



Gemeinde Iffezheim

Bebauungsplan
„Schwimmende PV-Anlage Kühlsee“
- Begründung mit Umweltbericht

ENTWURF

07.05.2024

stadtconcept 
sc stadtconcept GmbH

Charles-de-Gaulle-Straße 17
76829 Landau
Fon 06341 / 96 76 254
Fax 06341 / 96 76 255
Mobil 0162 / 96 60 60 2
Mail busch@stadtconcept.com
www.stadtconcept.com

Bearbeitung

Teil I: Städtebauliche Begründung

Teil II: Verfahren

Teil III: Umweltbericht

sc stadtconcept GmbH

Dipl.-Ing. Brigitte Busch
Regierungsbaumeisterin
Charles-de-Gaulle-Straße 17
76829 Landau

Erdgas Südwest GmbH

Frau Lisa Notheisen
Siemensstraße 9
76275 Ettlingen

+

Stadtwerke Baden-Baden

Waldseestraße 24
76530 Baden-Baden

arguplan GmbH

Dipl.-Geograph Bernhard Juris
Vorholzstraße 7
76137 Karlsruhe

Iffezheim

Leiterin Bauamt
Frau Franziska Kraft
Hauptstraße 54
76473 Iffezheim

TEIL I: STÄDTEBAULICHE BEGRÜNDUNG (PLANUNGSRECHTLICHE FESTSETZUNGEN)	4
A. GELTUNGSBEREICH	4
B. ERFORDERNIS DES BEBAUUNGSPLANS UND PLANUNGSZIELE	4
C. EINBINDUNG IN DIE ÜBERGEORDNETE PLANUNG	6
1. Anpassung an die Ziele der Landesplanung und Raumordnung	6
1.1 Klimaschutz- und Klimaanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW)	6
1.2 Energieatlas Baden-Württemberg	7
1.3 Landesplanung	7
1.4 Regionalplanung	7
2. Entwicklung aus dem Flächennutzungsplan	12
D. BESTEHENDE RECHTSVERHÄLTNISSE	13
1. Planungsrechtliche Situation	13
2. Planfeststellung Kiesabbau	13
3. Grundbesitzverhältnisse	13
E. PROJEKTDESCHEIBUNG PV-ANLAGE	13
F. VERKEHRLICHE ANBINDUNG	15
G. NETZANSCHLUSS	16
H. PLANUNGSRECHTLICHE FESTSETZUNG – BEGRÜNDUNG	16
1. Art der baulichen Nutzung	16
2. Maß der baulichen Nutzung	16
2.1 Grundfläche	16
2.2 Höhe baulicher Anlagen	16
3. Überbaubare Grundstücksfläche	17
4. Nebenanlagen, Stellplätze	17
5. Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft	17
I. ALLGEMEINER KLIMASCHUTZ/ REDUZIERUNG VON CO2	19
J. NACHRICHTLICHE ÜBERNAHME	20
1. Wasserschutzgebiet Stadt Rastatt WWK Ottersdorf	20
2. 380-kV-Höchstspannungsfreileitung	20
TEIL II: VERFAHREN	21
TEIL III: UMWELTBERICHT	21

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörtern in dieser Begründung die männliche Form verwendet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter. Die verkürzte Sprachform hat nur redaktionelle Gründe und beinhaltet keine Wertung.

Teil I: STÄDTEBAULICHE BEGRÜNDUNG (Planungsrechtliche Festsetzungen)

A. Geltungsbereich

Das ca. 6,5 ha große Plangebiet erstreckt sich über den westlichen Teil des Kühlsees auf Gemarkung Iffezheim. Der größte Teil des Kühlsees befindet sich allerdings auf Gemarkung Baden-Baden.

Der Geltungsbereich und dessen Lage ergeben sich aus dem nachfolgenden Übersichtsplan.



Abb. 1: Übersichtsplan

B. Erfordernis des Bebauungsplans und Planungsziele

Klimawandel und **Energiewende** sowie Erforschung und Ausbau erneuerbarer Energie sind zentrale Themen der Weltpolitik und zählen wohl zu den wichtigsten Herausforderungen der Zukunft der Menschheit und der Erde. So hat auch die Bundesrepublik Deutschland die Energiewende beschlossen mit dem Ziel, die Energieversorgung auf erneuerbare Energien umzustellen - beim Stromsektor, aber auch bei Wärme und bei Verkehr. Im Stromsektor gilt es, die sichere Versorgung weiter zu erhalten und Strom bezahlbar zu halten. Dabei kommt der

Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien gegenüber der bisherigen, konventionellen Art der Energiegewinnung eine zunehmende Bedeutung zu. Angesichts der aktuellen weltpolitischen Entwicklungen verfolgt das „Oster- und Sommerpaket“ das Ziel, den Ausbau klimafreundlicher Energiequellen verstärkt voranzubringen. Demnach soll der Anteil von Wind-, Solar- und Wasserkraft bis 2030 auf 80 % des Stromverbrauchs steigen. Der neu eingeführte § 2 Satz 2 des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes verweist auf die besondere Bedeutung der erneuerbaren Energien. Bis die Stromerzeugung im Bundesgebiet nahezu treibhausgasneutral ist, sollen die erneuerbaren Energien als vorrangiger Belang in die jeweils durchzuführenden Schutzgüterabwägungen eingebracht werden.

Das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg macht klare Vorgaben, den Ausstoß von Treibhausgasen zu reduzieren. Der Treibhausgasausstoß des Landes soll im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 bis 2030 um mindestens 65 Prozent sinken und bis 2040 eine Netto-Treibhausgasneutralität erreicht sein.

In Deutschland ist die Versorgungssicherheit zusammen mit der Wirtschaftlichkeit und der Umweltverträglichkeit der Energieversorgung eines der zentralen energiepolitischen Ziele. Denn eine Industrienation wie Deutschland braucht rund um die Uhr zuverlässige Energie. Angesichts des russischen Angriffs auf die Ukraine möchte die Bundesregierung die Abhängigkeit von Gas, Kohle und Erdöl aus Russland verringern. Der Ausbau der Erneuerbaren Energien soll beschleunigt werden, um die Energie-Versorgungssicherheit dauerhaft zu gewährleisten.

Die Erzeugung von Strom mit PV-Anlagen stellt eine nachhaltige Methode dar, durch Umwandlung des Sonnenlichts klimafreundliche regenerative Energie zu gewinnen. Die Stromerzeugung mit PV-Anlagen erfordert allerdings - im Vergleich zur konventionellen Stromerzeugung in Kraftwerken - einen deutlich erhöhten Flächenbedarf. Ferner eignet sich nicht jede Fläche für die Energieerzeugung durch Solarmodule.

Bevorzugt werden in erster Linie Flächen, die einer anderen Nutzung nicht zugänglich sind wie Dächer, Industriebrachen, landwirtschaftlich nicht nutzbare Flächen und Ähnliches. In den Fokus ist seit einigen Jahren eine weitere Flächenkategorie getreten: Wasserflächen und hier im Besonderen um durch menschlichen Eingriff künstlich generierte bzw. vorgeprägte Gewässer wie zum Beispiel (aktive oder passive) Baggerseen, geflutete Tagebauflächen und Stauseen, die mit sogenannten schwimmenden PV-Anlagen belegt werden. Schwimmende PV-Anlagen werden seit über 10 Jahren auf Wasser vorwiegend in Asien gebaut und sind technisch ausgereift. Die PV-Anlagen werden auf Seen oder Flüssen mit geringer Strömung errichtet und im Untergrund verankert. Die Vorteile dieser PV-Anlagen liegen in einem besonders hohen Wirkungsgrad und der geringen Flächenkonkurrenz. Das Potenzial für diese schwimmenden Solaranlagen ist enorm.

Auf Gemarkung der Gemeinde Iffezheim beabsichtigen die Erdgas Südwest und die Stadtwerke Baden-Baden gemeinsam mit der EKS – Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG die Planung, die Errichtung und den Betrieb einer schwimmenden PV-Anlage mit einer Leistung von etwa 6 MWp auf dem Kühlsee. Die hier gewonnene Energie dient vorrangig der Versorgung des Kieswerks und der Kronimus AG Betonsteinwerk – Standort Iffezheim. In betriebsfreien Zeiten soll die regenerativ erzeugte Energie ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Die ungenutzten Flächen des Kühlsees sind laut Energieatlas Baden - Württemberg bedingt für die potenzielle Erzeugung regionaler Sonnenenergie geeignet.

Da PV-Anlagen im planungsrechtlichen Außenbereich grundsätzlich nicht als privilegierte bauliche Anlagen zulässig sind, soll durch die Aufstellung eines Bebauungsplans Planungsrecht und Investitionssicherheit geschaffen werden.

Des Weiteren werden bereits seit vielen Jahrzehnten auf Gemarkung Iffezheim erneuerbare Energien gewonnen. Ganz maßgeblich hierbei ist das Rheinkraftwerk an der Staustufe Iffezheim. So werden mit den insgesamt fünf Turbinen jährlich rund 290.000 MWh Strom produziert. Es handelt sich dabei um die mehr als achtfache Menge des durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauchs in Iffezheim. So stehen mit den insgesamt fünf Turbinen rund 148 MWp zur Verfügung, mit denen rund 250.000 Menschen mit Strom versorgt werden können. Jedoch auch im Bereich der Freiflächenphotovoltaik wurden in Iffezheim frühzeitig die Zeichen der Zeit erkannt. Demnach wurde im Jahr 2011 auf dem Gelände der GPI Gewerbepark Iffezheim-Nordwest GmbH & Co. KG ein Solarpark errichtet, der jährlich weitere rund 7.000 - 8.000 MWh Strom erzeugt. Neben der Abschöpfung der oben aufgeführten Wasser- und Solarkraft, befindet sich auf der Gemarkung Iffezheim eine Biogasanlage mit Blockheizkraftwerk zur Strom- und Wärmegewinnung. Der Strom wird ins Netz eingespeist und die Wärme direkt vor Ort am Forlenhof genutzt. Mit den nunmehr geplanten schwimmenden PV-Anlagen auf Iffezheimer Gemarkung soll ein weiterer Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele geleistet werden.

Durch die oben aufgeführten Maßnahmen verfügt die Gemeinde Iffezheim über knapp 30 ha Flächen für Anlagen, die der Erzeugung erneuerbarer Energien dienen. Somit werden auf rund 1,5 % der Gemarkungsfläche erneuerbare Energien erzeugt.

Der Artenschutz steht dem Vollzug des Bebauungsplans nicht entgegen. Hierzu die Ausführungen unter Kapitel **K.5.1**.

C. Einbindung in die übergeordnete Planung

Der beschleunigte Ausbau der Erneuerbaren Energien leistet einen wichtigen Beitrag zum beschleunigten Ausstieg aus der fossilen Energie und damit zu mehr Versorgungssicherheit. So plant der zuständige Regionalverband Mittlerer Oberrhein im Rahmen der Gesamtfortschreibung des Regionalplans die Baggerseen der Region als potenzielle PV-Anlagen-Standorte aufzunehmen.

1. Anpassung an die Ziele der Landesplanung und Raumordnung

1.1 Klimaschutz- und Klimaanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW)

Aus dem Bundes-Klimaschutzgesetz ergeben sich auf Grundlage der Verpflichtung nach dem Pariser Klimaschutzabkommen i.V.m. der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen national verbindliche Klimaschutzziele u.a. bis 2030. Dieses national verbindliche Klimaschutzziel wird durch das KlimaG BW als Mindestziel aufgegriffen. Bis zum Jahr 2030 sollen die Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg um bis zu 65 % gegenüber dem Stand von 1990 reduziert werden. Bis zum Jahr 2040 wird die Netto-Treibhausgasneutralität („Klimaneutralität“) angestrebt.

Es besteht ein Landesflächenziel für den Ausbau der erneuerbaren Energien. Um die räumlichen Voraussetzungen für diesen Ausbau zu schaffen, sollen gemäß § 20 Abs. 1 und 21 KlimaG BW in den Regionalplänen Gebiete in einer Größenordnung von mindestens 1,8 % der jeweiligen Regionsfläche für die Nutzung von Windenergie und mindestens 0,2 % für die Nutzung von Photovoltaik auf Freiflächen zur Erreichung des Klimaschutzziels für das Jahr 2030 rechtzeitig festgelegt werden. Dieses Landesflächenziel ist ein Grundsatz der Raumordnung. Aus diesem Landesflächenziel wird der Wille des Landesgesetzgebers zum Ausbau der erneuerbaren Energien und die damit verbundene Dringlichkeit deutlich.

1.2 Energieatlas Baden-Württemberg

Schwimmende PV-Anlagen entschärfen im Vergleich zu Freiflächen-PV-Anlagen Landnutzungs-konkurrenzen, profitieren von einem ertragssteigernden Kühleffekt des Gewässers, minimieren durch die Bedeckung der Wasserfläche die Wasserverdunstung und sind daher als Teil der integrierten Photovoltaik ein wichtiger Baustein der Energiewende.

Für jeden Baggersee in Baden-Württemberg wurden in einer Potenzialanalyse des Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE für schwimmende PV-Anlagen potenziell nutzbare Flächen identifiziert.

Die ungenutzten Flächen des Kühlsees sind für die potenzielle Erzeugung regionaler Sonnenenergie eingetragen. Es handelt sich um eine von weichen Restriktionskriterien beeinflusste Wasserfläche mit unbeeinflusster Umgebung und Uferbereichen, Netzanschluss meist in unmittelbarer Nähe, meist keine Einschränkungen in der Platzierung der Anlage auf dem Gewässer.

1.3 Landesplanung

Das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg als oberste Raumordnungsbehörde ist zuständig für die Erstellung des Landesentwicklungsplans (LEP). Der LEP stellt ein integriertes Gesamtkonzept für die längerfristige räumliche Ordnung und Entwicklung von Baden-Württemberg dar. Der rechtsverbindliche LEP aus dem Jahre 2002 ist der rahmensetzende Gesamtplan, an dem sich insbesondere die Regionalplanung, die Bauleitplanung der Kommunen und fachliche Einzelplanungen orientieren müssen.

Der LEP 2002 trifft zur Energieversorgung in Abschnitt 4.2 grundsätzliche Aussagen:

- Die Energieversorgung des Landes ist so auszubauen, dass landesweit ein ausgewogenes, bedarfsgerechtes und langfristig gesichertes Energieangebot zur Verfügung steht. Auch kleinere regionale Energiequellen sind zu nutzen.
- Zur langfristigen Sicherung der Energieversorgung ist u.a. auf eine verstärkte Nutzung regenerativer Energien sowie auf den Einsatz moderner Anlagen und Technologien mit hohem Wirkungsgrad hinzuwirken.
- Eine umweltverträgliche Energiegewinnung, eine preisgünstige und umweltgerechte Versorgung der Bevölkerung und die energiewirtschaftlichen Voraussetzungen für die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Wirtschaft sind sicherzustellen.
- Für die Stromerzeugung sollen verstärkt regenerierbare Energien wie Wasserkraft, Windkraft und Solarenergie, Biomasse, Biogas und Holz sowie die Erdwärme genutzt werden. Der Einsatz moderner, leistungsstarker Technologien zur Nutzung regenerierbarer Energien soll gefördert werden.

Das Planungsvorhaben sichert langfristig und umweltgerecht ein regeneratives Energieangebot auf einer regional-dezentralen Basis. Das Planungsvorhaben entspricht also vollumfänglich den Vorgaben des LEP 2002 zur Energieversorgung.

1.4 Regionalplanung

Die Regionalplanung konkretisiert, unter dem Dach der staatlichen Raumordnung, die fachliche Integration und Umsetzung landesplanerischer Ziele. Sie nimmt damit eine vermittelnde

Stellung zwischen staatlicher und kommunaler Planung ein. Sie erzeugt Planungssicherheit für Gemeinden und Fachplanungsträger. Mit dem Regionalplan soll die Region so gefördert werden, dass ihre vielfältigen Eignungen genutzt werden können. Darüber hinaus regelt der Regionalplan die räumliche Ordnung und Entwicklung der Siedlungsstruktur, gewerblicher Wirtschaft, Landschaft und Infrastruktur in der Region.

Der für das Planungsvorhaben maßgebliche raumordnungsrechtliche Rahmen wird durch den Regionalplan Mittlerer Oberrhein 2003 mit Stand vom März 2021 gesetzt. Dieser Stand inkludiert verschiedene Teilfortschreibungen.

Die für das Planungsvorhaben maßgeblichen Plansätze des Regionalplanes sind jene zur Wasserwirtschaft (PS 3.3.5), zur Erholung (PS 3.3.4) und zu den Erneuerbaren Energien (PS 4.2.5) sowie zu den Grundsätzen zur Entwicklung der Infrastruktur (PS 1.7).

Der Regionalplan Mittlerer Oberrhein 2003 enthält für den Teil des Kühlsees auf Gemarkung Iffezheim keine Ausweisungen zum Kiesabbau. Dieser Bereich ist bereits ausgeküstet und rekultiviert und wird somit auch nicht mehr als Konzessionsfläche für den Kiesabbau geführt.

Der Geltungsbereich des Bebauungsplans für die geplante schwimmende PV-Anlage liegt in einem Wasserschutzgebiet. In Wasserschutzgebieten sollen alle Nutzungen ausgeschlossen werden, die die Wasserversorgung der Bevölkerung beeinträchtigen können (PS 3.3.5.1 (G)). Raumordnungsrechtliche Gesichtspunkte stehen dem Planungsvorhaben dann nicht entgegen, wenn sich im Rahmen des parallel erforderlichen wasserrechtlichen Genehmigungsverfahrens ergibt, dass keine wasserwirtschaftlichen Belange entgegenstehen.

Der Regionalplan Mittlerer Oberrhein 2003 weist für den Geltungsbereich einen Bereich zur Sicherung von Wasservorkommen aus (PS 3.3.5.5 (G)). Zur langfristigen Sicherstellung der Versorgung der Bevölkerung mit Wasser, sollen die Bereiche zur Sicherung von Wasservorkommen (s. Raumnutzungskarte) so geschützt und entwickelt werden, dass die Möglichkeit der Gewinnung von Wasser in einwandfreier Qualität und in maximaler, ökologisch verträglicher Menge dauerhaft gewährleistet ist. Hierzu sollen alle Nutzungen ausgeschlossen werden, die diesem Vorsorgeschutz entgegenstehen. Durch das Ergreifen von entsprechenden Vorsorgemaßnahmen ist davon auszugehen, dass mit keinen negativen Auswirkungen auf das Gewässer zu rechnen ist. Damit steht die Festlegung „Bereich zur Sicherung von Wasservorkommen“ dem Vorhaben nicht entgegen.

Darüber hinaus weist der Regionalplan Mittlerer Oberrhein 2003 Schutzbedürftige Bereiche für die Erholung – Erholungsschwerpunkt aus (PS 3.3.4.2 (Z)). Innerhalb der Räume mit günstigen natürlichen Voraussetzungen für die Erholung sollen Erholungsgebiete und Erholungsschwerpunkte in ihrem Bestand gesichert und als Schutzbedürftige Bereiche für die Erholung entwickelt werden. Ihre Ausweisung beschränkt sich in der Regel auf das Umfeld der Haupterschließungsstraßen des Freiraumes und dient der Besucherlenkung. Damit sollen der Erholungsdruck im näheren Umfeld dieser Trassen konzentriert und die entfernteren Gebiete vom Erholungsdruck entlastet werden. Diese Ausweisung bezieht sich auf das Strandbad Baden-Baden auf Gemarkung Baden-Baden.

Gemäß Plansatz PS 4.2.5.1 (G) soll die Nutzung regenerativer Energiequellen zur Energieversorgung in der Region gefördert werden. Hierzu sollen die Voraussetzungen u.a. auch für die Nutzung der Solarenergie geschaffen und verbessert werden.

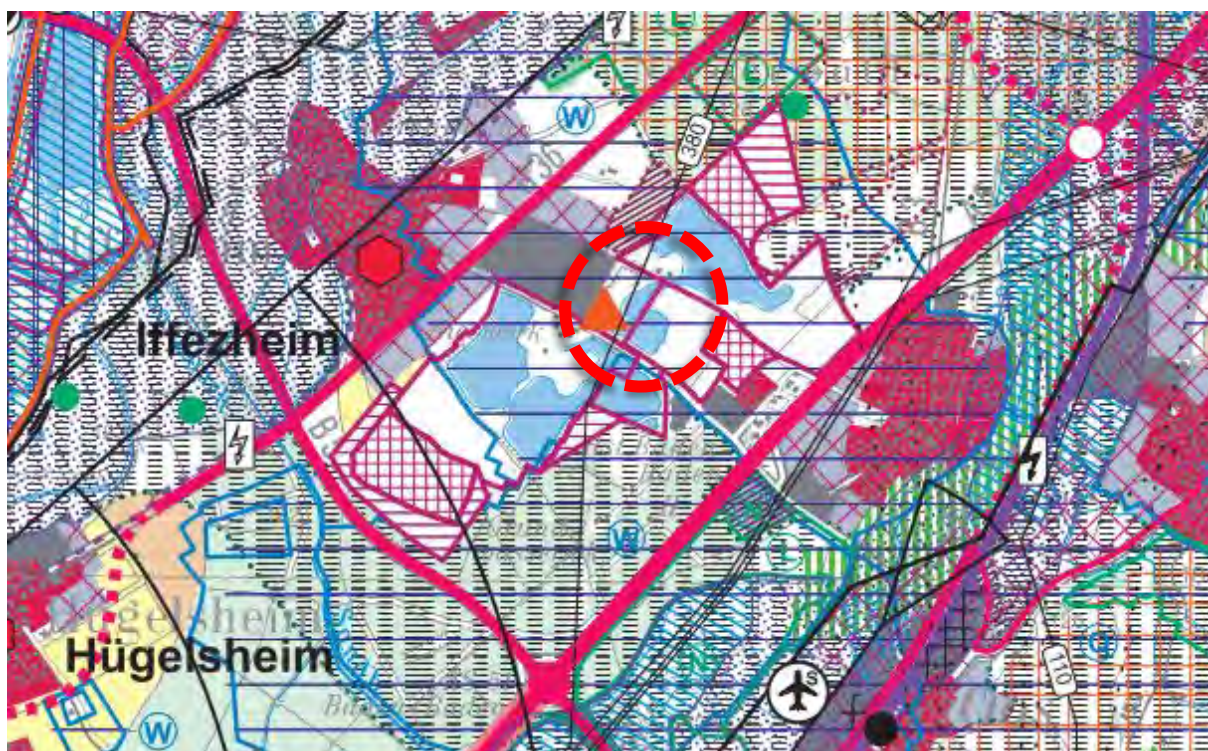


Abb. 2: Auszug aus der Raumnutzungskarte des Regionalplans Mittlerer Oberrhein (Stand 2018) - Auszug aus der Fortschreibung des Regionalplans Kapitel 3.3.6 Oberflächen-nahe Rohstoffe Juni 2014 – Ergänzung zur Raumnutzungskarte des Regionalplans vom 13. März 2002

Gemäß PS 1.7 (G)) ist die Entwicklung der Infrastruktur auf die Bedürfnisse der Bevölkerung und der Wirtschaft auszurichten. Die Errichtung neuer (Infrastruktur-)Anlagen und die Wahl der technischen Verfahren sollen so erfolgen, dass die Belastungen des Raums und die Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen möglichst geringgehalten werden. Die Zerschneidung der Freiräume soll durch die Bündelung der Standorte auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt werden.

Das Planungsvorhaben wird diesen Vorgaben vollumfänglich gerecht. Das Bedürfnis von Bevölkerung und Wirtschaft an einer dezentralen, langfristig gesicherten, preisgünstigen und umweltgerechten erneuerbaren Energieversorgung lässt sich bereits dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg und der Landesplanung entnehmen (s.o.). Die unmittelbare Nachnutzung einer ausgekiesten Seefläche erscheint raumordnungsrechtlich sogar besonders vorteilhaft, da daraus keine zusätzliche Flächeninanspruchnahme resultiert. Das Planungsvorhaben ist auch groß genug konzipiert, um dem Bündelungsgedanken Rechnung zu tragen.

