dem 5. Jahr der Befüllung entwickelt sich ein vom Zirkulationsgeschehen ausgenommener sauerstoffarmer Tiefenwasserkörper, der erst mit dem Einsatz der Zwangszirkulationsanlage am Ende der Befüllungsphase aufgelöst werden kann. Danach kommt es zu einer Volldurchmischung des Wasserkörpers und einer günstigen Sauerstoffversorgung des Seewassers bis zum Gewässergrund. An der Wasseroberfläche bestehen auch während der Befüllung des Beckens stets ausreichend hohe Sauerstoffgehalte, so dass sich keine Belastungen für die Gewässerfauna durch Sauerstoffmangel ergeben.

Während der Befüllung des Beckens reichern sich in den tiefen und mittleren Wasserschichten die Phosphorkonzentrationen an. In der trophogenen Zone an der Wasseroberfläche bleiben die Werte jedoch deutlich im Bereich der Orientierungsgrößen. Mit Einsetzen der durch die Zirkulationsanlage beförderten Wasserzirkulation nach Erreichen des Stauziels im 16. Jahr nach Einstaubeginn kommt es zunächst auch im oberflächennahen Wasserkörper zu einem Anstieg der Phosphorgehalte, der aber kein güterelevantes Ausmaß annimmt. Im Verlauf der weiteren Entwicklung stellt sich im gesamten Seevolumen ein Gleichgewichtszustand mit niedrigen Phosphorbelastungen ein.

Die Chlorophyll-a Gehalte und die wesentlich von der Algenentwicklung bestimmten Sichttiefenwerte entwickeln sich parallel zu den Phosphorbelastungen. Während der Einstauphase ist nicht mit starken Algenentwicklungen zu rechnen, da die Phosphorbelastung im oberflächennahen Wasserkörper gering bleibt. Infolge der Vermischung mit dem phosphorreichereren Tiefenwasser nach dem Einsetzen der Zwangszirkulation kommt es zunächst zu vermehrten Algenentwicklungen und einem Rückgang der Sichttiefen. Auch in diesem ca. 5 Jahre andauerndem Zeitabschnitt werden aber die Orientierungsgrößen durchweg eingehalten. Im

weiteren Verlauf gehen die Chlorophyllwerte zurück und die Sichttiefenwerte steigen an, so dass von einer günstigen Entwicklungsprognose auszugehen ist.

Belastungen des Elbachs, in den am Ende der Befüllungsphase (ca. 19 Jahre nach Beendigung der Abgrabung) überschüssiges Seewasser abströmt, ergeben sich nicht. Unter der Voraussetzung, dass das abströmende Seewasser aus einer Gewässertiefe von 6 bis 10 m entnommen wird, kommt es weder zu einer Aufwärmung im Elbach noch zu einer Belastung des dortigen Sauerstoffhaushaltes. Wegen der niedrigen Trophie des Sees erfolgt auch kein relevanter Eintrag von Nährstoffen in das Fließgewässer.

## 7 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 2.1: FLÄCHENAUSBREITUNG [M <sup>2</sup> ] DES SEES JE TIEFENMETER [M Ü. NHN] .....	3
ABBILDUNG 2.2: ZUNAHME DES WASSERSTANDES NACH BEENDIGUNG DER SÜMPFUNGSMABNAHMEN [M Ü. NHN] .....	4
ABBILDUNG 2.3: ÜBERLAUF DES SEEWASSERS IN DEN ELBACH AM ENDE DER BEFÜLLUNGSPHASE .....	5
ABBILDUNG 2.4: GESTALTUNG DER ANLAGE (ZEICHNUNG IWR 2024) .....	6
ABBILDUNG 4.1: VERLAUF DER O <sub>2</sub> -ZEHRUNGSRATEN BEI UNTERSCHIEDLICHEM BEWUCHS (T 20°C) NACH TGL 27 885/04 .....	11
ABBILDUNG 4.2: TEMPERATURSIMULATION FÜR DIE BEFÜLLUNGSPHASE .....	12
ABBILDUNG 4.3: SIMULATIONSWERTE DER Wassertemperaturen im Epilimnion (WT= 3M) .....	13
ABBILDUNG 4.4: SIMULATIONSWERTE DER Wassertemperaturen im Grundnahen Bereich .....	14
ABBILDUNG 4.5: TRACERSIMULATION ZUR DARSTELLUNG DES Zirkulationsverhaltens während der Befüllungsphase und der Auswirkungen durch die Zwangszirkulationsanlage .....	15
ABBILDUNG 4.6: SIMULATION DER SAUERSTOFFGEHALTE WÄHREND DER BEFÜLLUNGSPHASE .....	16
ABBILDUNG 4.7: SIMULATIONSWERTE DER SAUERSTOFFGEHALTE IM Epilimnion (WT= 3M) .....	17
ABBILDUNG 4.8: PHOSPHORSIMULATION WÄHREND DER BEFÜLLUNGSPHASE .....	18
ABBILDUNG 4.9: SIMULATION DER PHOSPHORGEHALTE IN DER TROPHOGENEN ZONE UNTER BEZUG AUF DEN Leitbildkonformen Zielwert .....	19
ABBILDUNG 4.10: CHLOROPHYLL-A SIMULATION WÄHREND DER BEFÜLLUNGSPHASE .....	20
ABBILDUNG 4.11: SIMULATION DER CHLOROPHYLL-A GEHALTE IN DER TROPHOGENEN ZONE UNTER BEZUG AUF DEN Leitbildkonformen Zielwert .....	21
ABBILDUNG 4.12: SIMULATION DER SICHTTIEFENWERTE UNTER BEZUG AUF DEN LEITBILDKONFORMEN ZIELWERT .....	22
ABBILDUNG 5.1: Wassertemperaturen im Seeüberlauf unter Bezug auf den Orientierungswert .....	24
ABBILDUNG 5.2: SAUERSTOFFWERTE IM SEEÜBERLAUF UNTER BEZUG AUF DEN ORIENTIERUNGSWERT .....	25
ABBILDUNG 5.3: TOC-GEHALTE IM SEEÜBERLAUF UNTER BEZUG AUF DEN ORIENTIERUNGSWERT .....	26
ABBILDUNG 5.4: PHOSPHORGEHALTE (PGES) IM SEEÜBERLAUF UNTER BEZUG AUF DEN ORIENTIERUNGSWERT .....	27
ABBILDUNG 5.5: AMMONIUM- N GEHALTE IM SEEÜBERLAUF UNTER BEZUG AUF DEN ORIENTIERUNGSWERT .....	27