Ende 2016 wurde ein Aufstellungsbeschluss für die Gesamtfortschreibung des 4.Regionalplans Mittlerer Oberrhein gefasst. In der Gesamtfortschreibung des 4. Regionalplans Mittlerer Oberrhein 2024 (Stand Februar 2024) ist für das Plangebiet nachrichtlich eine Konzession Rohstoffe (N) festgelegt Abb. 3). Der schwimmenden PV-Anlage stehen auch künftig keine regionalplanerischen Festlegungen entgegen. Die Gesamtfortschreibung ist noch nicht in Kraft getreten.

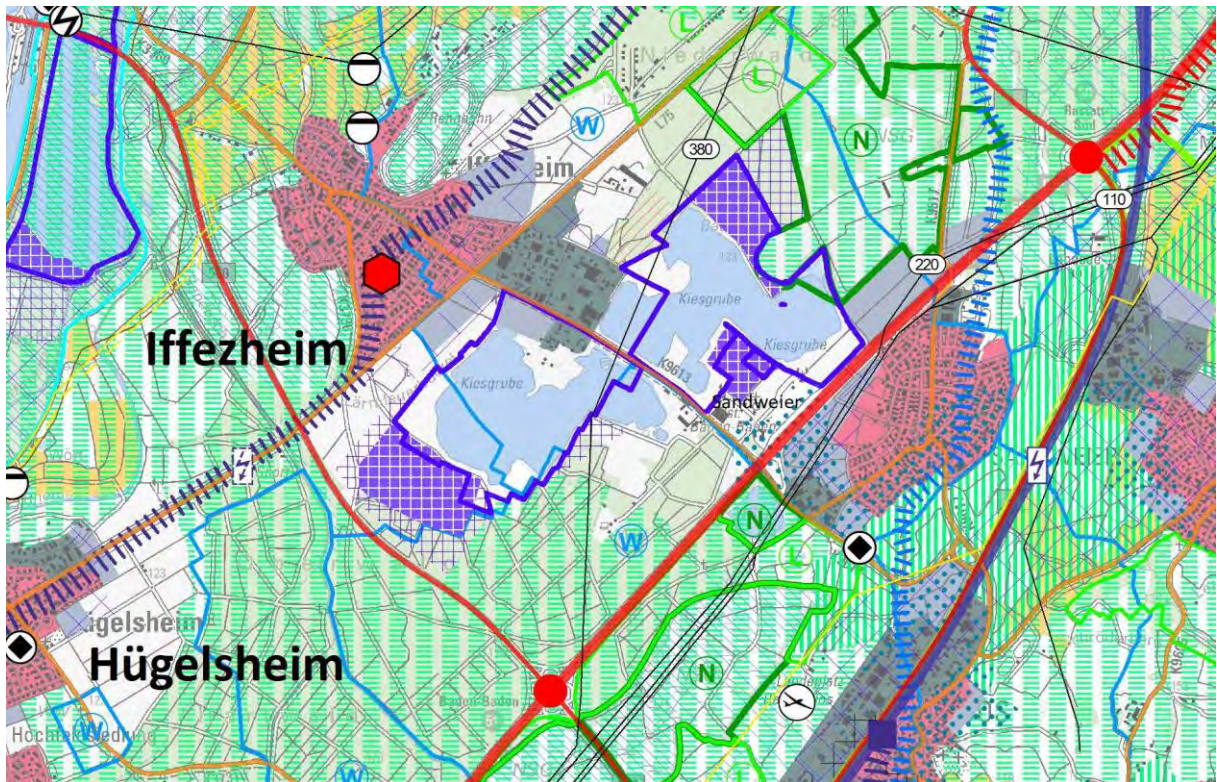


Abb. 3: Auszug aus der Raumnutzungskarte des Entwurfs der Gesamtfortschreibung des 4. Regionalplans Mittlerer Oberrhein (Stand Februar 2024)

Am 23.02.2022 wurde der Aufstellungsbeschluss für die Teilfortschreibung „Solarenergie“ gefasst. Der Entwurf der Teilfortschreibung des 4. Regionalplans Mittlerer Oberrhein – Solarenergie (Stand November 2023) (Abb. 4) enthält ergänzend zur Raumnutzungskarte potenzielle Vorranggebiete für Freiflächensolaranlagen (PS 4.2.3 (1) (VRG FSA). Das Vorranggebiet für Freiflächensolaranlagen dient der energetischen Nutzung der solaren Strahlungsenergie.

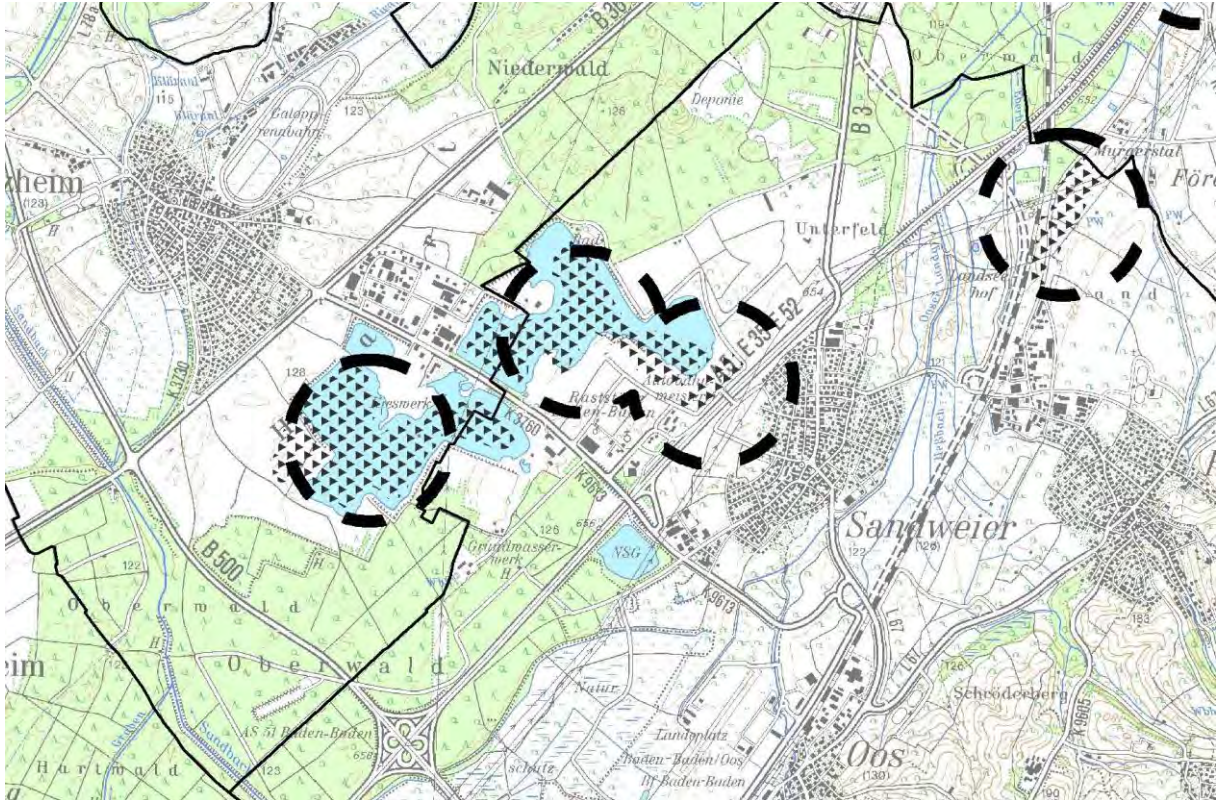


Abb. 4: Auszug aus dem Entwurf der Raumnutzungskarte der Teilfortschreibung des 4. Regionalplans Mittlerer Oberrhein – Solarenergie (Stand November 2023)

2. Entwicklung aus dem Flächennutzungsplan

Im Flächennutzungsplan der Verwaltungsgemeinschaft Rastatt ist der westliche Teil des Kühlsees als „Wasserfläche“ überlagert mit einer „Fläche für Abgrabungen“ dargestellt. Der größte Teil des Kühlsees liegt auf Gemarkung Baden-Baden. Über den Kühlsee verläuft in der Nähe der Gemarkungsgrenze eine oberirdische Hauptversorgungsleitung – Hochspannungsfreileitung.

Die Festsetzung eines Sondergebietes „Förderung erneuerbarer Energie - schwimmende PV-Anlage“ ist nicht aus dem Flächennutzungsplan entwickelt. Daher ist eine Anpassung des Flächennutzungsplans der Verwaltungsgemeinschaft Rastatt im Parallelverfahren zum Bebauungsplanverfahren erforderlich.

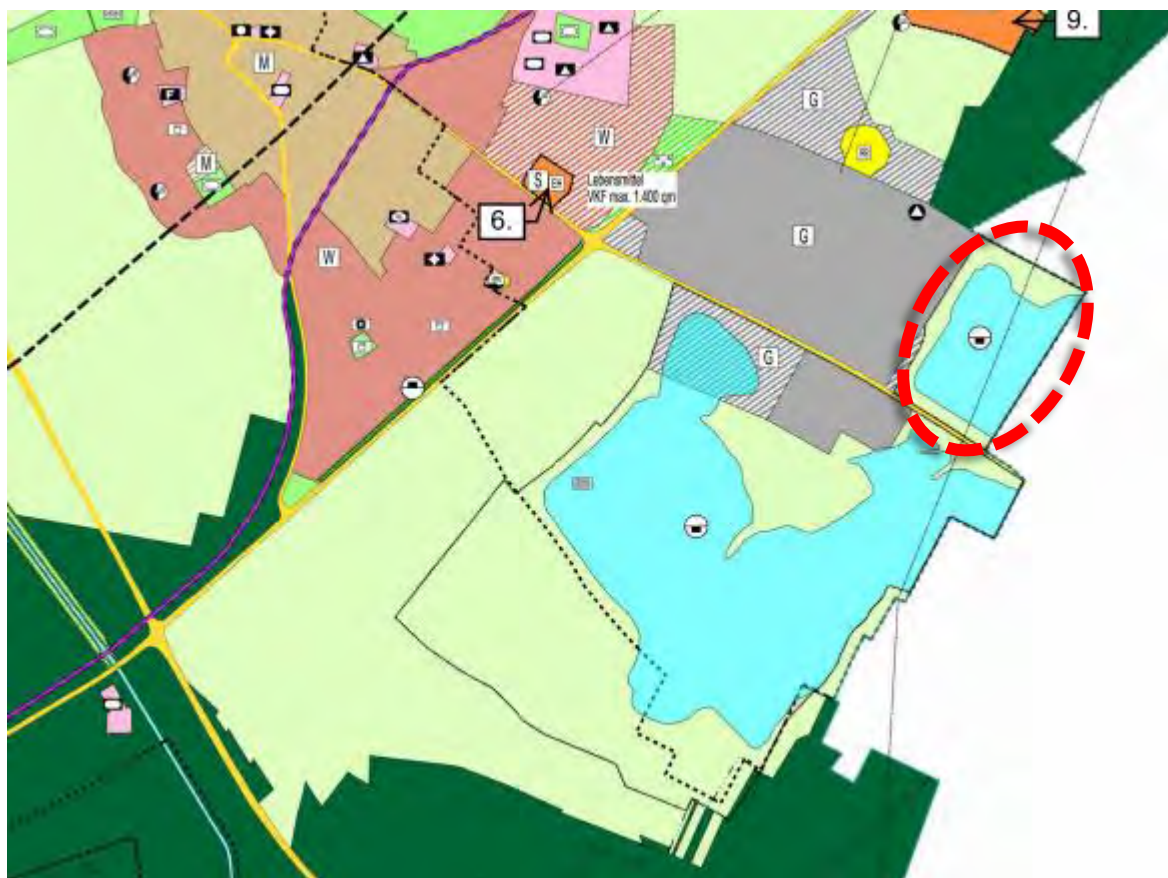


Abb. 5 : Auszug aus der 3. Änderung des Flächennutzungsplans der Verwaltungsgemeinschaft Rastatt, rechtswirksam seit 06.07.2006 - ohne Änderungen und Berichtigungen seit Rechtswirksamkeit der 3. Änderung

D. Bestehende Rechtsverhältnisse

1. Planungsrechtliche Situation

Nach Norden grenzt das „Industriegebiet zwischen dem Badweg und Krumpfen Badweg, Am Seidenbuckel, Zehntstock zwischen Badweg und Weierweg“ an den Geltungsbereich. Der hier geltende Bebauungsplan setzt entlang des südlichen Plangebietsrands eine öffentliche Verkehrsfläche – Industriestraße – fest.

Das Plangebiet liegt im planungsrechtlichen Außenbereich gemäß § 35 BauGB. Dieser ist grundsätzlich von Bebauung freizuhalten. PV-Anlagen stellen kein privilegiertes Vorhaben im Sinne des § 35 Abs. 1 BauGB dar. Eine Genehmigungsfähigkeit als sonstiges Außenbereichsvorhaben nach § 35 Abs. 2 BauGB ist grundsätzlich nicht gegeben, da in der Regel davon auszugehen ist, dass öffentliche Belange beeinträchtigt sind.

2. Planfeststellung Kiesabbau

Der nach Wasserrecht genehmigte Kiesabbau und die Rekultivierung des westlichen Kühlsee-Teils ist erfolgt, abgenommen und abgeschlossen.

3. Grundbesitzverhältnisse

Das Plangebiet ist im Eigentum der Firma EKS Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG.

E. Projektbeschreibung PV-Anlage

Mit der schwimmenden PV-Anlage können Potenziale ungenutzter Flächen zur regionalen Grünstromerzeugung genutzt werden ohne in Konkurrenz mit landwirtschaftlichen Ertragsflächen zu treten.

Das Konzept einer schwimmenden PV-Anlage ist dem einer Freiflächenanlage ähnlich. Durch die Lage im Freiwasserbereich werden jedoch Nutzungskonflikte mit der Landwirtschaft und den Anglern vermieden.

Größe:

Die geplante schwimmende PV-Anlage weist eine Größe von 3,4 ha auf; sie besteht aus zwei zusammengeführten Anlagenteilen, die unmittelbar miteinander verbunden sind. Bei der derzeitigen Seegröße von 89,31 ha¹ entspricht die Anlage aktuell 3,8 % der gesamten Seefläche, deren größter Teil sich auf die Gemarkung Baden-Baden erstreckt.

Die Flächen der PV-Anlage verteilen sich folgendermaßen:

- ca. 2,2 ha Erdgas Südwest,
- ca. 1,2 ha Stadtwerke Baden-Baden und Kieswerk EKS.

Die geplante PV-Anlage ragt mit den Modulen rd. 1,50 m und mit Wechselrichtern/ Transformator rd. 3,50 m aus der Wasseroberfläche; diese entspricht der Mittelwasserlinie des Sees. Die Messensoren der Wetterstation ragen rd. 4,50 m aus der Wasseroberfläche.

¹ basierend auf Seevermessungsdaten von IT Geo mit Bezug auf Mittelwasser

PV-Anlage

Die Photovoltaik-Module werden auf einer Schwimmkörperkonstruktion aus HDPE Pontons mit Metallrahmenaufbau in Ost-West-Ausrichtung angebracht. Abstandhalterungen sorgen für eine bessere Oberflächenbelüftung, eine größere Lichtdurchlässigkeit sowie für eine gleichzeitige Modulkühlung durch Hinterlüftung.

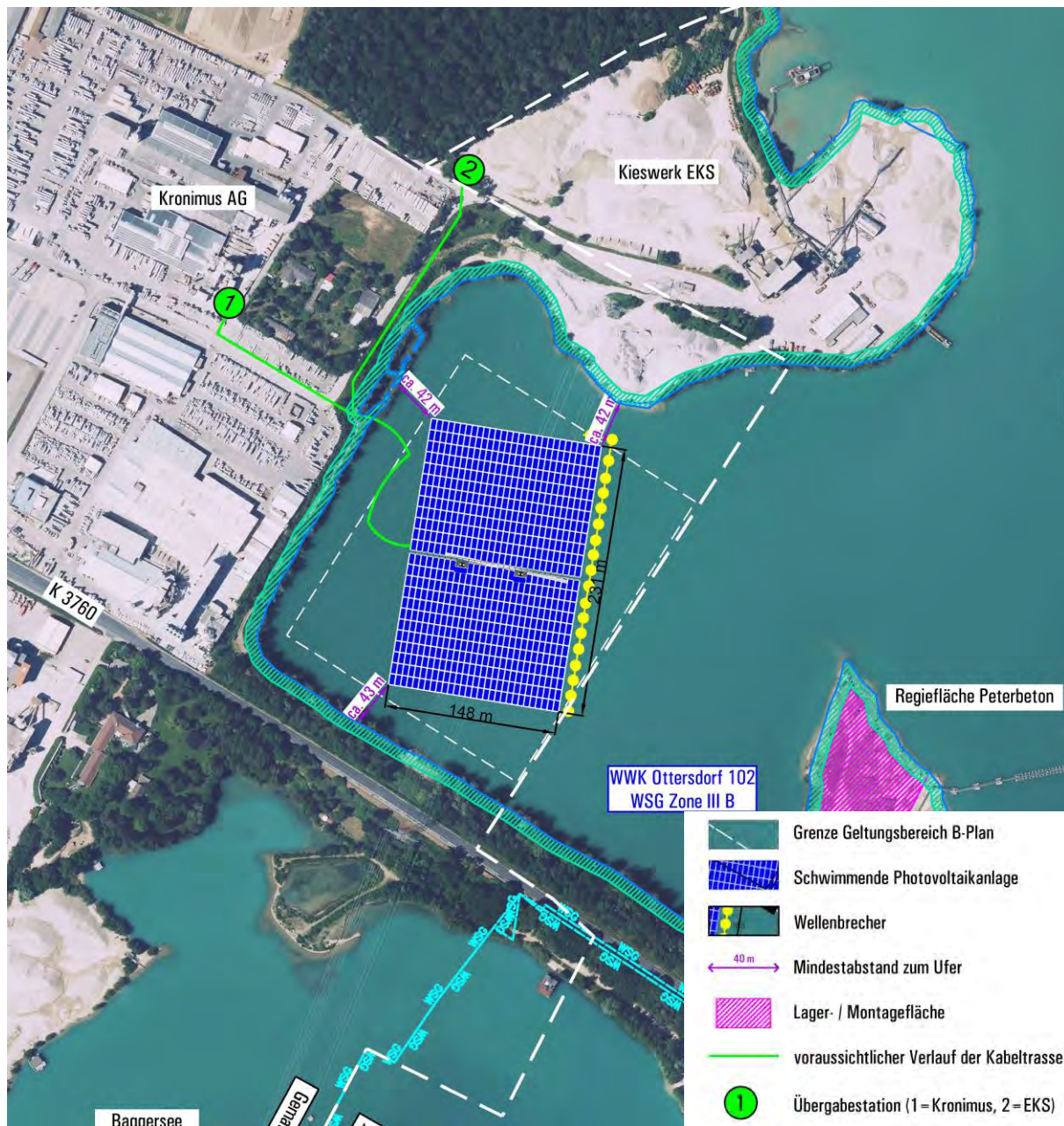


Abb. 6 : Luftbild mit geplanter schwimmender PV-Anlage sowie Lage der möglichen Kabeltrassen und der möglichen Übergabestationen für Kronimus und EKS
 © arguplan; Umweltbericht zum Bebauungsplan Schwimmende Photovoltaikanlage Kühlsee, Karlsruhe, Umweltbericht Mai 2024, Anlage 1

Die Transformatorstation kann schwimmend oder an Land betrieben werden und ist abhängig vom Konzeptanbieter. Die Wechselrichter werden auf eigenen Floats zwischen den Modulen installiert.

Betriebsgebäude und Betriebsanlagen an Land sind nach derzeitigem Stand nicht erforderlich.

Verankerung

Die Verankerung der PV-Anlage ist am Seegrund vorgesehen. Dies erfolgt individuell nach zu erwartenden Belastungen durch Wind, Wellen und Strömungen. Die Verankerung am Seegrund dient nicht nur der Sicherung der Schwimmkörper, sondern hält auch die Schwimmkörper in der festgelegten Ausrichtung; geringfügige Lageveränderungen sind möglich. Der Uferbereich wird durch die Verankerung der Anlage am Seegrund geschont.

Wellenbrecher

Wellenbrecher sind dort erforderlich, wo verstärkt Wind und Wellen zu erwarten sind; dies ist an der östlichen Seite der PV-Anlage der Fall. Die Wellenbrecher werden als weitere Schwimmkörper-Reihe direkt an der Schwimminsel montiert.

Blendwirkung der Module

Grundsätzlich werden die bei Solaranlagen eingesetzten Materialien möglichst reflexionsarm gewählt, um einen hohen elektrischen Wirkungsgrad zu erreichen. Daher werden die Module nach dem Stand der Technik reflexionsarm sein. Darüber hinaus liegt die Wasserfläche und damit die PV-Anlage in einer eingetieften Lage und ist von den angrenzenden Bereichen auch aufgrund vom Uferbewuchs nicht einsehbar. Blendungen sind allein dadurch nahezu ausgeschlossen.

Leistung/ Abnehmer und Netzeinspeisung

Die Gesamtleistung der beiden geplanten PV-Anlagen liegt bei ca. 6 MWp und verteilt sich auf die beiden Betreiber wie folgt:

- Erdgas Südwest erzeugt ca. 3,7 MWp und stellt der Firma Kronimus AG Betonsteinwerk die gewonnene Energie zur Verfügung,
- Stadtwerke Baden-Baden und die EKS erzeugen ca. 2,3 MWp; die gewonnene Energie deckt den Eigenbedarf der Firma EKS Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG und wird darüber hinaus ins öffentliche Stromnetz eingespeist.

Überschüssige Strommengen, die nicht direkt von den beiden Betrieben verbraucht bzw. an betriebsfreien Tagen produziert werden, werden in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

Die Erdgas Südwest, die Stadtwerke Baden-Baden und die EKS – Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG projektieren und betreiben die beiden schwimmenden PV-Anlagen.

F. Verkehrliche Anbindung

Die geplante schwimmende PV-Anlage wird indirekt über das Betriebsgelände des Kiesabbauunternehmens an die Industriestraße verkehrlich angebunden; hierzu muss das Gelände des Kieswerks gequert werden. Hierüber wird sowohl die Bauphase als auch der dauernde Betrieb/ die technische Wartung der schwimmenden PV-Anlage abgewickelt.

G. Netzanschluss

Die Übergabestationen der PV-Anlage liegen auf dem Betriebsgelände des Kiesabbauunternehmens sowie auf dem Gelände des unmittelbar angrenzenden Betonsteinwerks. Die mögliche Kabeltrasse von der PV-Anlage bis zu den Übergabestationen verläuft weitgehend außerhalb des Plangebietes. Der geplante Netzanschluss ist bereits mit dem Netzbetreiber geklärt. Im wasserrechtlichen Erlaubnisverfahren bzw. naturschutzfachlichen Genehmigungsverfahren wird der Netzanschluss konkretisiert.

H. Planungsrechtliche Festsetzung – Begründung

Da der Bebauungsplan keine öffentlichen Verkehrsflächen festsetzt, handelt es sich um einen einfachen Bebauungsplan im Sinne von § 30 Abs. 3 BauGB. Das bedeutet, dass sich die Zulässigkeit von Vorhaben im Übrigen nach § 35 BauGB richtet.

1. Art der baulichen Nutzung

Das Plangebiet überlagert den nord-westlichen Teil des Kühlsees auf Gemarkung Iffezheim. Dieser Teil der Seefläche wird bislang lediglich zum Angeln und somit zu Freizeit Zwecken genutzt.

Zur planungsrechtlichen Sicherung der geplanten schwimmenden PV-Anlage wird ein Sondergebiet „Förderung erneuerbarer Energie - schwimmende PV-Anlage“ festgesetzt. Das Sondergebiet dient der Errichtung, der Sicherung und dem Betrieb von schwimmenden PV-Anlagen einschließlich der zu deren Wartung und Betrieb erforderlichen Anlagen.

Da die Uferbereiche freigehalten werden, kann auch künftig am Kühlsee geangelt werden.

Weitergehende Regelungen werden im nachfolgenden Genehmigungsverfahren getroffen.

2. Maß der baulichen Nutzung

2.1 Grundfläche

Zur Mindestfestsetzung des Bebauungsplans gehört stets die Festsetzung einer Grundfläche bzw. Grundflächenzahl, andernfalls ist der Bebauungsplan nicht rechtskräftig. Die zulässige Grundfläche ergibt sich aus § 36 Abs. 3 WHG, wonach seit 01.01.2023 maximal 15 % der Seefläche für schwimmende PV-Anlagen beansprucht werden dürfen. Als Bezugsgröße wird der Gesamtsee, also auch der weit größere Teil auf Gemarkung Baden-Baden herangezogen. Der Gesamtsee hat eine aktuelle Größe von 89,31 ha; die geplante Anlagengröße von 3,4 ha liegt mit 3,8 % weit unter dem zulässigen Anteil von 15 % der Seefläche.

Für den weiteren Kiesabbau besteht eine Abbaukonzession auf Gemarkung Baden-Baden.

2.2 Höhe baulicher Anlagen

Die Höhe der schwimmenden PV-Anlage fällt gering aus und sie ist wegen der eingetieften Lage des Baggersees nur vom Ufer aus wahrnehmbar. Das Landschaftsbild wird durch die Anlage nicht beeinträchtigt.

Es wird ein Höchstmaß für die zulässige Anlagenhöhe vorgegeben. Die Definition des unteren und oberen Höhen Bezugspunktes ist hinreichend bestimmt. Der untere Höhenbezugspunkt wird über die Mittelwasserlinie definiert; so können die schwankenden Höhen infolge unterschiedlicher Wasserstände berücksichtigt werden.

3. Überbaubare Grundstücksfläche

Innerhalb der zeichnerisch festgesetzten überbaubaren Grundstücksfläche ist die Errichtung und der Betrieb einer schwimmenden PV-Anlage unter Einhaltung der zulässigen Größe und Lage zum Ufer nach § 36 Abs. 3 WHG² erlaubt. Insgesamt besteht ausreichend Flexibilität für die auf dem Markt verfügbaren Systeme von schwimmenden PV-Anlagen.

Die Gesamtkonstruktion wird mit Seilen und Schraubankern am Seegrund oder Ufer befestigt. Mit diesem dynamischen Befestigungssystem kann das Gesamtsystem auf schwankende Seewasserstände, Wind und Wellen reagieren. Die natürliche Bewegung beträgt dabei wenige Meter. Diese möglichen Lageabweichungen sind in der Ausweisung des Geltungsbereichs im Bebauungsplan abgedeckt.

4. Nebenanlagen, Stellplätze

Nebenanlagen, die der Hauptanlage dienen und dieser räumlich und funktional untergeordnet sind, sind auch außerhalb der überbaubaren Grundstücksfläche zulässig. Hierzu gehören insbesondere von der Hauptanlage losgelöste Wellenbrecher sowie bauliche Anlagen zum Betrieb und zur Wartung der Photovoltaik-Anlage. Eventuell notwendige Stellplätze sind auf dem Betriebsgelände des Kiesabbauunternehmens zulässig.

5. Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft

Im Vorhabensbereich befinden sich keine naturschutzrechtlichen Ausweisungen. Am West- und am Südufer sind gesetzlich geschützte Biotop anzutreffen. Das Plangebiet liegt innerhalb der Zone III B des WSG Stadt Rastatt WWK Ottersdorf.

5.1 Artenschutz – Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen

Die artenschutzrechtliche Prüfung zeigt, dass unter Berücksichtigung der nachfolgend aufgeführten Vermeidungsmaßnahmen die artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände des § 44 BNatSchG durch die geplante schwimmende PV-Anlage auf dem Baggersee der EKS bei Sandweier nicht ausgelöst werden.

- Entfernen der Gehölzbestände außerhalb der Vogelbrutzeit (V1),
- Aufbau der Anlage außerhalb der Brutzeit der Vögel (V2),
- Vergrämung von Mauereidechsen (V3).

5.2 Natur- und Landschaftsschutz - Ausgleichsmaßnahmen

² Solaranlagen dürfen in und über einem künstlichen oder erheblich veränderten Gewässer errichtet werden, wenn ausgehend von der Linie des Mittelwasserstandes die Anlage nicht mehr als 15 % der Gewässerfläche bedeckt oder der Abstand zum Ufer mindestens 40 m beträgt.

Im Umweltbericht wird in einer Übersichtstabelle die schutzgutbezogene Bewertung zusammengefasst:

Schutzgut	Einzelbewertung	Gesamtbewertung
Tiere und Pflanzen	<ul style="list-style-type: none"> – kein Verlust an ufernahen Brutlebensräumen für Wasservögel – kein relevanter Verlust an Wasserfläche für Haubentaucher und andere Wasservögel – Anlage von Brut(halb)inseln für Wasservögel – Unerhebliche Auswirkungen auf Fische durch Beschattung und mögliche Änderungen bei der Primär- und Sekundärproduktion – kein Ausweich- oder Meideverhalten der Fische, sondern Nutzung als schützender Unterstand – Installation von Fischkörben – kleinflächige Vergrämung der Mauereindecke im Teilbereich der Kabeltrasse – kleinflächiger, kein erheblicher und nachhaltiger Eingriff ins gesetzlich geschützte Biotop <i>Verlandungsbereich und Feldgehölz am Baggersee Kühl östlich Iffezheim</i> (Nr. 171142163117) infolge der Kabelverlegung 	keine oder sehr geringe bzw. unerhebliche Beeinträchtigung
Wasser	<ul style="list-style-type: none"> – kein Überschreiten der Erheblichkeitsschwelle für die untersuchten Parameter – keine negativen Auswirkungen auf die Qualität und Quantität des Wassers – positive Wirkung, da durch die Verschattung eine Verringerung der Wassertemperatur möglich ist und somit die Auswirkungen des Klimawandels verringert werden 	positive Auswirkung
Landschaft	<ul style="list-style-type: none"> – Beeinträchtigung des Landschaftsbildes, aber geringe Sichtbarkeit 	gering bzw. nicht erheblich
Mensch, Boden, Fläche, Klima/ Luft Kultur-/ Sachgüter	<ul style="list-style-type: none"> – keine Beeinträchtigungen – positive Wirkungen beim Klima 	keine Beeinträchtigung, tlw. positive Effekte

In einer schutzgutübergreifenden Gesamtbetrachtung ergeben sich für das Vorhaben demnach keine Beeinträchtigungen. Ein konkreter funktioneller Ausgleichsbedarf im Rahmen einer Eingriffs-/ Ausgleichsbilanz lässt sich aufgrund der sehr geringfügigen Auswirkungen bei den jeweiligen Schutzgütern nicht ableiten. Um dennoch die allgemeinen Lebensraumbedingungen für die geringfügig betroffenen Tiergruppen zu verbessern, sind 6 Brut(halb)inseln für die Wasservögel und Totholzstrukturen für Fische im Uferbereich des Baggersees anzulegen:

- Anlage von Brut(halb)inseln für Wasservögel (A1),
- Installation von 5 Körben für Fische unter der schwimmenden PV-Anlage (A2),

I. Allgemeiner Klimaschutz/ Reduzierung von CO₂

Vorbeugende Maßnahmen der Gemeinde sollen einen Beitrag dazu leisten, dass sich der Anstieg der Durchschnittstemperatur der die Erde umgebenden Atmosphäre in den nächsten Jahren nicht zu sehr erhöht; zum Schutz des Klimas soll der CO₂-Ausstoß auf der Ortsebene geringgehalten oder durch geeignete Gegenmaßnahmen kompensiert werden.

Der Betrieb der PV-Anlage trägt zu einer deutlichen Minderung von Treibhausgasemissionen und somit auch zur Minderung des durch die Treibhausgasfreisetzung bedingten Klimawandels bei.

Darüber hinaus bedeutet die geplante PV-Anlage Mehrwerte für die Region:

- Lokale Grünstromproduktion als kommunaler Beitrag zur Energiewende und nationaler Versorgungssicherheit.
- Relevanter Beitrag der Kommune zum Erreichen des regionalen Mindestflächenziels von 0,2 % der Region Mittlerer Oberrhein – hierzu auch der Entwurf der Teilfortschreibung des 4. Regionalplans Mittlerer Oberrhein – Solarenergie unter Ziffer **C.1.4**.
- Keine Flächenkonkurrenz mit landwirtschaftlichen Ertragsflächen.
- Sicherung des attraktiven Wirtschaftsstandorts durch nachhaltige und bezahlbare Grünstromproduktion.

J. Nachrichtliche Übernahme

Nach anderen gesetzlichen Vorschriften getroffene Festsetzungen mit Außenwirkung sind nachrichtlich in den Bebauungsplan zu übernehmen, sofern sie baurechtlich relevant sind. Diese Festsetzungen müssen bei Beschlussfassung rechtswirksam sein.

1. Wasserschutzgebiet Stadt Rastatt WWK Ottersdorf

Das Plangebiet liegt innerhalb der Zone IIIB des Wasserschutzgebietes Stadt Rastatt WWK Ottersdorf vom 14.06.1988.

Die Ge- und Verbote sind einzuhalten.

2. 380-kV-Höchstspannungsfreileitung

Die geplante schwimmende PV-Anlage liegt teilweise innerhalb des technischen Schutzstreifens der 380-kV-Höchstspannungsfreileitung. Die Einrichtung von jeglichen PV-Anlagen im Bereich des Schutzstreifens der Leitungsanlage ist nur unter Einhaltung der geltenden Sicherheitsabstände nach DIN VDE 50341 und 0100 zulässig. Es sind mindestens 12,80 m Abstand zwischen Leiterseil und Oberkante des Solarmoduls einzuhalten.

Landau, 07.05.2024

stadtconcept 

sc stadtconcept GmbH

Dipl.-Ing. Brigitte Busch
Regierungsbaumeisterin

Teil II: VERFAHREN

Der Gemeinderat der Gemeinde Iffezheim hat in seiner öffentlichen Sitzung am 23.01.2023 die Aufstellung des Bebauungsplans „Schwimmende PV-Anlage Kühlsee“ beschlossen, um die planungsrechtlichen Voraussetzungen für die Errichtung einer schwimmenden PV-Anlage auf dem Kühlsee zur Gewinnung regenerativer Energien zu schaffen.

In seiner Sitzung am 31.07.2023 hat der Gemeinderat der Gemeinde Iffezheim den Aufstellungsbeschluss für den Bebauungsplan mit der Bezeichnung „Schwimmende Photovoltaikanlage Kühlsee“ sowie die Durchführung der Frühzeitigen Unterrichtung der Öffentlichkeit und Beteiligung der Träger öffentlicher Belange beschlossen.

Die Frühzeitige Unterrichtung gemäß § 3 Abs. 1 BauGB und die Unterrichtung der Behörden und sonstiger Träger Öffentlicher Belange gemäß § 4 Abs. 1 BauGB sind erfolgt.

Die Behörden und sonstigen Träger öffentlicher Belange wurden mit Schreiben vom 03.08.2023 Frist bis 15.09.2023 um Stellungnahme gebeten. Es sind insgesamt 19 Stellungnahmen von Trägern öffentlicher Belange und Nachbargemeinden eingegangen, davon 11 mit Anregungen überwiegend mit Hinweischarakter.

Vom 14.08.2023 bis einschließlich 15.09.2023 wurden die Planunterlagen im Internet veröffentlicht und wurden parallel auch öffentlich ausgelegt. Hierauf wurde auch in der öffentlichen Bekanntmachung zur Frühzeitigen Unterrichtung verwiesen. Es liegen keine Stellungnahmen von Bürgern vor.

Teil III: UMWELTBERICHT

Der Entwurf des Umweltberichts vom Umweltbericht Mai 2024 ist als **Anlage** beigefügt.



Gemeinde Iffezheim

Bebauungsplan
Schwimmende Photovoltaikanlage
Kühlsee

Umweltbericht

Mai 2024

- Entwurf -

Bearbeitung

arguplan GmbH
Vorholzstraße 7
76137 Karlsruhe
Tel. 0721 1611 0-21
juris@arguplan.de

Auftraggeberin

Gemeinde Iffezheim
Hauptstraße 54
76473 Iffezheim
Tel. 07229 605-0
gemeinde@iffezheim.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung -----	1
1.1	Inhalt und Ziele des Bebauungsplans -----	1
1.2	Ziele des Umweltschutzes gemäß Fachgesetzen und Fachplänen -----	2
1.3	Umweltziele und ihre Berücksichtigung im B-Plan -----	5
2	Beschreibung und Bewertung Ist-Zustand Umwelt -----	7
2.1	Schutzgut Boden -----	7
2.2	Schutzgut Wasser -----	8
2.3	Schutzgut Klima/Luft -----	11
2.4	Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt -----	11
2.5	Schutzgut Landschaft -----	15
2.6	Schutzgut Fläche -----	17
2.7	Schutzgut Mensch -----	18
2.8	Schutzgut Kultur- und Sachgüter -----	19
3	Status quo-Prognose -----	19
4	Konfliktanalyse -----	20
4.1	Planungsrecht -----	20
4.2	Schutzgut Boden -----	20
4.3	Schutzgut Wasser -----	21
4.4	Schutzgut Klima und Luft -----	25
4.5	Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt -----	26
4.6	Schutzgut Landschaft -----	29
4.7	Schutzgut Fläche -----	33
4.8	Schutzgut Mensch -----	34
4.9	Schutzgut Kultur- und Sachgüter -----	37
4.10	Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern -----	38

5	Kumulative Wirkungen -----	38
6	Artenschutzrechtliche Beurteilung -----	40
6.1	Methoden -----	40
6.2	Anlagebedingte Auswirkungen -----	41
6.3	Bau- und betriebsbedingte Auswirkungen -----	54
6.4	Fazit -----	59
7	Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen -----	59
8	Eingriffs-/Ausgleichsbilanz -----	60
9	Planungsalternativen -----	66
10	Sonstige Angaben -----	66
11	Gesamtbewertung -----	67
12	Allgemeinverständliche Zusammenfassung -----	67
12.1	Inhalte und Ziele des Bebauungsplans -----	67
12.2	Schutzgutbezogene Umweltprüfung -----	67
12.3	Artenschutzrechtliche Beurteilung -----	76
12.4	Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen -----	76
13	Verwendete Unterlagen -----	77

Anlagen

- Anlage 1: Lageplan mit Übersichtskarte
Anlage 2: Erfasste Brutreviere der Wasservögel

Anhänge

- Anhang 1: Testergebnisse zur Stabilität und zum Umweltverhalten der Anlagenkomponenten (Zimmermann PV-Floating)
Anhang 2: Sicherheitsdatenblatt Transformatorenöl (M&I Materials Ltd.)
Anhang 3: Limnologisches Begleitgutachten zu den Auswirkungen durch die Anlage und den Betrieb einer schwimmenden PV-Anlage auf dem Baggersee Sandweier der EKS Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG (BGL)
Anhang 4: Beurteilung der Auswirkungen auf Fische und Wasserpflanzen (Frank Pätzold)

1 Einleitung

1.1 Inhalt und Ziele des Bebauungsplans

Die Gemeinde Iffezheim plant die Aufstellung des Bebauungsplans *Schwimmende Photovoltaikanlage Kühlsee*. Hintergrund dazu stellt die Absicht der Erdgas Südwest GmbH dar, auf dem Baggersee der EKS Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG (im Folgenden EKS) eine schwimmende PV-Anlage mit einer Leistung von 6 MWp zu errichten (s. Anlage 1). Die gewonnene Energie dient der Eigenversorgung des Kieswerks der Fa. EKS und des Betonsteinwerks der Kronimus AG. Der überschüssig erzeugte Strom wird ins Netz eines regionalen Energieversorgers eingespeist. Der Betrieb der Anlage ist momentan auf 30 bis 35 Jahre angesetzt.

Mit dem Bebauungsplan wird das Planungsrecht und damit auch die Investitionssicherheit zur Errichtung einer schwimmenden Photovoltaik-Anlage (Floating Photovoltaics, FPV) auf dem Baggersee Kühl/Peter in Iffezheim geschaffen.

Die geplante PV-Anlage befindet sich im westlichen Teil des Baggersees (s. Anlage 2). Sie besitzt eine Größe von maximal 3,4 ha und nimmt maximal 3,8 % der aktuellen Seefläche (89,3 ha) ein. Die gemäß § 36 Abs. 3 Wasserhaushaltsgesetz zulässige Gesamtgröße von max. 15 % eines Gewässers wird somit eingehalten.

Der Geltungsbereich des Bebauungsplans umschließt die geplante PV-Anlage und besitzt eine Größe von ca. 6,5 ha (s. Anlage 1). Die FPV-Anlage ist so abgegrenzt, dass die weitere Rohstoffgewinnung ohne eine gegenseitige Beeinträchtigung betrieben werden kann. Die im Geltungsbereich geplante FPV-Anlage besitzt einen Mindestabstand von 44 m zum Ufer, sodass der gesetzlich zulässige Abstand von mindestens 40 m sicher eingehalten wird.

Die Lagerung und Montage der PV-Module erfolgt auf einer östlich der Anlage gelegenen Betriebsfläche der peterbeton Rudolf Peter GmbH & Co. KG (s. Anlage 1). Die Anlieferung der PV-Komponenten findet somit über die bestehende Kieswerkszufahrt der Fa. peterbeton statt. Die Errichtung der Anlage kann voraussichtlich innerhalb von drei Monaten abgeschlossen werden.

Die FPV-Anlage wird unterhalb der Konstruktion am Seegrund verankert. Mit einem dynamischen Befestigungssystem beträgt die natürliche Bewegung der Anlage durch Wind und Wellen bis zu ca. 6,5 m. Diese möglichen Lageabweichungen sind in der Ausweisung des Geltungsbereichs im Bebauungsplan abgedeckt. Ebenso ermöglicht das dynamische Befestigungssystem, schwankende Seewasserstände auszugleichen. Um die Anlage vor Wellenschlag zu schützen, sind Wellenbrecher vorgesehen.

Der gewonnene Strom wird über eine Leitung von der schwimmenden Anlage zunächst zum Westufer des Sees geführt (s. Anlage 1). Von dort verläuft die Kabeltrasse durch die Abbauböschung zu den jeweiligen Übergabestationen der Fa. EKS und Fa. Kronimus. Der überschüssige Strom, der von den Firmen nicht abgenommen werden kann, wird an den Übergabepunkten in das öffentliche Netz eingespeist.

Zielsetzung des Bebauungsplans ist der Ausbau der Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien. Damit werden die zentralen energiepolitischen Ziele des Bundes und des Landes

verfolgt. Durch den Ausbau der regenerativen Energiegewinnung, insbesondere auch der Photovoltaik, soll eine deutliche Reduktion der Treibhausgasfreisetzung erreicht und damit dem Klimawandel entgegengewirkt werden. Darüber hinaus trägt das Vorhaben zur Reduzierung der Abhängigkeit von Energieimporten und damit zur Versorgungssicherheit und Energieautonomie bei.

Zur Errichtung von PV-Anlagen werden in erster Linie Flächen, die einer anderen Nutzung nicht zugänglich sind (z.B. Dächer, Brachen) verwendet. In den letzten Jahren ist mit Wasserflächen eine weitere Flächenkategorie hinzugekommen. Hier können vorzugsweise künstlich geschaffene bzw. anthropogen vorgeprägte Gewässer mit geringen Strömungsverhältnissen wie Baggerseen, geflutete Tagebauflächen und Stauseen mit schwimmenden Photovoltaikanlagen belegt werden. Die Vorteile dieser schwimmenden Photovoltaikanlagen liegen in einem besonders hohen Wirkungsgrad und der geringen Flächenkonkurrenz.

Der hier vorgelegte Umweltbericht behandelt die in § 2a Baugesetzbuch (BauGB) sowie in der Anlage des Gesetzes aufgeführten Anforderungen an die Umweltprüfung.

1.2 Ziele des Umweltschutzes gemäß Fachgesetzen und Fachplänen

1.2.1 Fachgesetze

Baugesetzbuch

Gemäß § 1 Nr. 7 BauGB sind folgende Belange des Umweltschutzes zu berücksichtigen:

- die Auswirkungen auf Tiere, Pflanzen, Fläche, Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft und das Wirkungsgefüge zwischen ihnen sowie die Landschaft und die biologische Vielfalt,
- die Erhaltungsziele und der Schutzzweck der Natura 2000-Gebiete im Sinne des Bundesnaturschutzgesetzes,
- umweltbezogene Auswirkungen auf den Menschen und seine Gesundheit sowie die Bevölkerung insgesamt,
- umweltbezogene Auswirkungen auf Kulturgüter und sonstige Sachgüter,
- die Vermeidung von Emissionen sowie der sachgerechte Umgang mit Abfällen und Abwässern,
- die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie,
- die Darstellungen von Landschaftsplänen sowie von sonstigen Plänen, insbesondere des Wasser-, Abfall- und Immissionsschutzrechts,

- die Erhaltung der bestmöglichen Luftqualität in Gebieten, in denen die durch Rechtsverordnung zur Erfüllung von Rechtsakten der Europäischen Union festgelegten Immissionsgrenzwerte nicht überschritten werden,
- die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Belangen des Umweltschutzes,
- unbeschadet des § 50 Satz 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, die Auswirkungen, die aufgrund der Anfälligkeit der nach dem Bebauungsplan zulässigen Vorhaben für schwere Unfälle oder Katastrophen zu erwarten sind.

Bundesnaturschutzgesetz

Nach § 1 des BNatSchG sind Natur und Landschaft aufgrund ihres eigenen Wertes und als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen auch in Verantwortung für die künftigen Generationen im besiedelten und unbesiedelten Bereich nach Maßgabe der nachfolgenden Absätze so zu schützen, dass

- die biologische Vielfalt,
- die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts einschließlich der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter sowie
- die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft auf Dauer gesichert sind; der Schutz umfasst auch die Pflege, die Entwicklung und, soweit erforderlich, die Wiederherstellung von Natur und Landschaft (allgemeiner Grundsatz).

Bundes-Bodenschutzgesetz

Gemäß § 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) sollen nachhaltig die Funktionen des Bodens gesichert oder wiederhergestellt werden. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte soweit wie möglich vermieden werden. Neben dem BBodSchG sind auch die Vorgaben der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) zu beachten.

Wasserhaushaltsgesetz

Zweck des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) ist es, durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen (§ 1 WHG). Neben dem WHG sind auch die Vorgaben des Wassergesetzes Baden-Württemberg (WG) zu beachten.

Darüber hinaus formuliert das WHG den Grundsatz, bei der Gewässerbewirtschaftung die Erfordernisse des Klimaschutzes zu berücksichtigen und den Folgen des Klimawandels vorzubeugen.

Bundes-Immissionsschutzgesetz

Zweck des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen (§ 1 BImSchG). Bei Planungen sind dazu eine Reihe von Verordnungen zu beachten, z.B. TA Luft, TA Lärm, 16. BImSchV (Verkehrslärmschutzverordnung), 22. BImSchV (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft) und 24. BImSchV (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung).

Bundesklimaschutzgesetz und Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg

Zweck dieses Bundesklimaschutzgesetzes ist es, zum Schutz vor den Auswirkungen des weltweiten Klimawandels die Erfüllung der nationalen Klimaschutzziele sowie die Einhaltung der europäischen Zielvorgaben zu gewährleisten. Grundlage bildet die Verpflichtung nach dem Übereinkommen von Paris aufgrund der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen, wonach der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 Grad Celsius und möglichst auf 1,5 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen ist, um die Auswirkungen des weltweiten Klimawandels so gering wie möglich zu halten.