## 8 Tabellenverzeichnis

TABELLE 2.1: MORPHOLOGISCHE KENNWERTE DES SEES ZU BEGINN UND AM ENDE DER BEFÜLLUNGSPHASE.....	3
TABELLE 2.2: ZUFLUSSMENGEN UND WASSERVERWEILZEITEN.....	4
TABELLE 2.3: ZUNAHME DES EINGESTAUTEN BEREICHS GEGENÜBER DER SEEFLÄCHE.....	5
TABELLE 2.4: BELÜFTUNG DES SEES MITTELS EINER ZWANGSZIRKULATIONSANLAGE .....	5
TABELLE 3.1: GÜTEANFORDERUNGEN FÜR FLIEßGEWÄSSER NACH OGewV (2016).....	9
TABELLE 4.1: MORPHOLOGISCHE KENNWERTE ZU BEGINN UND AM ENDE DER BEFÜLLUNGSPHASE .....	11
TABELLE 4.2: VARIANTENKENNWERTE.....	12
TABELLE 5.1: GÜTEANFORDERUNGEN FÜR DIE WASSERQUALITÄT IM ELBACH NACH OGewV (2016) .....	23
TABELLE 5.2: ABLAUFMENGEN IN DEN ELBACH .....	23



## **9 Literaturverzeichnis**

- Boos, K-J (2024): Limnologisches Gutachten zur Entwicklung der Abgrabungsstätte Steinbruch Jaeger der Firma Günter Jaeger Steinbruchbetriebe GmbH, Reichshof-Nespen nach Einstau und Erweiterung
- Hipsey, M.R. et al. (2006): Computational Aquatic Ecosystem Dynamics Model: CAEDYM v2. v2.3 Science Manual. Centre for Water Research, University of Western Australia
- Hornung, R. (2002): Numerical Modelling of Stratification in Lake Constance with the 1- D hydrodynamic model DYRESM. Mastersthesis. Universität Stuttgart
- IWR (2024): Zirkulationsanlage in dem Steinbruch Jäger, Erläuterungsbericht Entwurfsplanung (LP 3) Stand November 2024, Ingenieurbüro für Wasserwirtschaft und Ressourcenmanagement GmbH.
- LAWA - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2014): Trophieklassifikation von Seen. Richtlinie zur Ermittlung des Trophie-Index nach LAWA für natürliche Seen, Baggerseen, Empfehlungen Oberirdische Gewässer. Hrsg. LAWA – Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser.
- LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2004): Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft - Empfehlungen für die Planung und Genehmigung des Abbaues von Kies und Sand, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 88), Karlsruhe, 104 S.
- OGewV (2016): Verordnung zum Schutz von Oberflächengewässern (Oberflächengewässerverordnung) vom 20. Juni 2016
- TrinkwV (2001): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV 2001)
- TGL 27 885/04 (1985) Fachbereichsstandart, Nutzung und Schutz der Gewässer, Stehende Binnengewässer – Wassergütebewirtschaftung wasserwirtschaftlicher Speicher, Leipzig: Verlag für Standardisierung, 6 S.