Zentrales Element des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg (KSG BW) sind die Klimaschutzziele für die Jahre 2030 und 2040. Das Klimaschutzgesetz macht klare Vorgaben, den Ausstoß von Treibhausgasen zu reduzieren: Der Treibhausgasausstoß des Landes soll im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 bis 2030 um mindestens 65 Prozent und bis 2040 soll über eine schrittweise Minderung eine Netto-Treibhausgasneutralität („Klimaneutralität“) erreicht sein. Hierzu werden verschiedene Ziele und Maßnahmen definiert. Durch die Festlegung des Landesflächenziels für den Ausbau erneuerbarer Energien sollen die räumlichen Voraussetzungen für den Ausbau der erneuerbaren Energien geschaffen werden.

Neben den Klimaschutzgesetzen sind auch die Vorgaben des Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien (EEG) zu beachten. Zweck dieses Gesetzes ist es, insbesondere im Interesse des Klima- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen. Der Anteil des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch soll auf 65 Prozent im Jahr 2030 gesteigert werden. Vor dem Jahr 2050 soll der gesamte Strom, der im Staatsgebiet der Bundesrepublik Deutschland erzeugt oder verbraucht wird, treibhausgasneutral erzeugt werden.

Mit dem Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor vom 20.07.2022 wurde in § 2 die besondere Bedeutung der erneuerbaren Energien hervorgehoben. Die Errichtung und der Betrieb von Anlagen sowie den dazugehörigen Nebenanlagen liegen im überragenden öffentlichen Interesse. Bis die Stromerzeugung im Bundesgebiet nahezu treibhausgasneutral ist, sollen die erneuerbaren Energien als vorrangiger Belang in die jeweils durchzuführenden Schutzgüterabwägungen eingebracht werden.

1.2.2 Fachplanungen

Regionalplan

Im Frühjahr 2021 wurde die erste Anhörung zur Fortschreibung des derzeit gültigen Regionalplans Mittlerer Oberrhein 2003 durchgeführt. Mit einem Satzungsbeschluss für den Regionalplan (4. Regionalplan) wird 2024 gerechnet. Der noch gültige Regionalplan Mittlerer Oberrhein 2003 mit Stand vom März 2021 schließt verschiedene Teilfortschreibungen mit ein.

Im derzeit gültigen Regionalplan 2003 ist der Geltungsbereich des Bebauungsplans nicht mehr als *Konzession/Abbaustandort der oberflächennahe Rohstoffe Kies und Sand* ausgewiesen, da in diesem Teil des Baggersees die Rohstoffgewinnung bereits langjährig abgeschlossen ist.

Der gesamte Geltungsbereich sowie sein großräumiges Umfeld sind mit der Ausweisung *Bereich zur Sicherung von Wasservorkommen* belegt. Zur langfristigen Sicherstellung der Versorgung der Bevölkerung mit Wasser sollen die Bereiche zur Sicherung von Wasservorkommen so geschützt und entwickelt werden, dass die Möglichkeit der Gewinnung von Wasser in einwandfreier Qualität und in maximaler, ökologisch verträglicher Menge dauerhaft gewährleistet ist. Hierzu sollen alle Nutzungen ausgeschlossen werden, die diesem Vorsorgeschutz entgegenstehen. Im 4. Regionalplan des RVMO ist für den Geltungsbereich keine Ausweisung zur Sicherung von Wasservorkommen vorgesehen.

Flächennutzungsplan

Der Flächennutzungsplan der Vereinbarten Verwaltungsgemeinschaft Rastatt vom 26.06.2006 weist das Plangebiet als *Baggersee* und als *Konzessionsfläche* für den Rohstoffabbau aus.

Das Kieswerk der Fa. EKS sowie die Betriebsflächen der Fa. peterbeton, auf denen die Zwischenlagerung und die Montage der FPV-Anlage erfolgen soll, sind im Flächennutzungsplan 2025 der Stadt Baden-Baden vom 23.09.2013 mit der Ausweisung *Sonderbaufläche Kiesabbau* belegt.

1.3 Umweltziele und ihre Berücksichtigung im B-Plan

Die in Kapitel 1.2.1 und 1.2.2 dargestellten Fachgesetze und Fachplanungen haben zum Ziel, die Umweltbelange im Bebauungsplan festzusetzen. Die Planung ist nach den Umweltbelangen zu optimieren und etwaige Vermeidungs-, Minderungs- und Ausgleichsmaßnahmen sind festzulegen (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Umsetzung der Umweltziele der Fachgesetze im Bebauungsplan.

Relevante Fachgesetze mit Zielsetzung	Berücksichtigung im Bebauungsplan
Baugesetzbuch (BauGB)	
Sparsamer und schonender Umgang mit Grund und Boden; Begrenzung der Bodenversiegelung auf das notwendige Maß Auszug aus (§ 1a (2) BauGB)	Errichtung der Anlage auf einer Wasserfläche. Verzicht auf Versiegelung terrestrischer Flächen. Nutzung von bereits beräumten Flächen im Kieswerksbereich zur Montage der PV-Anlage.
Vermeidung und Ausgleich voraussichtlich erheblicher Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes sowie der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts (§ 1a (3) BauGB)	Formulierung von Maßnahmenvorschlägen im Umweltbericht, mit denen sich erhebliche Beeinträchtigungen auf Schutzgüter vermeiden, minimieren oder ausgleichen lassen.
Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)	
Schutz von Menschen, Tieren und Pflanzen, des Bodens, des Wassers, der Atmosphäre sowie der Kultur- und sonstiger Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen (§ 1 BImSchG).	Sehr geringe baubedingte stoffliche Emissionen und Schallemissionen, die vor dem Hintergrund der Vorbelastung aus dem Umfeld (Kieswerksbetriebe) und der zeitlichen Begrenzung nicht ausschlaggebend sind. Keine relevanten Emissionen durch den Betrieb der Anlage.
Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)	
Schutz von Natur und Landschaft auf Grund ihres eigenen Wertes und als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen, so dass die biologische Vielfalt, die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts sowie die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft auf Dauer gesichert sind (§ 1 (1) BNatSchG).	Errichtung einer uferfernen PV-Anlage auf einer offenen Seefläche. Die temporäre Lagerung und Montage der PV-Module erfolgt auf eine vegetationsarme Betriebsfläche der Fa. peterbeton, für die eine Abbaugenehmigung vorliegt.
Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)	
Nachhaltige Sicherung und Wiederherstellung der Bodenfunktionen; Abwehr schädlicher Bodenveränderungen; Sanierung von Boden, Altlasten und hierdurch verursachten Gewässerunreinigungen	Errichtung der Anlage auf einer Wasserfläche. Verzicht auf Versiegelung terrestrischer Flächen. Nutzung von bereits beräumten und zum Kiesabbau vorbereiteten Flächen zur Montage der PV-Anlage
Wasserhaushaltsgesetz (WHG), Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG)	
Schutz von Gewässern als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere u. Pflanzen sowie als nutzbares Gut durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung (§ 1 WHG). Sparsamer u. effizienter Umgang mit dem Allgemeingut Wasser; wirksamer Schutz von Gewässern vor stofflichen Belastungen; ökologische Verträglichkeit	Gewässerschutz durch Vermeidung/Minimierung von stofflichen Einträgen. Dies wird durch die Auswahl langlebiger Anlagenkomponenten, die Konzeption der schwimmenden Anlage, die geplante Wartung sowie durch die Auswahl umweltfreundlicher Betriebsmittel erreicht. Die Anlage dient dem Klimaschutz.

Relevante Fachgesetze mit Zielsetzung	Berücksichtigung im Bebauungsplan
lichkeit des Hochwasserschutzes; Berücksichtigung des Klimaschutzes und Anpassung an die Folgen des Klimawandels (§ 1) WG)	
Bundesklimaschutzgesetz (KSG); Klimaschutzgesetz für Baden-Württemberg (KSG BW)	
Erreichen der national verbindlichen Klimaschutzziele (Verpflichtung nach dem Pariser Klimaschutzabkommen i.V.m. der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen u.a.) als Mindestziel (§4 KSG BW), d.h. Minderung der Treibhausgase bis 2030 um 65 % und Netto-Treibhausgasneutralität („Klimaneutralität“) bis 2040.	Errichtung einer Anlage zur unabhängigen Gewinnung regenerativer Energie. Dadurch Substitution von kohlenstoffbasierter Stromerzeugung und der damit verbundenen Verringerung von Treibhausen.

2 Beschreibung und Bewertung Ist-Zustand Umwelt

2.1 Schutzgut Boden

2.1.1 Methoden

Die Bewertung des Schutzguts Boden erfolgt nach dem Leitfaden *Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit* (LUBW 2010). Der Leitfaden betrachtet nur ungestörte terrestrische Böden. Unterwasserböden (subhydrische Böden) werden in der Methodik der naturschutzfachlichen Bewertung von Böden nicht berücksichtigt. Daher erfolgt eine Bewertung des Bodens nur für die terrestrischen Bereiche, die durch das Vorhaben betroffen sind. Bei der Montage der FPV-Anlage werden terrestrische Böden im Bereich des Kieswerks der Fa. peterbeton beansprucht, die aufgrund der bisherigen betrieblichen Nutzung intensiv anthropogen überprägt worden sind. Zusätzlich werden durch die Kabelverlegung Böden beansprucht. Innerhalb des Geltungsbereichs selbst sind keine terrestrischen Böden vorhanden.

Infolge der Überprägung der zu betrachtenden Böden kann deren Bewertung nur verbalargumentativ in Anlehnung an den Leitfaden erfolgen.

2.1.2 Bestandsbeschreibung und -bewertung

Die ursprünglichen natürlichen Böden im Bereich der Betriebsflächen der Fa. peterbeton und der Fa. EKS sowie der Uferböschung sind nach der Bodenkarte von Baden-Württemberg als *podsolige Braunerden mit Bändern aus Terrassensand über Niederterrassenschotter* bzw. als *podsolige Braunerden mit Bändern aus Flugsanddecken* anzusprechen. Die obere Bodenschicht ist vorwiegend aus Feinsanden mit geringen Kiesanteilen aufgebaut und geht

mit der Tiefe in sandigen Kies über. Das Substrat ist karbonatfrei und sauer. Die ungestörten Böden am Standort werden nach der Methodik der LUBW (2010) als mittelwertig eingestuft (Wertstufe 2).

Die beiden betrachteten Betriebsflächen sind bereits durch Trockenabbau gegenüber dem unverritzten Umland um mehrere Meter eingetieft. Dadurch stehen auf den Flächen nur humusfreie sandige Kiese an, auf denen durch die ständigen Befahrung und Überlagerung eine Entwicklung des Bodens (Ausbildung von humosen Oberböden, biogene Bodenentwicklung etc.) stark eingeschränkt ist. Die terrestrischen Böden in den Vorhabenbereichen sind daher als kiesig-sandige Lockerrohböden (Syroseme) einzustufen.

Diese intensive anthropogene Überprägung hat deutliche Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen zur Folge. Aufgrund des fehlenden Humus ist von einer verminderten Leistungsfähigkeit als Puffer und Filter für Schadstoffe sowie von einer geringeren Nährstoffspeicherung im Boden auszugehen. Die Durchwurzelbarkeit und die Wasseraufnahmefähigkeit sind durch die Verdichtung des Bodens reduziert. Aus den aufgeführten Einschränkungen folgt, dass die Böden der Werksflächen ihre Funktionen als Pflanzenstandort und als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf nur noch sehr eingeschränkt erfüllen können.

Da die Bewertung der Böden nach LUBW (2010) auf deren Leistungsfähigkeiten beruht, können die überprägten Böden der Werksflächen nur als geringwertig eingestuft werden.

Die geplante Kabeltrasse verläuft über Flächen der westlichen Uferböschung. Die Böden der betroffenen Böschungsbereiche sind durch Abgrabungen im Zuge der Kiesgewinnung geprägt. In den Böschungsbereichen sind kiesig-sandige Lockerrohböden zu erwarten, die im Unterschied zu den Böden der Kieswerksflächen zusätzlich eine Humusauflage und eine initiale humose Oberbodenschicht aufweisen und die daher etwas leistungsfähiger einzustufen sind. Insgesamt werden diese Böden ebenfalls als geringwertig eingestuft.

2.2 Schutzgut Wasser

2.2.1 Methoden

Das Schutzgut Wasser wird in einem eigenständigen umfangreichen limnologischen Gutachten abgehandelt (s. Anhang 3). Daher werden im vorliegenden Kapitel zum Schutzgut Wasser die Ergebnisse des limnologischen Gutachtens nur zusammengefasst dargestellt.

Die Bewertung des aktuellen Gütezustands des Baggersees beruht auf Gewässer- und Sedimentuntersuchungen aus den Jahren 2015 bis 2021.

Die Bewertung möglicher Auswirkungen der geplanten FPV-Anlage basiert auf der Basis von empirischen Studien, Modellstudien und Kombinationsstudien zu den Auswirkungen von schwimmenden Photovoltaikanlagen sowie auf einer Prognose der vorhabenbezogenen Auswirkungen anhand von Modellrechnungen.

Die Prognose ist nach Angabe des limnologischen Gutachters geeignet, um für eine Laufzeit der FPV-Anlage von 30 Jahren die Entwicklungszustände abzubilden.

2.2.2 Bestandbeschreibung und -bewertung

Die Wasserfläche Baggersees Kühl/Peter beträgt im Istzustand ca. 89,3 ha. Der See weist ein Wasservolumen von ca. 14,4 Mio. m³ auf.

Der Wasserhaushalt des Sees wird durch das mit einem mittleren Gefälle von 1,43 ‰ zuströmende Grundwasser bestimmt. Die Grundwasserverweilzeit im See beträgt 5,06 Jahre.

Temperaturhaushalt und Gewässerschichtung zeigen das typische Erscheinungsbild tiefer Baggerseen mit einer Temperaturschichtung in den sommerlichen Stagnationsphasen, die im Untersuchungsgewässer durch den betriebsbedingten Energieeintrag weniger stark abgeschwächt wird als in vergleichbaren Seen, und einer Volldurchmischung des Seewassers in den winterlichen Zirkulationsphasen. Die Sauerstoffgehalte des Seewassers erreichen in den Zirkulationsphasen hohe Werte bis zum Gewässergrund. In den Stagnationsphasen kommt es zu deutlichen Sauerstoffverlusten in der Tiefe, wobei teilweise ein Wert von 2 mg/l unterschritten wird.

Für die elektrische Leitfähigkeit als Indikator für die Menge der im Wasser gelösten Ionen wurden mittlere, der geogenen Grundbelastung des Naturraums entsprechende Werte gemessen. Infolge der Stoffaufnahme in Pflanzenbiomasse (vor allem Algen) kommt es während der Vegetationsperiode zu einer Abnahme der Leitfähigkeitswerte in der oberen Wasserschicht und zu einer Zunahme in der untern Wasserschicht durch die Sedimentation abgestorbener Biomasse. Die Messwerte Sulfat, Chlorid, Hydrogenkarbonat, Calcium, Magnesium, Silicium, Kalium und Natrium verweisen aber weder im Hinblick auf die absoluten Konzentrationen noch bezüglich des tiefendifferenzierten Verteilungsmusters auf Gütedefizite im Untersuchungsgewässer.

Die derzeitigen Nährstoffgehalte des Seewassers sind sehr gering und indizieren einen nährstoffarmen Zustand im mesotrophen oder oligotrophen Bereich. Auch die Stickstoffkonzentrationen im Seewasser erreichen niedrige Werte. Gleiches gilt für die Gehalte des organischen Kohlenstoffs und die Chlorophyll-a Werte als Kenngrößen zur Darstellung der Algenentwicklung. Die Sichttiefenwerte werden derzeit durch den vom Baggerbetrieb verursachten Eintrag mineralischer Trübung vermindert und können nicht als Trophieindikator dienen. Die Biomasseanteile und Nährstoffgehalte im Sediment verweisen auf ein geringes Belastungsniveau.

Zusammenfassend betrachtet weist der Baggersee keine Belastungen auf. Die Wasserqualität und die limnologischen Verhältnisse können als gut eingestuft werden. Das Zirkulationsverhalten wird durch die aktive Auskiesungstätigkeit begünstigt.

In der nachfolgenden Tabelle 2 sind die Ergebnisse des limnologischen Gutachtens zum Zustand des Baggersees zusammengefasst dargestellt.

Tab. 2: Zusammenfassende Bewertung des Gewässerzustands des Baggersees Kühl/Peter

Parameter	Indikatorbedeutung	Bewertung	Orientierungswert	Einstufung
Temperatur u. Gewässerschichtung	Bei eingeschränktem Zirkulationsverhalten (Meromixis) entwickeln sich Sauerstoffdefizite.	Der See zirkuliert. Das Zirkulationsverhalten wird durch die Auskiesungstätigkeit gefördert.	-	Positiv
Sauerstoffhaushalt	Sauerstoffdefizite weisen auf ein Überangebot an Nährstoffen und hohe Zehrungsintensität der Sedimente hin.	Mitunter Sauerstoffdefizite im unmittelbaren Grundbereich, die aber nur ein sehr geringes Volumen betreffen. Während der Zirkulation vollständige Oxidierung des Seewasserkörpers.	Max. 30% der Wassersäule über Grund O ₂ -Gehalt < 2mg/l	Positiv
Leitfähigkeit	Ionenanreicherungen in der Tiefe weisen auf hohe Trophie hin.	Die Leitfähigkeitswerte nehmen im Sommer mit der Seetiefe nur wenig zu. Die Auskiesung fördert die Durchmischung nur in geringem Umfang.	-	Positiv, keine Belastung erkennbar.
Phosphorgehalt	Erhöhte Phosphorkonzentrationen begünstigen Algenwachstum und indirekt Sauerstoffdefizite.	Sehr geringe Phosphorgehalte im Wasserkörper. Keine Rücklösung in der Tiefe.	0,015 bis 0,045 mg/l	Positiv, noch geringere Nährstoffbelastung als der Orientierungswert fordert
Chlorophyll-a-Gehalt	Hohe Chlorophyll-a Gehalte indizieren starkes Algen- und Cyanobakterienwachstum.	Niedrige Chlorophyll-a Gehalte im Wasserkörper infolge geringer Phosphorkonzentrationen und mäßig intensivierter Wasserumwälzung durch die Auskiesungstätigkeit.	4-12 µg/l	Positiv, Messwerte liegen deutlich unter Orientierungswert
Sichttiefe	Geringe Sichttiefenwerte sind ein Indikator für Algen- und Cyanobakterienmassenentwicklungen	Sichttiefenwerte wegen intensiver Auskiesungstätigkeit (mineralische Trübe) reduziert.	3,5 – 2,5 m	Wegen mineralischer Trübe nicht als Trophieindikator geeignet

2.3 Schutzgut Klima/Luft

2.3.1 Methoden

Eine Einschätzung der lokalklimatischen Verhältnisse lässt sich aus der topographischen Situation sowie aus den gegebenen Landnutzungen ableiten. Zur bioklimatischen Bedeutung der Seefläche für die benachbarten Siedlungsbereiche wird eine Klimaanalyse der Region Mittlerer Oberrhein (INGENIEURBÜRO LOHMEYER 2009) herangezogen.

2.3.2 Bestandsbeschreibung und -bewertung

Der Seefläche kommt im Gegensatz zu den umgebenden Landflächen aufgrund der physikalischen Eigenschaft des Wassers eine abdämpfende Ausgleichsfunktion im Temperaturhaushalt zu. Über einer Seefläche wird im Gegensatz zur Landfläche die aus der Umgebung herangeführte Luft am Tage bzw. im Sommer abgekühlt, in der Nacht bzw. im Winter hingegen erwärmt. Diese Effekte sind aber abhängig von der Größe des jeweiligen Wasserkörpers. Je größer das Gewässer, desto eher wirkt dieser sich ausgleichend auf das Lokalklima seiner Umgebung aus.

Gemäß der Klimaanalyse für die Region Mittlerer Oberrhein (INGENIEURBÜRO LOHMEYER 2009) besitzt der südwestliche Teil des Baggersees, auf dem die FPV-Anlage errichtet werden soll, keine lokalklimatisch wertvolle Funktion. Die ausgleichende Funktion der Wasserfläche ist für die Temperaturverhältnisse in den angrenzenden Siedlungsbereichen von nachrangiger Bedeutung.

Die geplanten Lager- und Montageflächen auf dem Werksgelände der Fa. peterbeton zeichnen sich durch vegetationsarme Rohböden aus, die sich schneller erwärmen und auskühlen als vegetationsbestandene Flächen. Zu dem entfällt dort die Evapotranspiration. Die Werksflächen sind daher für die lokalklimatischen Verhältnisse von nachrangiger Bedeutung. Infolge ihrer vergleichsweise geringen Flächengröße spielen sie für die bioklimatischen Verhältnisse in den benachbarten Siedlungsbereichen ebenfalls keine Rolle.

2.4 Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt

2.4.1 Methoden

Aufgrund der Lage der geplanten FPV-Anlage auf einer Seefläche mit einem Mindestabstand zum Ufer von hier über 44 m und niedriger Bauhöhe erfolgt keine Beanspruchung von terrestrischen Vegetationsbeständen. Ein direkter Eingriff in Landbiotope findet durch die geplante Anlage auf dem Gewässer somit nicht statt. Um die Auswirkungen auf den Unterwasserlebensraum zu beurteilen, wurde eine Untersuchung der Wasserpflanzen und der Fischbestände im Rahmen eines gesonderten Gutachtens durchgeführt (s. Anhang 4).

Durch mögliche Kulissenwirkungen der FPV-Anlage und ein entsprechendes Meide- und Ausweichverhalten der im Umfeld lebenden Tiere kann möglicherweise ein indirekter Verlust von Lebensräumen eintreten. Derartige anlagebedingte Auswirkungen sind jedoch bei den im Umfeld einer schwimmenden PV-Anlage vorkommenden Kleinvögeln, Amphibien, Reptilien aufgrund des ausreichenden Abstandes zum Ufer nicht zu erwarten.

Demgegenüber könnten bei den schwimmenden Wasservögeln (Lappentaucher, Entenvögel, Rallen, Kormorane) Kulissenwirkungen eintreten. Somit erfolgte auf dem gesamten Baggersee zum einen im Frühjahr 2023 eine Erfassung brütender Wasservögel, zum anderen im Winterhalbjahr 2022/23 eine Zählung der überwinterten und rastenden Wasservögel. Eine genauere Darstellung der dabei angewandten Methoden findet sich im Kap. 6.1. zur artenschutzrechtlichen Beurteilung. Neben der eigenen Winteruntersuchung erfolgte bei der Ornithologischen Gesellschaft Baden-Württemberg e.V. (OGBW) eine Anfrage zu vorhandenen Daten aus den zwei vorherigen Winterperioden 2020/21 und 2021/22.

Da bei den Fledermäusen aufgrund des Uferabstandes keine anlagebedingte Beanspruchung von Quartieren (Bäume, Gebäude) eintritt, werden die Auswirkungen auf mögliche ufernahe Nahrungshabitate ohne eine Erfassung der Tiergruppe dargestellt.

Der Aufbau der Anlage erfolgt außerhalb des Sees auf einer aktuell von der Fa. peterbeton genutzten Betriebsfläche am Ostufer des Sees (s. Anlage 1). Bei dieser handelt es sich um eine mit einer Ruderalvegetation bewachsene Rohbodenfläche. Ein kleinflächiger Eingriff erfolgt bei der ggf. erforderlichen Herstellung einer Kabeltrasse am angrenzenden Westufer (s. Anlage 1). Auf diesen temporären Eingriffsflächen fand eine Untersuchung zu den Vögeln, Fledermäusen, Reptilien und Amphibien statt.

Die Anlieferung der PV-Module und sonstiger Bestandteile sowie die Anfahrt für die zukünftigen Wartungsarbeiten erfolgt über die Kieswerkszufahrten der Fa. peterbeton bzw. EKS. Ein Ausbau von Wegen ist daher nicht erforderlich.

2.4.2 Bestandsbeschreibung und -bewertung

Schutzausweisungen

Eine nordöstliche kleinere Teilfläche des Baggersees liegt innerhalb des Naturschutzgebietes *Sandheiden und Dünen bei Sandweier und Iffezheim*. Die geplante PV-Anlage weist jedoch eine Entfernung von ca. 1,1 km zu diesem auf (s. Anlage 2). Aufgrund der Neuanlage des Strandbades erstreckt sich im Nordosten nun auch das FFH-Gebiet *Rheinniederung und Hardtebene zwischen Lichtenau und Iffezheim* (Nr. 7114311) kleinflächig auf das Gewässer (s. Anlage 3). Vogelschutzgebiete oder Landschaftsschutzgebiete liegen nicht im Bereich des Sees.

Die Uferzone westlich der PV-Anlage ist als gesetzlich geschütztes Biotop *Verlandungsbereich und Feldgehölz am Baggersee Kühl östlich Iffezheim* (Nr. 171142163117) ausgewiesen (s. Abb. 1 und Anlage 3). Der auf der terrestrischen ehemaligen Abbauböschung befindliche Gehölzbestand im Süden stellt das Feldgehölz des geschützten Biotops dar.

Bei den weiteren geschützten aquatischen Verlandungsbereichen auf dem Baggersee handelt es sich um das Biotop *Schilf-Röhrichte am Kühlsee* (Nr. 171152110810), welches sich am Nordwestufer und in großer Entfernung zur geplanten PV-Anlage befindet.



Abb. 1: Geschütztes Biotop *Verlandungsbereich und Feldgehölz am Baggersee Kühl östlich Iffezheim* am Westufer im Umfeld der geplanten PV-Anlage (10.01.23)

Unterwasserlebensraum

Wasserpflanzen

Bei einer 2019 durchgeführten Erfassung der Wasserpflanzenvegetation wurden elf Arten in dem Baggersee nachgewiesen, von denen drei in Baden-Württemberg gefährdet sind (s. Teil IV des Antrags). In der direkt westlich der geplanten PV-Anlage gelegenen Uferzone erfolgte der Nachweis von sechs Arten, darunter zwei landesweit gefährdete Spezies. Die festgestellte Tiefengrenze der Makrophyten-Besiedlung im Gewässer erstreckt sich bis max. 6,4 m. Der Baggersee weist insgesamt eine mittlere bis hohe Bedeutung für Wasserpflanzen auf.

Fische

Bei der Auswertung der Fangstatistik in dem Zeitraum 2016 bis 2018 sowie bei eigenen Untersuchungen wurden insgesamt 13 Fischarten in dem Baggersee ermittelt (s. Teil IV des Antrags). Von diesen stehen vier Arten auf der Roten Liste Baden-Württembergs, wobei jedoch zwei wertgebende Arten (Aal, Karpfen) nicht zu einer typischen Fischfauna eines Sees gehören. Die Fischfauna im Gewässer setzt sich überwiegend aus anspruchslosen Arten zusammen. Dem Gewässer wird in dem Gutachten eine mittlere Bedeutung für die regionale wie die potenzielle natürliche Fischfauna aktuell zugewiesen.

Ufernaher Brutlebensraum für Wasservögel

Im Rahmen der Wasservogel-Untersuchung wurden auf dem gesamten Baggersee mit Haubentaucher (4 Brutpaare), Stockente (RL-BW V, mind. 1 Brutpaar), Blässhuhn (16 Brutpaare), Graugans (1 Brutpaar) vier Brutvogelarten festgestellt (s. auch Tab. 5 im Kap. 6.2.1 der Artenschutzprüfung). Insbesondere die Reviere des Blässhuhns konzentrierten sich auf dem südwestlichen Seebereich und lagen damit im näheren Umfeld der geplanten PV-Anlage (s. Anlage 3).

Der Baggersee bei Sandweier zeichnet sich vor allem am Südwestufer und Nordwestufer zumindest abschnittsweise durch einen Schilfröhrichtsaum aus und bietet somit dort Haubentaucher, Bläßhuhn und Teichhuhn geeignete Bruthabitate (s. Anlage 3 und Abb. 1). Ins Wasser ragende Gehölzstrukturen, die Haubentaucher und Blässhuhn geschützte Niststrukturen darstellen, kommen am Gewässer vor allem am Südwestufer vor.

Gesamtsee als Lebensraum für überwinterte und rastende Wasservögel

Da das Kap. 6.2.2 zur artenschutzrechtlichen Beurteilung eine ausführliche Darstellung zum Winter- und Rastbestand enthält, wird hierauf verwiesen. Die Bestände setzen sich u.a. aus Brutvögeln des Baggersees zusammen. Im Vergleich zu anderen untersuchten Abbaugewässern hielten sich in dem Winter 2022/23 vergleichsweise größere Ansammlungen von Blässhühnern auf dem See auf, bei denen es sich überwiegend um Wintergäste handelte. Reiherenten und Tafelenten wiesen geringere Zahlen auf. Ein größerer Teil der Wintervögel wurde zeitweise auch im Umfeld der geplanten PV-Anlage bzw. am dortigen Westufer festgestellt.

Bei den Untersuchungen der OGBW wurden teilweise geringere Größenordnungen der Wasservögel in den vorherigen Winterhalbjahren festgestellt.

Lager- und Montageflächen am Westufer

Im Rahmen der Untersuchung wurde kein Revierzentrum einer Vogelart auf der geplanten Montagefläche festgestellt. Aufgrund der gehölzfreien Ausprägung käme dort auch nur der am Baggersee vorkommende bodenbrütende Flussregenpfeifer in Frage.

Da keine Kleingewässer auf der Lager- und Montagefläche existieren, sind Laichhabitate für Amphibien nicht betroffen.

Kabeltrasse

Der zur Verlegung der Stromleitung vorgesehene Böschungsbereich am Westufer wird von einem Brombeer-Gestrüpp dominiert, Bäume nehmen einen geringen Anteil ein. Revierzentren von Vogelarten wurden in dem Bestand nicht festgestellt. Ein Quartierpotenzial für Fledermäuse liegt somit nicht vor.

Dagegen wird der Eingriffsbereich aktuell von der europarechtlich geschützten Mauereidechse (RL-BW D, RL-D V) besiedelt.

2.5 Schutzgut Landschaft

2.5.1 Methoden

Die Bestandsbeschreibung erfolgt auf Basis einer vor Ort durchgeführten Landschaftsanalyse. Die Bewertung wird anhand der im § 1 BNatSchG genannten Kriterien *Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft* durchgeführt.

2.5.2 Bestandsbeschreibung und -bewertung

Das Untersuchungsgebiet befindet sich innerhalb der Großlandschaft *Nördliches Oberrhein-Tiefland* (Nr. 22) im Naturraum *Hardtebenen* (Nr. 223) (Daten- u. Kartendienst der LUBW im Internet).

Der Baggersee bei Sandweier stellt infolge der anthropogenen Entstehung und der tieferen Lage im Gelände ein naturraumfremdes Landschaftselement dar. Aufgrund der am Nordwest- und Südwestufer vorhandenen Verlandungsvegetation mit Schilfröhrichten und Gehölzen besitzt das Gewässer jedoch den zumindest optischen Charakter eines naturnahen Biotops. Die große Wasserfläche, die tiefe Lage im Gelände und die abschnittsweise, durch Abbau vorhandenen vegetationsarmen Uferzonen weisen dennoch weiterhin auf den menschengemachten Ursprung hin.

Während eine *Vielfalt* der Landschaftsausprägung im eigentlichen Vorhabensbereich aufgrund der offenen Seefläche nicht gegeben ist, besteht diese teilweise bei Betrachtung eines größeren Raumausschnitts. So zeichnet sich die Landschaft im Norden des Baggersees durch das große zusammenhängende Waldgebiet *Niederwald* und im Nordosten durch die Sandmagerrasen des Naturschutzgebiets *Sandheiden und Dünen bei Sandweier und Iffezheim* aus (s. Abb. 2). Im Osten grenzen einige Ackerflächen an das Gewässer.



Abb. 2: Landschaftsausprägung im Umfeld des Baggersees (Datenquelle: LGL, www.lgl-bw.de)



Abb. 3: Eingeschränkte Sicht auf den Vorhabensbereich am Westufer (Industriestr.)

Eine naturraumtypische *Eigenart* der Landschaft ist aufgrund der stellenweise anthropogenen Überformung nur bedingt gegeben. So befindet sich im Westen das Kieswerk der Fa. EKS mit dem angrenzenden Gewerbegebiet, im Süden eine Kreisstraße und im Osten die Autobahn A 5 (s. Abb. 2). Außerdem verläuft über die geplante PV-Anlage eine größere Freileitung (s. Abb. 3). Kulturhistorische Nutzungsformen sind nicht vorhanden.

Das Kriterium der *Schönheit* wird durch die anthropogene Überformung nur bedingt erfüllt. Die mittlerweile naturnahe Ausprägung der Ufer v.a. am West- und Nordwestufer des Baggersees und dem dort angrenzenden Waldgebiet kann diesem Landschaftsausschnitt jedoch eine Schönheit zugesprochen werden.

Eine Ausweisung als Landschaftsschutzgebiet liegt für den Planungsraum nicht vor.

2.6 Schutzgut Fläche

2.6.1 Methoden

Konkrete Methodenstandards zur Bearbeitung des Schutzguts Fläche liegen nicht vor. Ziel der Würdigung des Schutzguts ist es, den Flächenverbrauch insbesondere durch Versiegelung zu verringern. Vor diesem Hintergrund erfolgt hier eine verbal-argumentative Beurteilung.

2.6.2 Bestandsbeschreibung und -bewertung

Der mit der Errichtung der FPV-Anlage beanspruchte Bereich erstreckt sich größtenteils auf die offene Seefläche des Baggersees Kühl/Peter. Der See ist ein anthropogen hergestelltes Stillgewässer mit einer derzeitigen Wasserfläche von ca. 89,3 ha. Die geplante ca. 3,4 ha große FPV-Anlage macht einen Flächenanteil von ca. 3,8 % der aktuellen Wasserfläche aus.

Die Montage der schwimmenden Anlage erfolgt auf dem Kieswerksgelände der Fa. peterbeton, welches betriebsbedingt bereits stark anthropogen beansprucht ist. Das Gelände wird als Lager- und Regiefläche genutzt. Auf dem Areal stehen geringwertige, sandige Rohböden (s. Kap. 2.1) an, auf denen sich infolge der wiederholten Befahrung mit Baumaschinen und der Überlagerung nur ein spärlicher Ruderalvegetationsbestand entwickelt hat. Die Regiefläche wird zeitnah in die Rohstoffgewinnung einbezogen und auf Basis einer bereits vorliegenden Genehmigung abgebaut.

Das zukünftige Einsetzen des Wartungsboots soll entweder von der bestehenden Slipstelle an der Regiefläche der Fa. peterbeton oder von der Werksfläche der Fa. EKS aus erfolgen. Die Werksfläche der Fa. EKS und deren Uferbereich weisen eine vergleichbare anthropogene Überprägungen auf wie die Regiefläche der Fa. peterbeton.

Die Kabeltrasse verläuft vom Westufer durch die Abbauböschung hoch zur Industriestraße. Von dort teilt sich die Leitung und wird entlang der Straße zu den jeweiligen Übergabestandorten der Fa. EKS und Kronimus geführt (s. Anlage 1). Durch die ihre intensive Überprägung bzw. infolge der Versiegelung weisen die terrestrischen Eingriffsbereiche eine geringe Bedeutung für das Schutzgut Fläche auf.

2.7 Schutzgut Mensch

2.7.1 Methoden

Im Sinne einer Beurteilung der Umweltauswirkungen des geplanten Vorhabens auf das Schutzgut Mensch werden die Funktionen Arbeiten und Erholung betrachtet.

Zur Beurteilung der Funktionen des Untersuchungsraumes für das Schutzgut Mensch sind die planungsrechtlichen Zielstellungen der kommunalen Flächennutzungsplanung sowie die vorhandenen Strukturen für die siedlungsnahe Erholung von Bedeutung.

Der Schwerpunkt der vorliegenden Betrachtungen liegt auf der menschlichen Gesundheit. Hierzu werden insbesondere Sicherheitsvorkehrungen betrachtet, die eine Gefährdung des Menschen auf oder im Umfeld der Anlage sowie bei der Nutzung der Freizeiteinrichtungen am Baggersee minimieren bzw. verhindern.

2.7.2 Bestandsbeschreibung und -bewertung

Der Flächennutzungsplan (FNP) der Vereinbarten Verwaltungsgemeinschaft Rastatt vom 26.06.2006 weist die Seefläche auf Iffezheimer Gemarkung als *Baggersee* und als *Konzessionsfläche* für den Rohstoffabbau aus. Das Kieswerk der Fa. EKS sowie die Betriebsflächen der Fa. peterbeton, auf denen die Zwischenlagerung und die Montage der FPV-Anlage erfolgen, soll sind im Flächennutzungsplan 2025 der Stadt Baden-Baden vom 23.09.2013 mit der Ausweisung *Sonderbaufläche Kiesabbau* belegt. Eine Gewinnung von Sand und Kies erfolgt im bestehenden Baggersee durch die Fa. EKS, deren Kieswerksanlagen ca. 200 m nördlich der geplanten FPV-Anlage liegen, und durch die Fa. peterbeton, deren Aufbereitungsanlagen sich vor allem südlich der Kreisstraßenrassen der K 9613 bzw. K 3760 in ca. 350 m Entfernung befinden (s. Anlage 2). Mit dem laufenden Abbau des Rohstoffs Kies und dessen Aufbereitung vor Ort nimmt der Standort eine hohe Bedeutung für die Funktion Arbeit ein.

Der Baggersee Kühl/Peter unterliegt neben der Rohstoffgewinnung mehreren Freizeitnutzungen, so dass das Gewässer eine Erholungsfunktion besitzt. Am Nordwestufer des Baggersees liegt das Vereinsheim des Angelsportvereins Sandweier 1966 e.V. Das Angeln ist u.a. am südlich und westlich der PV-Anlage gelegenen Ufer erlaubt. Am nördlichen Seeufer befindet sich das neu angelegte Strandbad Sandweier der Stadt Baden-Baden, das eine Entfernung von ca. 700 m zur PV-Anlage aufweist.

2.8 Schutzgut Kultur- und Sachgüter

Kultur- oder Sachgüter sind auf der Wasserfläche des Kühlsees nicht vorhanden. Über die geplante PV-Anlage verläuft die 380-kV-Gemeinschafts-Leitung *Kühmoos-Daxlanden* der TransnetBW GmbH.

Die vorhabensbezogenen Tätigkeiten (Zwischenlagerung der Bauteile, Montage der Modulboote, Verlegung der Kabeltrasse) erstrecken sich ausschließlich auf terrestrische Bereiche, die bereits durch den bisherigen Rohstoffabbau überprägt wurden. Kulturgüter kommen im Vorhabensbereich nicht vor. Das Antreffen von Bodendenkmalen wird als unwahrscheinlich eingeschätzt, da im Zuge der bisherigen Nutzung der Fläche der Oberboden bereits entfernt und die Fläche um mehrere Meter eingetieft wurde.

Die geplante Kabeltrasse verläuft entlang der am Westufer gelegenen Industriestraße sowie durch überbaute Fläche des Iffezheimer Gewerbegebietes. In diesen Bereichen ist mit dem Antreffen verschiedener Versorgungsleitungen zu rechnen. Eine Telekommunikationsleitung der Telekom verläuft parallel zum Uferweg. Da der konkrete Verlauf der Kabeltrasse noch nicht festgelegt ist, können zu den möglicherweise betroffenen Versorgungsleitungen noch keine Angaben gemacht werden.

3 Status quo-Prognose

Bei einer Nichterrichtung der geplanten schwimmenden PV-Anlage unterbleiben die geplanten geringfügigen Eingriffe in die bisher anthropogen überprägten Flächen außerhalb des Geltungsbereichs des Bebauungsplans. Die Regiefläche der Fa. peterbeton, die zur Montage der FPV-Anlage genutzt werden soll, wird weiterhin als betriebliche Fläche genutzt und zeitnah abgebaut. Dabei ist festzustellen, dass die Berücksichtigung der Regiefläche bei der Montage der PV-Module keine andersartige Überprägung der Böden der Werksfläche darstellt, als die bisherige Nutzung als Regie- und Lagerfläche. Einzig die geplante Verlegung des Stromkabels auf der Böschung am Westufer sowie die Errichtung des kleinflächigen Fundaments für die Anlandung Kabel am Ufer würden bei Nichtumsetzung der Planungen unterbleiben.

Die Überdeckung des Baggersees auf 3,4 ha Wasserfläche würde unterbleiben, wenn die FPV-Anlage nicht errichtet wird. In diesem Fall wären die Nutzungen auf und am Baggersee wie bisher nur durch naturschutzrechtliche Vorgaben beschränkt.

Darüber hinaus würde die offene Seefläche des Geltungsbereichs wie bisher als Lebensraum von Wasservögeln und der Gewässerfauna des Pelagials (Freiwasserbereich) genutzt werden.

Sollte die Anlage nicht errichtet werden, würde die Substitution der kohlenstoffgebundenen Stromproduktion durch die Nutzung erneuerbarer Energien und somit die Einsparung von ca. 4.450 t CO₂ pro Jahr (vgl. Kapitel 4.4) entfallen. Mit dem Wegfall der Treibhausga-

seinsparungen müssten andere Maßnahmen zur Minderung des Klimawandels und zur Erreichung der durch das Land Baden-Württemberg und auf nationaler und internationaler Ebene formulierten Klimaziele gesucht und ergriffen werden.

Außerdem würde eine unabhängige Art der Energieerzeugung an diesem Standort entfallen.

4 Konfliktanalyse

4.1 Planungsrecht

Regionalplan

Gemäß Regionalplan des Regionalverbands Mittlerer Oberrhein von 2003 besteht für den Geltungsbereich eine Ausweisung als *Bereich zur Sicherung von Wasservorkommen*. Zur langfristigen Sicherstellung der Versorgung der Bevölkerung mit Wasser sollen die Bereiche zur Sicherung von Wasservorkommen so geschützt und entwickelt werden, dass die Möglichkeit der Gewinnung von Wasser in einwandfreier Qualität und in maximaler, ökologisch verträglicher Menge dauerhaft gewährleistet ist. Hierzu sollen alle Nutzungen ausgeschlossen werden, die diesem Vorsorgeschutz entgegenstehen. In Kapitel 4.3 sowie im Anhang 3 wird ausgeführt, dass vorhabensbedingt keine qualitativen oder quantitativen Auswirkungen auf den Baggersee Kühl/Peter und das aus dem See abströmende Grundwasser zu erwarten sind. Daher liegt kein Konflikt mit der Sicherung von Wasservorkommen vor.

Flächennutzungsplan

Die Nutzung des Standorts durch die FPV-Anlage wird mit der Darstellung einer Sonderbaufläche Photovoltaik im Rahmen der 19. Änderung des Flächennutzungsplans der Verwaltungsgemeinschaft Rastatt im Parallelverfahren zum Bebauungsplanverfahren angepasst.

4.2 Schutzgut Boden

Die Nutzung der Betriebsfläche der Fa. peterbeton als Lager und Montagestandort der FPV-Anlage führt zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung der dort anstehenden überprägten Rohböden. Darüber hinaus stellt die Nutzung des Bodens durch die Montage der Modulboote keine andersartige Überprägung der Böden der Werksfläche dar, als die bisherige Nutzung als Regie- und Lagerfläche. Eine zusätzliche Beeinträchtigung des Schutzgutes Boden ist mit den Montagearbeiten daher nicht verbunden.

Ein zusätzlicher Bodeneingriff erfolgt bei der Verlegung der Stromkabel der Fa. EKS und der Fa. Kronimus. Eine maßgebliche Beeinträchtigung in bisher ungestörte Böden ist mit der

Leitungsverlegung jedoch nicht verbunden. Betroffen sind nur geringwertige Rohböden mit initialer Bodenentwicklung im Bereich der Uferböschung. Darüber hinaus wird bei der Verlegung der Kabel nur kleinflächig in den Boden eingegriffen und dieser nachher wieder hergestellt.

Die weiteren durch die Kabelverlegung betroffenen Flächen sind überbaut bzw. versiegelt. Die Böden dieser Flächen sind funktionslos und besitzen daher keine Bedeutung für das Schutzgut Boden.

Insgesamt betrachtet tritt durch das Vorhaben keine relevante Beeinträchtigung des Schutzgutes Boden ein.

4.3 Schutzgut Wasser

Eine mögliche Beeinflussung der limnologischen Verhältnisse ergibt sich vor allem infolge der Überdeckung der Wasserfläche durch die schwimmende Anlage. Im vorliegenden Fall wird eine Wasserfläche von ca. 3,4 ha (ca. 3,8 % der aktuellen Seefläche) beschattet.

Die möglichen Auswirkungen auf die limnologischen Verhältnisse wurden in einem umfangreichen limnologischen Gutachten betrachtet und bewertet (s. Anhang 3). Die Prognose ist nach Angabe des Gutachters geeignet, um die Entwicklungszustände für eine Laufzeit der FPV-Anlage von 30 Jahren abzubilden.

Mittels der Modellierung von insgesamt vier Varianten wurden die Auswirkungen untersucht, die sich durch die Installation einer schwimmenden Photovoltaik (FPV) Anlage auf die Wasserqualität des Untersuchungsgewässers ergeben. Die Prüfung erfolgte im Rahmen von zwei Variantenprüfungen, die Darstellungen der maßnahmenbedingten Auswirkungen während der Auskiesung (Variantenprüfung 1) und für die Zeit danach (Variantenprüfung 2) zum Gegenstand haben. Hinsichtlich der Auswirkungen klimatischer Einflüsse wurden zwei Zeiträume getrennt berücksichtigt: Mit historischen Daten von 2009 bis 2022 berechnete Werte und Werte, die unter Bezug auf die Testreferenzjahre des DWD für zukünftige Klimaveränderungen berechnet wurden.

Die Überdeckung der Wasserfläche führt nach den Ergebnissen des Gutachtens zu einer Verringerung primärer meteorologischer Wirkgrößen wie der Globalstrahlung, der Windgeschwindigkeit und der langwelligen Rückstrahlung sowie zu einer Erhöhung des Dampfdrucks. Änderungen der aufgeführten primären meteorologischen Wirkgrößen können sich auf elementare limnologische Parameter, wie z.B. Temperaturhaushalt, Wasserzirkulation, Schichtungsverhalten, Seeverdunstung und Sauerstoffhaushalt auswirken.

Die Tabellen 3 und 4 fassen die dabei gewonnenen Ergebnisse zusammen. Außerdem erfolgt, auch unter Einschluss von Beurteilungsmaßstäben aus der gesichteten Literatur, eine Bewertung, ob und inwieweit vorhabensbezogene Auswirkungen als erheblich einzustufen sind.

Tab. 3: Prognostizierte Auswirkungen während des laufenden Kiesabbaus

Kriterien	Ist-Zustand	Geplante FPV-Anlagen
Nutzung	In Auskiesung	In Auskiesung
Seefläche [ha]	89,3	89,3
Seevolumen [Mio. m ³]	14,39	14,39
Überdeckung der Seefläche durch die FPV-Anlage	0 %	3,8 % (3,4 ha)
Anlagenbedingte Effekte (Modellberechnung)		
Zirkulationsverhalten	Positiv / zirkuliert	Positiv / zirkuliert
Temperaturhaushalt Epilimnion	Positiv	-0,07* / -0,06** Δ°C
Temperaturhaushalt Hypolimnion	Positiv	-0,22* / -0,3** Δ mg/l O ₂
Sauerstoffhaushalt Epilimnion	Positiv	±0* / -0,01** Δ°C
Sauerstoffhaushalt Hypolimnion	Beeinträchtigt	+0,04* / -0,07** Δ mg/l O ₂
Phosphorhaushalt	Positiv	+0,001* / ±0** Δ mg/IP
Algen (Chlorophyll-a)	Positiv	-0,05* / -0,07** Δ µg/l Chl-a
Cyanobakterien (Chlorophyll-a)	Positiv	Leichter Rückgang
Sichttiefe	Beeinflusst durch die Kiesgewinnung	±0* / ±0** Δ m
Seeverdunstung	seetypisch	Abnahme
Anlagenbedingte Effekte (Modellberechnung & Literaturlauswertung)		
Entwicklung benthischer Cyanobakterien (Aufwuchs auf Schwimmkörpern)	Unerheblich (Modell & Literatur)	Keine Änderung
Entwicklung von Schwachlicht-Cyanobakterien (abgeschatteter Bereich)	Unerheblich (Modell & Literatur)	Keine Änderung
Sekundärbelastungen durch Antifouling, Leaching etc.	Unerheblich (Literatur)	Keine Änderung

* Klimareferenzzeitraum 2009–2022 ** Testreferenzjahre des DWD für zukünftige Klimaveränderungen

Tab. 4: Prognostizierte Auswirkungen nach Einstellung des Kiesabbaus

Kriterien	Ist-Zustand	Geplante FPV-Anlagen
Nutzung	stillgelegt	stillgelegt
Seefläche [ha]	ca. 110	ca. 110
Überdeckung der Seefläche durch die FPV-Anlage	0 %	3,1 % (3,4 ha)
Anlagenbedingte Effekte (Modellberechnung)		
Zirkulationsverhalten	Positiv / zirkuliert	Positiv / zirkuliert
Temperaturhaushalt Epilimnion	Positiv	-0,07* /-0,06** Δ°C
Temperaturhaushalt Hypolimnion	Positiv	-0,22* /-0,3** Δ mg/l O ₂
Sauerstoffhaushalt Epilimnion	Positiv	±0* /-0,01** Δ°C
Sauerstoffhaushalt Hypolimnion	Beeinträchtigt	+0,04* /-0,07** Δ mg/l O ₂
Phosphorhaushalt	Positiv	±0 Δ mg/IP
Algen (Chlorophyll-a)	Positiv	+0,01* /+0,04** Δ µg/l Chl-a
Cyanobakterien (Chlorophyll-a)	Positiv	Leichter Rückgang
Sichttiefe	Positiv (hohe Sichttiefe)	hoch
Seeverdunstung	seetypisch	Abnahme
Anlagenbedingte Effekte (Modellberechnung & Literaturlauswertung)		
Entwicklung benthischer Cyanobakterien (Aufwuchs auf Schwimmkörpern)	Unerheblich (Modell & Literatur)	Keine Änderung
Entwicklung von Schwachlicht- Cyanobakterien (abgeschatteter Bereich)	Unerheblich (Modell & Literatur)	Keine Änderung
Sekundärbelastungen durch Antifouling, Leaching etc.	Unerheblich (Literatur)	Keine Änderung

* Klimareferenzzeitraum 2009–2022 ** Testreferenzjahre des DWD für zukünftige Klimaveränderungen

Als Ergebnis der beiden Variantenprüfungen ist festzustellen, dass für keinen der untersuchten Parameter relevante vorhabensbedingte Verschlechterungen der Gewässerqualität im Modell ausgewiesen wurden. Auch mit nennenswerten Veränderungen infolge des Klimawandels ist nicht zu rechnen.

Auch nach dem Ende der Auskiesung wird der See sowohl bei Solarnutzung als auch ohne diese vollständig zirkulieren. Die geringe Nährstoffbelastung des Sees und der niedrige

Trophiestatus bleiben erhalten, sodass mit einem güterelevanten Anstieg des derzeit schwachen Besiedlungspotentials für Algen und Cyanobakterien nicht zu rechnen ist. Der Sauerstoffhaushalt im tiefen Hypolimnion zeigt allerdings Beeinträchtigungen durch deutliche Sauerstoffverluste während kurzer Zeitabschnitte in der sommerlichen Stagnationsphase. Dieses Phänomen ist bereits im Ist-Zustand vorhanden und erfährt durch die Solarnutzung keine Verstärkung, sodass daraus kein Argument gegen die Installation der FPV-Anlage abgeleitet werden kann.

Während der Auskiesung bleiben die Sichttiefenwerte infolge des Eintrags mineralischer Feinmaterialien auch nach der Teilüberdeckung mit Solarmodulen gering. Nach der Stilllegung des Baggersees werden sich hohe Sichttiefenwerte einstellen, die durch die Errichtung der FPV-Anlage keine Einschränkung erfahren.

Die deutlichste vorhabensbedingte Auswirkung ergibt sich für die Verdunstung über der Seefläche, da mit steigendem Überdeckungsgrad sich die Verdunstung des Seewassers deutlich vermindert. Diese Änderung geht mit einer erhöhten Grundwasserneubildung einher und wird vom Gutachter daher vor dem Hintergrund der künftigen Erwärmung durch den Klimawandel als positiv angesehen.

Auswirkungen durch stoffliche Einträge können aufgrund des zu erwartenden geringfügigen Umfangs sowie der Eigenschaften der eingesetzten Betriebsmittel und der getroffenen Sicherheitsvorkehrungen (s. Kap. 4.8) ausgeschlossen werden. Darüber hinaus kommt das limnologische Gutachten auf der Basis der Literaturlauswertung zu dem Schluss, dass mögliche Auswirkungen durch Leaching (Auswaschung) und Antifouling (Materialbeschichtung) als unerheblich einzustufen sind.

Da keine Auswirkungen auf die Qualität und Quantität des Wassers gegeben sind, sind auch die Bewirtschaftungsziele der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) nicht durch das geplante Vorhaben betroffen. Beeinträchtigungen der chemischen Qualitätskomponenten entstehen durch die zum Anlagenbau verwendeten Materialien nicht. Auch die hydromorphologischen Qualitätskomponenten werden nicht negativ beeinflusst, da aufgrund der Mindestentfernung von 44 m der geplanten Anlage zum Ufer und aufgrund der hohen Wassertiefe unter der Anlage Beeinträchtigung der Unterwasservegetation durch Verschattungseffekte auszuschließen sind. Das Verschlechterungsverbot nach der WRRL wird eingehalten.

Da bisher nur wenige Daten zu den Auswirkungen von FPV-Anlagen vorliegen, ist zur Überwachung der Auswirkungen ein Gewässermonitoring vorgesehen. Dieses Monitoring orientiert sich an den Empfehlungen des LAWA EXPERTENKREIS SEEN (2023) und ist entsprechend der Empfehlungen für eine Dauer von mindestens 2 Jahren nach Errichtung der FPV-Anlage vorgesehen. Der exakte Umfang ist im gesonderten wasserrechtlichen Genehmigungsverfahren zwischen Vorhabensträger und Fachbehörden bzw. Genehmigungsbehörde abzustimmen.

4.4 Schutzgut Klima und Luft

Mit der Errichtung der schwimmenden PV-Anlage wird eine ca. 3,4 ha große Wasserfläche des Baggersees mit technischen Bauten vollständig überdeckt. Das entspricht ca. 3,8 % der Wasserfläche des bestehenden Baggersees.

Eine maßgebliche Änderung des Niederschlagseintrags in den See und der Grundwasserneubildung ist durch die Überdeckung der Wasserfläche auszuschließen. Der überwiegende Teil des Niederschlags wird von den Aufbauten der Anlage in den See abfließen. Bei hohen Temperaturen ist jedoch davon auszugehen, dass ein Teil des Niederschlags vor Erreichen des Seewassers auf den erhitzten Bestandteilen der FPV-Anlage verdunstet. Auf der anderen Seite wird infolge der Verschattung der Wasserfläche durch die Aufbauten die Verdunstung der Seefläche verringert.

Aus der Überdeckung eines Teils der Wasserfläche und der daraus resultierenden Beschattung ergibt sich eine Reduzierung der Wassertemperatur. Mit der Überdeckung der Wasserfläche wird demgegenüber die Windgeschwindigkeit über der Wasseroberfläche verringert, was zu einer Erwärmung des Wassers führt. Das Wasser der durch die PV-Anlage beschatteten Bereiche steht im Austausch mit der offenen Wasserfläche, sodass Auswirkungen der Überdeckung, wie z.B. die Erhöhung der Wassertemperatur durch hydrodynamische Prozesse im See sehr schnell ausgeglichen werden.

Die Gesamtauswirkung auf die klimasteuernden Funktionen des Sees wird bei der geplanten Größe der PV-Anlage als unerheblich eingestuft (s. Anhang 3).

Bioklimatischen Auswirkungen

Die bioklimatischen Auswirkungen können aus dem limnologischen Gutachten (Anhang 3) abgeleitet werden. Die Beschattung der Seefläche führt demnach zu einer Verringerung primärer meteorologischer Wirkgrößen wie der Globalstrahlung, der Windgeschwindigkeiten und der langwellige Rückstrahlung sowie zu einer Erhöhung des Dampfdrucks im Bereich der Anlage. Aufgrund der Kleinflächigkeit der Beschattung sowie aufgrund des weiterhin möglichen Wasseraustauschs zwischen dem verschatteten Bereich und der offenen Wasserfläche ergeben sich jedoch keine relevanten Auswirkungen auf den Temperaturhaushalt und das Schichtungsverhalten des Gesamtgewässers. Die Verdunstung über die Seefläche wird infolge der Teilüberdeckung zurückgehen. Eine Reduzierung der Verdunstung zu einer Erhöhung der Grundwasserneubildung und ist daher vor dem Hintergrund der zukünftigen Erwärmung durch den Klimawandel als positiver Effekt zu werten (s. Kap. 4.3).

Mit einer vorhabensbedingten Beeinträchtigung der bioklimatischen Funktion des bestehenden Sees auf die nächstgelegenen Siedlungsbereiche ist daher nicht zu rechnen.

Vorhabensbedingte Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen

Mit der Errichtung und dem Betrieb der PV-Anlage wird eine erneuerbare Energiequelle nutzbar gemacht und die Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern substituiert. Dadurch trägt das Vorhaben auch zur Reduzierung der CO₂-Emissionen bei, die sonst bei der Nutzung

fossiler Energieträger freigesetzt werden. Darüber hinaus ergeben sich zusätzliche Einspareffekte. Durch die dezentrale Energieproduktion direkt vor Ort beim Abnehmer (Kieswerk, Betonwerk) werden infolge der kurzen Leitungswege Netzverluste minimiert. Des Weiteren entfällt der Transport der fossilen Energieträger zu den Kraftwerken.

Der Ertrag einer FPV-Anlage ist abhängig von Wetter und Einstrahlung, die für die Zukunft nicht genau prognostiziert werden können. Überschlägig lässt sich der Ertrag jedoch anhand von Kenn- und Erfahrungswerten wie folgt vorhersagen:

Die geplante Anlage ist für eine Gesamtleistung von ca. 6 MWp ausgelegt. Nach den Prognosen von Erdgas Südwest wird der 3,7 MWp-Anlagenteil ca. 4,1 Mio. kWh und der 2,3 MWp-Anlagenteil ca. 2,4 Mio. kWh Strom pro Jahr erzeugen. Damit ist eine Produktion von ca. 6.500.000 kWh/a zu erwarten.

Das UMWELTBUNDESAMT (2023) gibt für die spezifische Treibhausgasbilanz von Photovoltaik einen Netto-Vermeidungsfaktor von 684 g CO₂-eq./kWh an. Daraus ergibt sich eine überschlägig ermittelte Reduktion der Treibhausgasemissionen von ca. 4.450 t CO₂-eq. pro Jahr.

Der Betrieb der PV-Anlage trägt daher zu einer deutlichen Verringerung von Treibhausgasemissionen und somit auch zur Minderung des durch die Treibhausgasfreisetzung bedingten Klimawandels bei.

Darüber hinaus sind nach Angaben des limnologischen Gutachtens (Anhang 3) weitere positive Auswirkungen auf den Wasserhaushalt des Baggersees zu erwarten. Als Folge der geplanten Nutzung ergeben sich in Bezug auf die mit der Klimaveränderung zu erwartende künftige Erwärmung positive Effekte, da insbesondere durch die Verschattung eine Verringerung der Wassertemperaturen im See möglich ist. Außerdem gehen die Verdunstungsverluste über die Seeoberfläche zurück, da unter den Überdeckungsbereichen neben dem Rückgang der Sonneneinstrahlung auch die Windgeschwindigkeit abnimmt und gleichzeitig die Luftfeuchte ansteigt.

4.5 Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt

Anhand potenzieller Projektwirkungen werden nachfolgend die Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere und Pflanzen dargestellt. Eine gesonderte artenschutzrechtliche Beurteilung enthält Kapitel 6.

Anlagebedingte Beeinträchtigungen von Wasserpflanzen-Beständen

Die gesonderte Wasserpflanzen-Untersuchung ergab, dass die Wasserpflanzen in dem Baggersee bis zu einer Tiefe von maximal 6,4 m vorkommen (s. Anhang 4). An der westlich der PV-Anlage gelegenen Uferzone liegt die Makrophyten-Tiefengrenze bei 6,1 m. Durch den Mindestabstand der geplanten PV-Anlage von 44 m zum Ufer tritt eine maßgebliche Beschattung der Bestände nicht ein.

Anlagebedingte Beeinträchtigung der Fischfauna

Nach Angaben des Gutachtens wirkt sich die vorhabensbedingte Beschattung der Seefläche unerheblich auf die Fischfauna aus (s. Anhang 4). Zwar reduziert sich durch Lichtverlust die Primär- und damit auch die Sekundärproduktion im See, was wiederum zu einem Rückgang der Fischproduktion führen kann, nach den Berechnungen des limnologischen Gutachtens (s. Anhang 4) hat die geplante FPV-Anlage jedoch keine erheblichen Änderungen auf die Primär- und Sekundärproduktion zur Folge. Außerdem ernährt sich keine der vorhandenen und im See auch natürlich zu erwartenden Fischarten rein planktivor. Zooplanktonverzehrende Jung- und Adultfische (z.B. Rotauge, Rotfeder, Barsch.) haben stets die Möglichkeit ihr Nahrungshabitat im See anzupassen. Die wasserbedeckende Struktur der FPV-Anlage bewirkt bei den Fischen auch kein Ausweich- oder Meideverhalten. Vielmehr stellt die FPV-Anlage einen attraktiven Unterstand dar, der Schutz vor Freißfeinden bietet. Um den Fischen dort attraktive Versteckmöglichkeiten zu bieten, sollen unterhalb der Anlage ca. 5 Fischkörbe installiert werden.

Anlagebedingter Verlust von Brutlebensräumen für Wasservögel durch Kulissenwirkung

Da die artenschutzrechtliche Beurteilung des Vorhabens eine ausführliche Erläuterung zu dieser Projektwirkung enthält, wird darauf verwiesen (s. Kap. 6.2.1). Die Prüfung kommt zum Ergebnis, dass eine maßgebliche Reduzierung von angrenzenden Bruthabitaten (v.a. Blässhuhn, Haubentaucher) durch die geplante FPV-Anlage nicht eintritt.

Anlagebedingter Verlust von Nahrungs- und Ruhehabitaten für Winter- und Rastvögel

Zu diesem Aspekt enthält die artenschutzrechtliche Prüfung im Kap. 6.2.2 ebenfalls eine genaue Darstellung, auf die hier verwiesen wird. Die Beurteilung ergibt, dass das Vorhaben nur eine sehr geringe Auswirkung auf überwinternde und rastende Wasservögel hat.

Anlagebedingte Auswirkungen auf ufernahe Nahrungshabitate für Fledermäuse

Die Eingriffsbeurteilung im Kap. 6.2.3 der artenschutzrechtliche Beurteilung verdeutlicht, dass die Uferzone im Vergleich zur offenen Seefläche eine weitaus größere Insektdichte aufweist und die FPV-Anlage aufgrund der uferfernen Lage den bevorzugten Jagdlebensraum der Fledermäuse nicht beeinträchtigt.

Bau- und Betriebsbedingte Störwirkungen auf die Fauna

Die beim Transportverkehr und bei den Montagearbeiten auf dem Betriebsgelände der Fa. peterbeton auftretenden Schallemissionen sind als vergleichsweise gering einzustufen. Außerdem liegt eine hohe Vorbelastung durch die dortigen Betriebsvorgänge vor. Da die Baumaßnahmen ausschließlich tagsüber stattfinden und keine Beleuchtungsanlagen installiert werden, treten keine störungsrelevanten Lichtemissionen auf.

Das Einbringen der Module über eine Slipstelle auf der Regiefläche der Fa. peterbeton führt nicht zu einer Beeinträchtigung von Wasservögeln, da dort aufgrund der vegetationsarmen Ausprägung keine geeigneten Brutlebensräume vorhanden sind.

Der Großteil der Anlagenkontrolle erfolgt über Fernüberwachung. Regelmäßige Reinigungsarbeiten sind daher nicht erforderlich. Aufgrund des großen Uferabstandes von 44 bis 120 m sind auch bei aufwendigen bzw. länger andauernden Instandsetzungsarbeiten während der Brutzeit keine erheblichen Störungen zu erwarten.

Bei der Verankerung der PV-Anlage ist eine Rammung in den Seegrund erforderlich. Eine Beeinträchtigung der Fische durch die dabei entstehenden Vibrationen und Schallemissionen ist nicht zu erwarten, da diese in Lage sind, auf ruhigere Gewässerbereiche auszuweichen.

Baubedingter Verlust von Lebensräumen auf den Lager- und Montageflächen sowie der Kabeltrasse

Aufgrund der vorhandenen vegetationsarmen Rohböden und der erfolgten Eidechsen-Umsiedlung ist aktuell eine Besiedlung der Regiefläche der Fa. peterbeton durch Vögel, Reptilien und Amphibien nicht gegeben. Außerdem wird die Fläche nur temporär für die Montage der PV-Module genutzt.

Der für die Verlegung der Stromleitung vorgesehene Böschungsbereich zeichnet sich durch das Vorkommen der europarechtlich geschützten Mauereidechse (RL-BW D, RL-D V) aus. Um eine Beeinträchtigung bzw. das Auslösen artenschutzrechtlicher Verbotstatbestände zu vermeiden, findet vor Baubeginn eine Vergrämung der Eidechsen aus dem kleinflächigen bzw. schmalen Eingriffsbereich der Kabeltrasse statt (s. Kap. 6.3.2).

Auswirkungen auf gesetzlich geschützte Biotop

Ein baubedingter Eingriff bei der Errichtung der PV-Anlage in das westlich gelegene gesetzlich geschützte Uferbiotop *Verlandungsbereich und Feldgehölz am Baggersee Kühl östlich Iffezheim* (Nr. 171142163117) findet nicht statt, da die Module per Boot von der Regiefläche der Fa. peterbeton herantransportiert werden. Aufgrund der großen Entfernung zur lichtdurchfluteten Unterwasserböschung (Litoral) ergibt sich auch keine anlagenbedingte Beeinträchtigung der dortigen Wasserpflanzen-Bestände und des faunistischen Lebensraums (Fische, Insekten).

Bei der Verlegung der Stromleitung erfolgt jedoch ein sehr kleinflächiger Eingriff in den Gehölzbestand der Uferzone, der Bestandteil des Biotops *Verlandungsbereich und Feldgehölz am Baggersee Kühl östlich Iffezheim* (Nr. 171142163117) ist. Aufgrund des kleinflächigen bzw. schmalen Eingriffs und der anschließenden Gehölzsukzession tritt eine nachhaltige und erhebliche Beeinträchtigung des Biotops nicht ein.

Auswirkungen auf das FFH-Gebiet

Das am Nordufer sich kleinflächig auf den See erstreckende FFH-Gebiet *Rheinniederung und Hardtebene zwischen Lichtenau und Iffezheim* (Nr. 7114311) befindet sich ca. 900 m von der geplanten PV-Anlage entfernt, sodass eine Beeinträchtigung des Natura 2000-Gebiets durch das Vorhaben ausgeschlossen ist.

Fazit

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich vorhabensbedingt nur sehr geringe bis geringe Auswirkungen ergeben und keine erhebliche Beeinträchtigungen des Schutzguts Tiere und Pflanzen auftreten. Die geplante FPV-Anlage auf dem Baggersee Kühl/Peter führt nicht zu negativen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt. Da es sich bei schwimmenden Photovoltaik-Anlagen um eine neue Anwendung der Energieerzeugung in Deutschland handelt, liegen derzeit noch wenige Untersuchungen zu den Auswirkungen vor. Eine Literaturstudie von SCHLEGEL (2021) sowie eine Internetrecherche ergaben nur wenige Hinweise auf mögliche Auswirkungen auf die Biodiversität. Eine Studie von ROYAL HASKONING DHV (2022) ergab, dass sich die Anzahl der Wasservögel nach Errichtung der Anlage kaum geändert hat. Die Vögel gewöhnen sich an die Anlage, einige Wasservögel (Enten, Möwen) nutzen die FPV-Anlage sogar als Ruheplatz (s. Kap. 6.2.1).

4.6 Schutzgut Landschaft

Im Zuge des Vorhabens wird auf einer offenen Seefläche eine maximal 3,4 ha große PV-Anlage installiert, die max. 3,8 % der aktuellen Wasserfläche einnimmt.

Als technisches bzw. naturfremdes Element in der freien Landschaft beeinträchtigt die geplante PV-Anlage das Landschaftsbild. Aufgrund des großen Grundwasserflurabstandes (Abstand zwischen Wasserfläche und Geländehöhe oberhalb der Abbauböschung) von mehreren Metern und der damit verbundenen tieferen Lage des Baggersees im umgebenen Gelände ist jedoch grundsätzlich eine geringe Einsehbarkeit auf das Gewässer gegeben. Die auf der ehemaligen Abbauböschung im Süden vorhandenen Gehölzbestände verhindern eine Sichtbarkeit der Anlage von der dort verlaufenden Kreisstraße. Eine Wahrnehmbarkeit besteht jedoch an einigen Stellen von der im Osten um den See zum Strandbad verlaufenden Zufahrtstraße. Aufgrund der großen Entfernung wird die PV-Anlage aber nur im Hintergrund bzw. als kleinflächige Ausprägung zu sehen sein (s. Abb. 4 u. 5).

Vom Westufer aus besteht eine Einsehbarkeit auf die Anlage nur von der durchs Gewerbegebiet führenden Zufahrtsstraße zum Kieswerk der Fa. EKS. Die auf der ehemaligen Abbauböschung vorhandenen Gehölze verhindern jedoch einen ungehinderten Blick auf die PV-Anlage (s. Abb. 3). Aufgrund des höherliegenden Standorts oberhalb der Abbauböschung und der geringen Entfernung wird dort die Anlage als größere, seebedeckende Fläche erscheinen (s. Abb. 7).

Eine öffentliche Zugänglichkeit zum tieferliegenden Seeufer mit einer direkten Sicht auf das Gewässer besteht aufgrund der Einzäunung nur im Bereich des am Nordufer gelegenen Strandbads. Von dort wird die geplante PV-Anlage aufgrund der Entfernung nur als kleinflächige Anlage erkennbar sein (s. Abb. 6). Außerdem ragt die PV-Anlage nur ca. 0,9 m über die Gewässeroberfläche, sodass bei einem Blick vom tieferliegenden Ufer aus die Anlage optisch nicht als flächige Ausprägung wirkt und die höher gelegenen Uferbereiche (v.a. Gehölzbestände) weiterhin überwiegend sichtbar sein werden (s. Abb. 8).

Neben der Badenutzung findet am Baggersee in Sandweier auch eine Angelnutzung statt. Eine Zugänglichkeit zum Ufer ist jedoch nur für die Mitglieder des Angelvereins gegeben. Angelplätze befinden sich u.a. am Südufer gegenüber der geplanten PV-Anlage. Weitere Angelstellen erstrecken sich am Südost- und Nordostufer des Gewässers, die jedoch eine größere Entfernung zum Vorhabensbereich aufweisen. Da das Angeln am Südufer in direkter Umgebung stattfindet, ergibt sich eine Seitenansicht auf die Anlage, die visuell die vorgelagerte Wasserfläche bedeckt (s. Abb. 10). Infolge der geringen Höhe von ca. 0.9 m werden jedoch die gegenüberliegenden höheren Uferstrukturen weiterhin erkennbar sein. Das Landschaftsbild wird aufgrund der über den Vorhabensbereich verlaufenden Freileitung als Vorbelastung bereits beeinträchtigt.

Aufgrund der Winkel der PV-Module ist eine Blendwirkung auszuschließen.

Grundsätzlich hängt das Ausmaß, eine PV-Anlage bzw. ein naturfremdes Element in der freien Landschaft als landschaftsbildstörend einzustufen, vom subjektiven Empfinden des Betrachters ab. Die klimaschonende, nachhaltige und unabhängige Art der Energieerzeugung kann jedoch im Zuge einer Abwägung die Akzeptanz einer Landschaftsbildbeeinträchtigung fördern.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die PV-Anlage als technisches Element das Landschaftsbild zwar beeinträchtigt, die Auswirkungen aufgrund der Kleinflächigkeit der Anlage und der eingeschränkten Wahrnehmbarkeit jedoch nicht erheblich sind.



Abb. 4: Blick vom höher gelegenen Südostufer (Mittelfeldstr.) auf den Vorhabensbereich (gelbe Linie)



Abb. 5: Blick vom höher gelegenen Ostufer (Pflugweg) auf den Vorhabensbereich (gelbe Linie)



Abb. 6: Blick vom Strandbad auf den Vorhabensbereich (gelbe Linie)



Abb. 7: Beispielhafte Darstellung zur visuellen Wirkung einer schwimmenden PV-Anlage bei einem erhöhten Standort (Quelle: Zimmermann PV-Floating, www.pv-floating.com/de.)



Abb. 8: Beispielhafte Darstellung zum Umfang der Sichteinschränkung der geplanten PV-Anlage von einem ufernahen Standort aus (Quelle: Zimmermann PV-Floating, www.pv-floating.com/de.)

4.7 Schutzgut Fläche

Die schwimmende Anlage wird eine Größe von ca. 3,4 ha einnehmen. Die Fixierung der PV-Anlage ist durch Verankerung im Seeboden vorgesehen. Je nach Ausprägung des Seebodens kann auch teilweise eine Verankerung am Ufer erforderlich werden. Dies wird in der Verankerungsstudie geprüft. Sollte eine Verankerung am Ufer erforderlich werden, werden Stahlträger in den Uferbereich gerammt, wie in Abbildung 9 dargestellt.

Aus der Nutzung der Seefläche ergeben sich keine relevanten Änderungen der gewässerökologischen und limnologischen Verhältnisse (s. Kap. 2.6). Auch ein Verlust an nutzbarer Wasserfläche für die Freizeitnutzung ist mit dem Vorhaben nicht verbunden. Die Freizeitnutzung ist ca. 650 m nordöstlich des geplanten Anlagenstandorts, auf den dem Strandbad vorgelagerten Seebereich beschränkt.

Die Montage der PV-Anlage erfolgt über einen Zeitraum von ca. drei Monaten auf den Betriebsfläche der Fa. peterbeton. Der Flächenbedarf für die temporäre Zwischenlagerung der Bauteile und die Montage beträgt ca. 1 ha. Dabei werden ausschließlich bereits anthropogen überprägte Flächen beansprucht, die bisher als Lager- und Regieflächen durch den Kieswerksbetrieb genutzt werden. Darüber hinaus handelt es sich hierbei um einen Teil der genehmigten Abbaufäche. Natürlich gewachsene Böden sind nicht betroffen. Eine Flächenversiegelung findet nicht statt. Nach der zeitlich begrenzten Montagephase stehen die Flächen der Fa. peterbeton wieder für den Betrieb bzw. für den späteren Abbau zur Verfügung



Abb. 9: Beispieldarstellung einer Verankerung am Ufer (Quelle: Erdgas Südwest)

Eine Errichtung von ortsfesten Anlagen im terrestrischen Bereich ist nicht vorgesehen. Gegebenenfalls wird ein mobiler Lagercontainer vor Ort errichtet.

Ein Ausbau oder eine Befestigung von Zufahrtswegen ist nicht erforderlich. Für die Anlieferung sowie den Zugang für Wartungsarbeiten können die bestehenden Wege und Straßen des Kieswerks genutzt werden.

Bei der Verlegung der Stromkabel wird zu Befestigung der Kabel ein ca. 1,0 m x 2,0 m großes Fundament im Uferbereich errichtet. Dadurch kommt es zu einer Versiegelung von ca. 2,0 m². Für diesen geringfügigen Eingriff in den Gewässerrandstreifen wird eine Befreiung von den Verboten nach § 38 WHG, Abs. 5 beantragt.

Die weitere Verlegung der Kabel führt zuerst durch nicht versiegelten Bereich entlang der Uferböschungen. Sie erfolgt entweder mittels Kabelpflug oder in offener Bauweise. Diese linienhaften Eingriffe sind nur mit einer geringen Störung der Bodenverhältnisse verbunden. Bei offener Bauweise wird der ausgehobene Boden anschließend wieder eingebaut, wodurch es maximal zu einer Störung der Horizontabfolge und zur erhöhten Dichtlagerung des Bodens kommen kann. Diese möglichen Störungen sind jedoch auf eine kleine Fläche beschränkt und nicht mit der Beeinträchtigung einer Versiegelung vergleichbar. Sofern ein Kabelpflug eingesetzt wird, werden diese Beeinträchtigungen weitgehend vermieden. Mit dem Kabelpflug wird der Boden nur angeschnitten, angehoben und nach Einbringung des Kabels wieder abgelegt ohne die Horizontabfolge zu verändern oder die Lagerungsdichte maßgeblich zu beeinträchtigen.

Zusammenfassend betrachtet führt das Vorhaben zur Versiegelung einer Fläche von ca. 2,0 m². Die sich daraus ergebenden Verluste oder Beeinträchtigungen von Funktionen im Naturhaushalt sind aufgrund der geringen Flächengröße vernachlässigbar. Insofern kann keine relevante vorhabensbedingte Beeinträchtigung des Schutzgutes Fläche festgestellt werden.

4.8 Schutzgut Mensch

Die PV-Anlage wird in Nachbarschaft zu Bereichen errichtet, die für den Menschen bedeutende Funktionen im Hinblick auf Arbeit und Erholung einnehmen. Aufgrund der räumlichen Nähe von Arbeitsbereichen des Kieswerks sowie der Freizeitnutzungen stehen die Vorkehrungen zum Schutz der Sicherheit und Gesundheit des Menschen im Vordergrund der nachfolgenden Eingriffsbewertung.

Eine ausführliche Beschreibung der Anlagenkomponenten und der zum Einsatz kommenden Materialien kann dem Anhang 1 entnommen werden.

Auswirkungen auf den Kieswerksbetrieb

Im südwestlichen Seebereich, in dem die FPV-Anlage errichtet werden soll, ist sowohl die Rohstoffgewinnung als auch die Rekultivierung abgeschlossen.

Der Kiesabbau der Fa. EKS und der Fa. peterbeton und die im Zusammenhang mit dem Kiesabbau erforderliche Umsetzung von Rekultivierungsmaßnahmen können parallel zum Betrieb der geplanten FPV-Anlage weiterhin erfolgen, ohne dass es zu einer gegenseitigen Beeinträchtigung kommt.

Auswirkungen auf die weiteren Nutzungen am See

Durch eine geringe landseitige Flächenbelegung auf einer bereits überprägten Fläche (Nutzung der Regiefläche der Fa. peterbeton als Montage und Lagerfläche) insbesondere aber auch durch die Lage im Freiwasserbereich werden grundlegende Nutzungskonflikte mit den Freizeitnutzungen und sonstigen Nutzungen im Uferbereich vermieden.

Beeinträchtigungen des Freizeitbetriebs im Strandbad Sandweier können aufgrund der großen Entfernung von mindestens 650 m zu geplanten FPV-Anlage sicher ausgeschlossen werden.

Die Angelstandorte entlang des Süd- und Westufers können weiterhin durch den Angelsportverein 1966 Sandweier e.V. genutzt werden. Die schwimmende Anlage nähert sich maximal bis auf 44 m dem Ufer an. In den terrestrischen Uferbereich wird nur kurzzeitig und kleinflächig bei der Verlegung des Kabels und von der FPV-Anlage zu den Einspeisepunkten eingegriffen. Der Angelsportverein ist über das Vorhaben informiert.

Der Anlagenstandort wird von der 380-kV-Gemeinschaftsleitung *Kühmoos-Daxlanden* der TransnetBW GmbH gequert. Die während der jetzt abgeschlossenen Rohstoffgewinnung im Bereich der Freileitung eingesetzten Schwimmbagger haben nach betrieblichen Angaben eine Höhe von bis zu ca. 19,5 m über dem Wasserspiegel erreicht. Bei diesen Arbeiten wurde der erforderliche Sicherheitsabstand zu den Leiterseilen eingehalten. Daher kann davon ausgegangen werden, dass auch beim Einsatz eines Rammbootes zum Setzen der Anker, dessen Aufbauten eine Höhe von ca. 14 m erreichen, die Sicherheitsabstände zu den Leiterseilen sicher eingehalten werden können. Der Betrieb der Freileitung wird durch die geplante FPV-Anlage nicht beeinträchtigt. Erforderliche Wartungsarbeiten, wie bspw. der Austausch von Leiterseilen sind weiterhin möglich.

Wartungs-, Unterhaltungs-, und Reinigungsmaßnahmen

Zur Sicherstellung des einwandfreien Betriebs wird eine ständige Fernüberwachung der schwimmenden Photovoltaikanlage eingerichtet. Die Überwachung erfolgt sowohl durch den Netzbetreiber als auch durch die Anlagenbetreiberinnen. Bei Fehlermeldungen wird der Fehler analysiert und umgehend Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung eingeleitet. Schutzrichtungen wie Leistungsschalter oder NA-Schutz trennen bei Bedarf die Anlage vom Trafo bzw. vom Netz.

Zur Kontrolle des technisch einwandfreien Zustands der Anlage wird die Fernüberwachung durch regelmäßige Wartungen der Anlage ergänzt. Dabei erfolgt eine Sichtprüfung auf Defekte, Verschattung, Korrosion und Funktionsfähigkeit der PV-Anlage sowie eine elektrische Funktionsprüfung mit Messung der Strangströme sowie Prüfung der Steckverbindungen und Befestigungssysteme.

Alle Betriebs- und Inspektionsarbeiten können bei Tageslicht durchgeführt werden, daher ist keine Nachtbeleuchtung der Anlage vorgesehen. Sollte bei Dunkelheit ein Notfalleinsatz notwendig werden, kann mit mobiler Beleuchtung für ausreichend Arbeitssicherheit gesorgt werden.

Photovoltaikanlagen werden in unseren Breitengraden im Allgemeinen nicht gereinigt. Bei der geplanten Modulneigung von 12° reichen die natürlichen Niederschläge in der Regel aus, um etwaige Verschmutzungen abzuspuhlen. Sollte doch eine Reinigung notwendig sein, kann normales pH-neutrales Wasser verwendet werden. Besonders hartnäckige Verunreinigungen, wie beispielsweise Vogelkot, werden durch sanfte mechanische Reinigung entfernt. Die Verwendung von chemischen Reinigungssubstanzen wird in den Garantiebedingungen der Photovoltaikmodulhersteller explizit ausgeschlossen.

Vorkehrungen für den Havariefall sowie gegen Feuer, Stromschlag und Vandalismus

Die der FPV-Anlage nächstgelegenen Uferbereiche sind nicht offen zugänglich. Das nordwestliche und das südwestliche Ufer sind durch einen Zaun und dichtbewachsene Böschungen gegen unbefugten Zutritt gesichert. Auf den entlang des Ufers verlaufenden Weg gelangt man nur über die Betriebsflächen der Fa. EKS bzw. der peterbeton Rudolf Peter GmbH & Co. KG.

Zusätzlich werden rings um die schwimmende Anlage Schilder mit Warnhinweisen montiert, um Badende davon abzuhalten, zur Anlage zu schwimmen und die Insel zu betreten. Der als Badegewässer genutzte Teil des Sees (Strandbad Sandweier) liegt in einer Entfernung von ca. 650 m zum geplanten Standort der FPV-Anlage. Der Sicherheitsabstand zu den zulässigen Freizeitnutzungen am See wird als ausreichend groß erachtet.

Zum Schutz von Personen sind an der FPV-Anlage zahlreiche Schutzmaßnahmen, insbesondere gegen elektrische Fehlfunktionen und Stromschlag vorgesehen. Diese werden im wasserrechtlichen Antrag zur Errichtung der Anlage ausführlich beschrieben.

Durch die Nutzung stabiler und beständiger Anlagenbestandteile (siehe Anhang 1) bei gleichzeitiger Verwendung zahlreicher Schwimmkörper ist die Anlage gegen ein Absinken auch bei Leckage einzelner Module gesichert. Dadurch kann der Eintritt größerer Schäden und eine Gefährdung von Mensch und Umwelt wirksam vorgebeugt werden.

Freisetzung von wasser- oder gesundheitsgefährdenden Stoffen

Bei der geplanten FPV-Anlage handelt es sich mit Ausnahme des Transformatorenöls um eine betriebsmittelfreie Kraftanlage. Reinigungsmittel, Schmiermittel oder andere wassergefährdende Stoffe werden nicht eingesetzt. Als Transformatorenöl wird ein pflanzenölbasiertes Transformatorenöl (MIDEL eN 1204 oder vergleichbares Produkt), welches leicht biologisch abbaubar ist und als nicht toxisch für Wasserorganismen eingestuft wird, genutzt (s. Anhang 2). Zur Vermeidung einer Gewässergefährdung durch Eintrag des Öls werden konstruktive Maßnahmen ergriffen, mit denen ein Eintrag des Öls in das Gewässer auch bei unvorhergesehenen Vorkommnissen unterbunden werden kann.

Mit einem relevanten Eintrag von Stoffen aus den Anlagenbauteilen in den See ist ebenfalls nicht zu rechnen. Durch die Wahl geeigneter Materialien, durch den Einsatz möglichst stabiler, langlebiger und schadstofffreier Bauteile, durch eine Konstruktion, die die mechanische Beanspruchung minimiert sowie durch regelmäßige Kontrollen und den schnellen Austausch schadhafter Bauteile kann eine Freisetzung von Mikroplastik oder Schwermetallen praktisch ausgeschlossen werden. Module, die per- und polyfluorierte Chemikalien (PFAS oder PFC) enthalten, werden nicht verbaut.

Bei der Errichtung und im Betrieb der PV-Anlage entstehen keine Abwässer, die in den See geleitet werden.

Fazit

Mit relevanten vorhabensbedingten Beeinträchtigungen der Freizeitnutzung oder des Kieswerksbetriebs ist nicht zu rechnen. Einer Gefährdung der menschlichen Sicherheit und Gesundheit wird durch zahlreiche Vorkehrungen, durch das Anlagendesign sowie durch die Auswahl geeigneter Materialien begegnet.

Insgesamt sind keine maßgeblich negativen Auswirkungen auf das Schutzgut Mensch und die menschliche Gesundheit zu besorgen.

4.9 Schutzgut Kultur- und Sachgüter

Da keine Kulturgüter im Vorhabensbereich existieren, findet keine entsprechende Beanspruchung statt.

Sollten bei der Durchführung der Erdarbeiten wider Erwarten archäologische Funde oder Flurdenkmale entdeckt werden, werden diese der zuständigen Denkmalschutzbehörde umgehend gemeldet.

Der Betrieb der 380-kV-Gemeinschafts-Leitung *Kühmoos-Daxlanden* der TransnetBW GmbH wird durch die geplante FPV-Anlage nicht beeinträchtigt. Erforderliche Wartungsarbeiten, wie bspw. der Austausch von Leiterseilen sind weiterhin möglich.

Die während der abgeschlossenen Rohstoffgewinnung im Bereich der Freileitung eingesetzten Schwimmbagger weisen nach betrieblichen Angaben eine Höhe von bis zu ca. 19,5 m über dem Wasserspiegel auf. Bei diesen Arbeiten wurde der erforderliche Sicherheitsabstand zu den Leiterseilen eingehalten. Daher kann davon ausgegangen werden, dass auch beim Einsatz eines Rammbootes zum Setzen der Anker, dessen Aufbauten eine Höhe von ca. 14 m erreichen, die Sicherheitsabstände zu den Leiterseilen sicher eingehalten werden.

Nach Festlegung des genauen Verlaufs der Stromleitung wird vor Beginn der Bauarbeiten eine Leitungsrecherche durchgeführt. Dadurch können die bestehenden Leitungen bei Verlegung der Kabeltrasse berücksichtigt und die Arbeiten ohne Beeinträchtigung bestehender Versorgungsleitungen durchgeführt werden.

Eine Beeinträchtigung von Sachgütern ist mit dem geplanten Vorhaben nicht verbunden.

4.10 Wechselwirkungen zwischen den Schutzgütern

Über die direkten vorhabensbedingten Auswirkungen auf die genannten Schutzgüter hinaus, können zusätzliche Effekte infolge von Wechselwirkungen zwischen den Einzelschutzgütern entstehen. So besteht beispielsweise die Möglichkeit, dass eine FPV-Anlage den Temperaturhaushalt des Gewässers maßgeblich verändert, was wiederum Auswirkungen auf den aquatischen Lebensraum und damit auf das Schutzgut Tiere und Pflanzen haben kann.

Im vorliegenden Fall ergeben sich, wie in den vorausgegangenen Kapiteln ausgeführt, jedoch nur geringfügige Auswirkungen auf die einzelnen Schutzgüter. Diese geringfügigen Auswirkungen sind nicht geeignet, um Wechselwirkungen mit erheblichen Umweltauswirkungen hervorzurufen.

5 Kumulative Wirkungen

Unter kumulativen Wirkungen werden Wirkungen verstanden, die durch mehrere Projekte bzw. Eingriffe verursacht werden (s. SIEDENTOP 2001). So können einzelne Vorhaben für sich genommen mit nicht erheblichen Beeinträchtigungen einhergehen, aber zusammen mit anderen Projekten negative Auswirkungen auslösen. Die Beeinträchtigungsfaktoren entfalten entweder eine summative Wirksamkeit (z.B. summierter Flächenverlust) oder eine synergetische Wirksamkeit. Bei der letzteren ergeben sich durch das Zusammentreffen mehrerer Projekte negative Auswirkungen, die die Summe der Effekte bei getrennter Betrachtung der Einzelprojekte übertreffen.

Zu den Vorhaben, die möglicherweise zu kumulativen Wirkungen mit der beantragten PV-Anlage führen können, gehören die im Jahr 2019 genehmigte Abbauerweiterung *Forlenspitzen* der Fa. EKS, die zu einer Vergrößerung der Baggerseeefläche um 18,3 ha nach Norden führt, sowie die genehmigten und beantragten Abbauvorhaben der Fa. peterbeton. Das dem geplanten Standort der FPV-Anlage nächstgelegene Vorhaben der Fa. peterbeton ist die Rohstoffgewinnung im Bereich der Regiefläche.

Die obige Umweltprüfung zur geplanten FPV-Anlage kommt zu dem Ergebnis, dass bei den Schutzgütern Mensch, Fläche, Boden, Klima, Wasser und Sachgüter jeweils nur sehr geringe oder geringe Auswirkungen auftreten. Auch beim Schutzgut Tiere und Pflanzen sind

die Auswirkungen durch die geplante PV-Anlage sehr gering, die sich vor allem auf die Fischfauna und Wasservögel (v.a. Haubentaucher) erstrecken. Somit ergeben sich für diese Tiergruppen keine erheblichen Beeinträchtigungen durch kumulative Wirkungen. Vielmehr führt die Abbauerweiterung zu einer Vergrößerung des Seekörpers, die die Bedeckung des Gewässers durch die PV-Anlage und die damit verbundenen sehr geringen Auswirkungen auf Fische und fischjagende Haubentaucher ausgleicht.

Beim Schutzgut Landschaft ergibt sich infolge einer Erweiterung des Nassabbaus eine grundlegende Veränderung des Landschaftsbildes, da ein terrestrischer Landschaftsausschnitt in einem aquatischen Lebensraum umgewandelt wird. Aufgrund des stellenweise mit Schilfröhrichten und Gehölzen entlang der Ufer besitzt der Baggersee in Sandweier mittlerweile zumindest teilweise den visuellen Charakter eines naturnahen Biotops. Nach Beendigung der geplanten Abbauerweiterungen und der erforderlichen Rekultivierungsmaßnahmen wird sich eine vergleichbare naturnahe Ausprägung auch an den neu entstandenen Uferzonen einstellen. Der Flächenanteil der PV-Anlage an dem See wird sich verkleinern. Eine erhebliche Beeinträchtigung des Schutzguts Landschaft unter Berücksichtigung aller Vorhaben an dem Baggersee Sandweier ist insgesamt nicht zu erwarten.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass das PV-Vorhaben für die obengenannten Schutzgüter selbst zuzüglich des Abbauvorhabens keine erheblichen Beeinträchtigungen zur Folge hat. Hierbei ist insbesondere zu berücksichtigen, dass die temporären Montage- und Lagerflächen, die zur Errichtung der FPV-Anlage benötigt werden, auf einer genehmigten Abbaufläche der Fa. peterbeton liegt. Da dieser Bereich bereits beräumt ist, resultieren aus der zeitlich begrenzten Nutzung als Montagefläche praktisch keine zusätzlichen vorhabensbedingten Beeinträchtigungen im terrestrischen Bereich.

Darüber hinaus erstreckt sich der weitere Vorhabensbereich der FPV-Anlage auf die offenen Wasserflächen des bestehenden Baggersees während durch das Abbauvorhaben überwiegend terrestrische Flächen betroffen sind. Daher sind mögliche Auswirkungen des FPV-Vorhabens auf den bestehenden Baggersee begrenzt und führen nicht zu synergetischen Effekten mit dem Abbauvorhaben.

6 Artenschutzrechtliche Beurteilung

6.1 Methoden

In diesem Kapitel wird beurteilt, ob durch das Vorhaben die artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände des § 44 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) ausgelöst werden. Prüfungsrelevant sind die europarechtlich geschützten Arten, zu denen alle heimischen Vogelarten sowie die FFH-Anhang IV-Arten gehören.

Die Festlegung, welche europarechtlich geschützten Arten oder Artengruppen bei einem Eingriffsprojekt untersucht werden, orientiert sich grundsätzlich an ein mögliches Vorkommen unter Berücksichtigung der vorhandenen Lebensraumausstattung sowie an die vorhabensspezifischen potenziellen Projektwirkungen.

Anlagebedingte Auswirkungen

Aufgrund der Lage der geplanten schwimmenden PV-Anlage auf einer Seefläche mit einem Mindestabstand zum Ufer von hier mehr als 44 m erfolgt keine Beanspruchung von terrestrischen und aquatischen Vegetationsbeständen. Ein direkter Eingriff in faunistische Lebensräume mit dessen Fortpflanzungs- und Ruhestätten findet somit an und auf dem See nicht statt. Durch mögliche Kulissenwirkungen der Anlage und ein entsprechendes Meide- und Ausweichverhalten der im Umfeld lebenden Tiere könnte dagegen ein indirekter Verlust von Fortpflanzungs- und Ruhestätten und somit ein Auslösen des Verbotstatbestands der Beschädigung des 44 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG eintreten. Derartige anlagebedingte Auswirkungen sind bei den im Umfeld einer schwimmenden PV-Anlage vorkommenden Kleinvögeln, Amphibien, Reptilien und anderen prüfungsrelevanten Tierarten aufgrund des Abstandes zum Ufer jedoch nicht zu erwarten. Europarechtlich geschützte Fischarten kommen aufgrund deren Habitatansprüche und deren landesweiten Verbreitungssituation in einem Baggersee nicht vor und wurden auch nicht nachgewiesen (s. auch Fischgutachten, Teil IV des Antrags).

Kulissenwirkungen der geplanten PV-Anlage sind jedoch bei den schwimmenden Wasservögeln (Lappentaucher, Entenvogel, Rallen, Kormorane) möglich, von denen einige Arten auch die uferfernen Seebereiche zur Nahrungssuche nutzen. Für die artenschutzrechtliche Beurteilung des Vorhabens wurde daher deren Vorkommen auf dem Baggersee untersucht. Zum einen erfolgte eine Erfassung brütender Wasservögel und deren Reviere an sechs Terminen von März bis Juni 2023 (16.03.23, 28.03.23, 15.04.23, 24.04.23, 11.05.23, 24.05.23, 07.06.23) unter Berücksichtigung von SÜDBECK et al. (2005). Um Brutvorkommen im Bereich der PV-Anlage in Bezug zum Gesamtbestand auf dem Baggersee einordnen zu können, wurden die brütenden Wasservögel auf dem gesamten Gewässer kartiert.

Neben den Brutvögeln wurde eine regelmäßige Erfassung der überwinterten und rastenden Wasservögel auf dem gesamten See durchgeführt. Dazu fand von November 2022 bis zum April 2023 eine zweimalige Begehung pro Monat statt. Dabei wurde das gesamte Gewässer mittels Fernglas und Spektiv abgesehen. Die insgesamt 12 Termine erfolgten am 10.11.22, 25.11.22, 06.12.22, 20.12.22, 10.01.23, 24.01.23, 09.02.23, 02.03.23, 16.03.23, 28.03.23, 15.04.23, 24.04.23.

Da die während eines Winterhalbjahrs erhobenen Zählergebnisse ggf. von Witterungsverlauf beeinflusst werden können, erfolgte bei der Ornithologischen Gesellschaft Baden-Württemberg e.V. (OGBW) eine Anfrage zu vorhandenen Daten überwinternder und rastender Wasservögel aus den zwei vorherigen Winterperioden 2020/21 und 2021/22. Diese Zählungen fanden i.d.R. jeweils einmal monatlich von Oktober bis März statt.

Da bei den Fledermäusen aufgrund des Uferabstandes keine anlagebedingte Beanspruchung von Quartieren (Bäume, Gebäude) eintritt, werden die Auswirkungen auf mögliche ufernahe Nahrungshabitate ohne eine Erfassung der Tiergruppe beurteilt.

Bau- und betriebsbedingte Auswirkungen

Der Aufbau der Anlage erfolgt außerhalb des Sees auf die östlich angrenzende Betriebsfläche („Regiefläche“) des Kieswerks der peterbeton Rudolf Peter GmbH & Co. KG (s. Anlage 1). für die mittlerweile eine wasserrechtliche Planfeststellung zum Abbau vom 18.10.2021 vorliegt. Zur Vorbereitung des Abbaus der für das PV-Vorhaben vorgesehenen Fläche erfolgte im Frühjahr 2023 eine Umsiedlung der dort vorhandenen Mauer- und Zauneidechsen gemäß Genehmigung, sodass eine Betroffenheit dieser Arten auch für das PV-Vorhaben nicht vorliegt. Trotz des generell geringen Besiedlungspotenzials dieser vegetationsarmen Rohbodenfläche erfolgte eine Erfassung der Brutvögel und Amphibien an drei Terminen (11.05.23, 24.05.23, 07.06.23).

Ein Teil der Kabeltrasse befinden sich im Bereich der mit Gehölzen bestandenen ehemaligen Abbauböschung. Für die artenschutzrechtliche Beurteilung der temporären Eingriffsbereiche erfolgte am 15.04.23, 24.04.23 und 11.05.23 eine Erfassung der Vögel, Reptilien und des Quartierpotenzials für Fledermäuse.

Die Bewertung von potenziellen bau- und betriebsbedingten Störwirkungen (Schall, Licht, Mensch) auf andere europarechtlich geschützte und störungsempfindliche Tierarten (v.a. Fledermäuse) erfolgt ohne Berücksichtigung eines kartierten Vorkommens.

6.2 Anlagebedingte Auswirkungen

In diesem Kapitel wird geprüft, ob durch Kulissenwirkungen ein indirekter Verlust von Fortpflanzungs- und Ruhestätten vorkommender Wasservogelarten eintritt und somit das Beschädigungsverbot des § 44 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG ausgelöst wird.

6.2.1 Brutvögel

Bestandserfassung

Im Rahmen der Wasservogel-Untersuchung wurden auf dem gesamten Baggersee vier Brutvogelarten (Arten mit Brutnachweis u. –verdacht) festgestellt (s. Tab. 5). Von diesen stellt

die Stockente (RL-BW V) eine wertgebende Arten dar, von der ein jungführendes Weibchen beobachtet wurde. Aufgrund der eher versteckten Bruthabitate ist die Anzahl erfasster Brutpaare der Stockente ggf. unterrepräsentiert.

Tab. 5: Ergebnis der Wasservogelkartierung während der Brutperiode 2023

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	RL-BW	RL-D	Artenschutz	Status
Kormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>			§	N
Haubentaucher	<i>Podiceps cristatus</i>			§	B
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	V		§	B
Blässhuhn	<i>Fulica atra</i>			§	B
Graugans	<i>Anser anser</i>			§	B
Nilgans	<i>Alopochen aegyptiaca</i>			§	N

Rote-Liste-Status: RL-BW = Rote Liste Baden-Württemberg, Stand 2019 (KRAMER et al. 2022), RL-D = Rote Liste Deutschland, Stand 2020 (RYS LAVY et al. 2020), 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Art der Vorwarnliste; n.b = nicht bewertet; Artenschutz: § = besonders geschützt gem. BArtSchVO, §§ = streng geschützt gem. BArtSchVO, alle heimische Vogelarten sind europarechtlich geschützt; Status der Vögel: B = Brutvogel (Brutnachweis), b = Vogel mit Brutverdacht, N = Nahrungsgast, Dz = Durchzügler

Im Untersuchungsjahr befanden sich 16 Reviere des Blässhuhns auf dem Baggersee (s. Anlage 2). Der Schwerpunkt der Brutlebensräume befand sich im südwestlichen Teil des Gewässers, dort wo sich der geplante Standort der PV-Anlage befindet. Das konzentrierte Vorkommen der Reviere ist auf den dort hohen Anteil einer älteren Verlandungszone mit Röhrichen und Weidengebüsch zurückzuführen. Die übrigen Seebereiche zeichnen sich durch junge und mittelalte Uferzonen mit einem geringen Angebot an einer Ufervegetation aus (s. Anlage 2).

Der Bestand des Haubentauchers setzte sich aus 3-4 Brutpaaren zusammen, die sich auf dem gesamten See verteilten. Es wurden zwei konkrete Brutreviere anhand von Neststandorten festgestellt. Ein Revierzentrum befand sich am Südwestufer und somit im Umfeld der geplanten PV-Anlage.

Von der Graugans wurde eine jungführende Familie am Südostufer des Baggersees festgestellt.

Im Allgemeinen ist das Artenspektrum brütender Wasservögel und die Anzahl und Verteilung der Brutreviere an einem See in erster Linie von dem Angebot potenziell geeigneter Nisthabitate abhängig. Die Ansprüche an einem Brutlebensraum sind dabei artspezifisch. Für Haubentaucher und Blässhühner sind vor allem Schilfröhrichte und insbesondere Uferabschnitte mit überhängenden und ins Wasser ragenden Gehölzen bedeutsam, an denen die Nester zum Schutz vor Prädatoren uferfern bzw. über/auf Wasserhöhe angelegt werden (s. Abb. 10). Nester der Teichhühner können sich darüber hinaus auch abseits des Wassers und in Gehölzbeständen befinden. Geringe Ansprüche an einem Brutlebensraum stellen Stockenten, die neben Verlandungszone von Seen auch wasserlose Standorte wie z.B.

Waldschonungen, Brachen, Getreidefelder zur Anlage der Nester nutzen. Die Neststandorte der Nilgans sind sehr vielseitig (am Boden, in Erdlöchern, Schwimmbagger, Baumhöhlen, größere Baumnester).



Abb. 10: Beispielhafte Ausprägung von uferfernen Neststandorten des Haubentauchers (links) und Blässhuhn (rechts) auf einem Baggersee

Der Baggersee bei Sandweier zeichnet sich vor allem am Südwestufer und Nordwestufer durch ältere Uferzonen mit einer entsprechend ausgeprägten Vegetation aus. Von naturschutzfachlicher Bedeutung sind vor allem eine strukturreiche Verlandungsvegetation mit Schilfröhricht-Bestände, die geeignete Brutlebensräume für u.a. Haubentaucher und Blässhuhn bieten (s. Anlage 3). Ins Wasser ragende Gehölzstrukturen, die für Haubentaucher und Blässhuhn geschützte Nisthabitate darstellen, kommen am Gewässer vor allem am Südwestufer bzw. im Umfeld der geplanten PV-Anlage vor. Bei den übrigen Uferzonen am See (Nordostufer, Ostufer, Südostufer) handelt es sich aufgrund von Abbautätigkeiten überwiegend um sehr junge bis mittelalte Ausprägungen (s. Anlage 3). Schilfröhrichte oder Gehölzbestände sind dort kaum vorhanden. Dementsprechend wurden dort nur vergleichsweise wenige Brutreviere festgestellt.

Neben dem Angebot grundsätzlich geeigneter Niststrukturen stellt ein geringes Störpotenzial ein weiteres Kriterium für eine Ansiedlung dar. Auf dem Baggersee in Sandweier liegt

v.a. im Bereich von Angelstellen ein höheres Störpotenzial vor. Die Angelstandorte befinden sich am Südwestufer gegenüber der geplanten PV-Anlage und im Osten des Gewässers. Trotz der Angelnutzung im Südwesten kommen dort einige Brutpaare vor.

Andere charakteristische Wasservogelarten größerer Stillgewässer, wie z.B. Teichhuhn (RL-BW 3), Höckerschwan, Reiherente und Zwergtaucher, wurden auf dem Baggersee in Sandweier als Brutvögel nicht festgestellt.

Artenschutzrechtliche Beurteilung

Als beurteilungsrelevante Entfernung werden diejenigen Brutlebensreviere auf dem Baggersee berücksichtigt, die bis zu 100 m zum Außenrand der geplanten PV-Anlage entfernt liegen. In dieser relevanten Nähe befanden sich neun Wasservogelreviere (7 x Blässhuhn, 1 x Haubentaucher, 1 x Stockente) (s. Anlage 3). Die Entfernungen der Anlage diesen Revieren lagen zwischen 46 m und 100 m.

Aufgrund der geringen Höhe der PV-Anlage (ca. 0,9 m über der Wasserfläche) tritt keine direkte visuelle Kulissenwirkung und ein entsprechendes Ausweich- und Meideverhalten ein (s. Abb. 11). Dieses verdeutlichen auch die Ergebnisse einer Studie aus den Niederlanden zu den Auswirkungen einer schwimmenden PV-Anlage (ROYAL HASKONING DHV 2022). Danach hielten sich Wasservögel im Umfeld der Anlage auf, Enten nutzten diese auch als Ruheplatz (s. Abb. 12 u. 13).

Somit steht den Wasservögeln der verbleibende Gewässerbereich zwischen Ufer und der Anlage weiterhin als Lebensraum zur Verfügung. Aufgrund der Winkel der PV-Module kann eine Blendwirkung auf die Vögel ausgeschlossen werden.

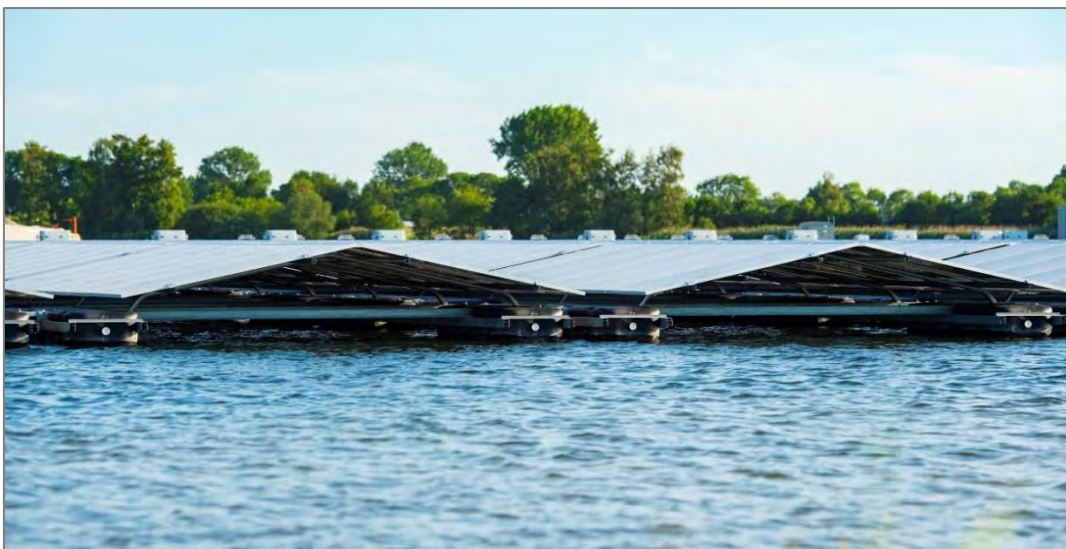


Abb. 11: Beispielhafte Darstellung zur visuellen Wahrnehmung der geplanten PV-Anlage aus Sicht eines schwimmenden Wasservogels (Quelle: Zimmermann PV-Floating, www.pv-floating.com.de.)



Abb. 12: Gänse im Umfeld einer PV-Anlage (Quelle: ROYAL HASKONING DHV 2022)



Abb. 13: Ruhende Enten auf einer PV-Anlage (Quelle: ROYAL HASKONING DHV 2022)

Grundsätzlich kann eine PV-Anlage in Abhängigkeit von deren Lage und Form jedoch ufernahe Seebereiche vom übrigen Gewässer so abtrennen, dass im Rahmen einer indirekten Kulissenwirkung eine Verkleinerung des von den Wasservögeln besiedelten Seeabschnitts eintritt. Liegt dennoch weiterhin ein für die jeweilige Wasservogelart ausreichend großer Gewässerbereich zwischen Ufer und Anlage vor, ist mit keinem vorhabensbedingten Verlust eines Brutlebensraumes zu rechnen.

Das Blässhuhn besiedelt nach HÖLZINGER & BOSCHERT (2001) Gewässer mit einer freien Wasserfläche von mindestens 0,1 ha. Bei den sieben Revierstandorten innerhalb des 100 m-Bereichs der geplanten PV-Anlage in Sandweier verbleibt eine Wasserfläche von ca. 3,3 ha zwischen Westufer und der Anlage. Somit ist davon auszugehen, dass die Blässhühner die sieben aktuellen Brutlebensräume in Nähe der PV-Anlage auch weiter besiedeln werden und kein Meideverhalten durch indirekten Kulisseneffekt eintritt.

Vom Haubentraucher wurde im relevanten 100 m-Bereich ein vermuteter Neststandort um die geplante PV-Anlage festgestellt. Für die Art geben SÜDBECK et al. (2005) besiedelte Stillgewässergrößen ab 1 ha, oft jedoch größer 5 ha an. Aufgrund der Lage und Ausdehnung der Anlage wird das Revierzentrum fast vollständig vom übrigen See abgetrennt (s. Anlage 3). Es verbleibt eine Wasserfläche um den dortigen Brutlebensraum mit einer Größe von 3,3 ha, sodass dort weiterhin ein potenzielles Bruthabitat zur Verfügung steht. Außerdem wird im Süden zwischen Ufer und PV-Anlage eine 44 m breite Verbindung zum See existieren, die eine zusätzliche Nutzung des gesamten Sees als Nahrungslebensraum weiterhin gewährleistet. Dass der Haubentraucher auch schmale und kleinere Seebereiche als Brutlebensraum nutzt, verdeutlicht die Feststellung eines Neststandortes im Jahr 2023 in einer engen Seeausbuchtung am Baggersee der Fa. Stürmlinger in Durmerheim (s. Abb. 14). Ausschlaggebend für die Wahl eines Bruthabitats dürfte in erster Linie das Angebot geeigneter Strukturen zur Anlage eines Schwimmnestes darstellen.

Die Stockente (RL-BW V) besiedelt neben Gewässerufer auch wasserlose Standorte (z.B. Waldschonungen, Brachen, Weiden, Äcker) (HÖLZINGER & BAUER 2018), sodass die vorhabensbedingte Einengung eines ehemals offenen Seeabschnitts nicht zu einem Verlust eines Brutlebensraums führt.

Während brütende Blässhuhn und Stockente überwiegend die ufernahen Seebereiche zur Nahrungssuche aufsuchen, nutzt der fischjagende Haubentraucher den gesamten See. Zu den möglichen Projektwirkungen einer schwimmenden PV-Anlage gehört eine Reduzierung der Fischproduktion infolge der Beschattung, wodurch das Nahrungsangebot für den Haubentraucher verringert werden würde. Nach Angaben im Fischgutachten sind jedoch die Auswirkungen auf die Fischproduktion als unerheblich einzustufen. Die Errichtung einer flächendeckenden PV-Anlage auf einem See führt zu einer Verkleinerung des Nahrungshabitats, da der Haubentraucher vermutlich nicht in der Lage ist, unter der gesamten Anlage zu tauchen. Da die randlichen Unterwasserbereiche einer PV-Anlage weiterhin genutzt werden können und im vorliegenden Fall die geplante 3,4 ha große PV-Anlage nur 3,8 % des Gewässers ausmacht, tritt eine maßgebliche Verringerung des Jagdlebensraums für den Haubentraucher auf dem Baggersee in Sandweier nicht ein.



Abb. 14: Lages des Revierzentrums eines Haubentaucher-Brutpaares im Bereich einer schmalen Seebucht am Westufer des Baggersees der Fa. Stürmlinger in Durmersheim (Kartengrundlage: © Google Earth, 2023)

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass ein relevanter Verlust an Brutlebensräumen durch Kulissenwirkung nicht eintritt und somit das Beschädigungsverbot gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG nicht ausgelöst wird.

6.2.2 Winter- und Rastvögel

Bestandserfassung

Artenspektrum

Bei den eigenen Zählungen überwinternder und rastender Wasservögel im Winterhalbjahr 2022/23 wurden insgesamt 16 Arten festgestellt (s. Tab. 6). Bei der Knäkente (RL-D 2^w) und Kolbenente (RL-D R^w) handelt es sich um Arten, die auf der Roten Liste wandernder Vogelarten geführt sind.

In den vorherigen zwei Wintern 2020/21 und 2021/22 wurden durch die OGBW mit Samtente (RL-D 1^w) und Rothalstaucher zwei zusätzliche Arten festgestellt (s. Tab. 7 u. 8).

Häufigkeiten

Die größten Wasservogelbestände bei den eigenen Zählungen umfassten zwischen ca. 350 und 424 Tiere und traten im Spätherbst 2023 auf. (s. Tab. 6). Bei diesen handelt es sich größtenteils um überwinternde oder rastende Blässhühner, deren Ansammlungen kontinu-

ierlich vom Herbst 2022 bis zum Beginn der Brutzeit 2023 abnahmen. Mittelgroße und regelmäßige Ansammlungen wurden von Reiherenten, Tafelenten, Stockente, Graugans und Kanadagans gebildet. Die bemerkenswerten bzw. wertgebenden Arten wie Knäkente, Kolbenente, Samtente und Rothalstaucher wurden nur in geringen Anzahlen und bei jeweils nur einem Termin festgestellt. Bei diesen handelt es sich somit nur um kurzzeitig rastende Vögel.

Die Gründe für die grundsätzlich wechselnde Anzahl der bei den Kartierterminen festgestellten Wasservögel ist zum einen auf die zumindest zeitweise versteckte Lebensweise der Vögel in der Ufervegetation zurückzuführen (v.a. bei Blässhuhn, Teichhuhn, Stockente). Auch ein Übersehen tauchender Haubentaucher auf der großen Seefläche vom Land aus ist nicht auszuschließen. Die Zählergebnisse bilden jedoch die Größenordnung der vorhandenen Wasservögel realistisch ab.

Neben methodischen Ursachen kommen natürliche Gründe für die sich ändernde Anzahl der Wasservögel in Betracht. Aufgrund der hohen Anzahl an Baggerseen in der Oberrheinebene steht den Wasservögeln grundsätzlich ein großes Angebot zum Wechsel der Nahrungs- und Ruhehabitats zur Verfügung. Auslöser für einen Wechsel können Störungen, witterungsbedingte Einflüsse oder artspezifische Überwinterungsstrategien sein.

Bei den Zählungen der OGBW in den zwei vorherigen Winterhalbjahren wurden tendenziell etwas geringere Größenordnungen bei den Wasservogelansammlungen festgestellt (s. Tab. 6 u. 7). Vor allem die Beobachtung von größeren Anzahlen an Blässhühnern wie im Spätherbst 2022 erfolgte bei diesen Untersuchungen nicht.

Tab. 6: Ergebnis der Erfassung überwinternder und rastender Wasservögel 2022/23

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	RL-BW Bv	RL-D Bv	RL-D wV	Arten-schutz	10.11. 2022	10.11. 2022	25.11. 2022	06.12. 2022	20.12. 2022	10.01. 2023	24.01. 2023	09.02. 2023	02.03. 2023	16.03. 2023	28.03. 2023	15.04. 2023	24.04. 2023
Kormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>				§	2	2	2	2	1	3	4	6	2	3	1	1	3
Haubentaucher	<i>Podiceps cristatus</i>				§	11	3		7	10	10	6	11	10	6	9	8	11
Zwergtaucher	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	2			§								1					
Höckerschwan	<i>Cygnus olor</i>				§		3					1	1	1	1	1		
Knäkente	<i>Anas querquedula</i>	1	1	2	§										4			
Kolbenente	<i>Netta rufina</i>			R	§							1						
Schnatterente	<i>Anas strepera</i>				§					8				2				
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	V			§		23		31	19	10	9		4	6	10	4	4
Tafelente	<i>Aythya ferina</i>	3	V		§	16	13		2	41	12	9				5		
Reihente	<i>Aythya fuligula</i>				§	10	33		6	10	29	17	26	21	17	7		2
Blässhuhn	<i>Fulica atra</i>				§	221	250		197	157	129	104	70	78	52	42	29	21
Teichhuhn	<i>Gallinula chloropus</i>	3	V		§§				1	3								
Kanadagans	<i>Branta canadensis</i>				§		7		29	4	24					4	4	3
Graugans	<i>Anser anser</i>				§		74		62	4	54	6	22	14	9	20		8
Nilgans	<i>Alopochen aegyptiaca</i>				§	93	14		10	6	6			6				
Rostgans	<i>Tadorna ferruginea</i>				§		2		2									
Summe						353	424		349	263	277	157	137	138	98	99	46	52

Tab. 7: Ergebnis der Erfassung überwinternder und rastender Wasservögel 2020/21

Deutscher Name	RL-BW Bv	RL-D Bv	RL-D wV	Arten-schutz	10.10. 2020	15.11. 2020	13.12. 2020	17.01. 2021	14.02. 2021	14.03. 2021
Kormoran				§			1	9	6	2
Haubentaucher				§		5	4	8	14	1
Höckerschwan				§		1	2		2	
Stockente	V			§		2	2	6		3
Reiherente				§		15	18	3	29	4
Tafelente	V	V		§	1			11		
Blässhuhn				§	6	2	4	40	10	
Graugans				§		25	24	59	28	
Nilgans				§		12	6	2		
Summe					7	62	61	138	89	10

Rote-Liste-Status: RL-BW Bv = Rote Liste Brutvögel Baden-Württemberg, Stand 2019 (KRAMER et al. 2022), RL-D Bv = Rote Liste Brutvögel Deutschland, Stand 2020 (RYS LAVY et al. 2020), RL-D wV = Rote Liste wandernde Vögel Deutschland (HÜPPOP et al. 2013), RL1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Art der Vorwarnliste; n.b = nicht bewertet; Artenschutz: § = besonders geschützt gem. BArtSchVO, §§ = streng geschützt gem. BArtSchVO, alle heimische Vogelarten sind europarechtlich geschützt;

Tab. 8: Ergebnis der Wasservogelzählung der OGBW im Winterhalbjahr 2021/22

Deutscher Name	RL-BW Bv	RL-D Bv	RL-D wV	Arten-schutz	16.10. 2021	14.11. 2021	12.12. 2021	14.01. 2022	13.02. 2022	14.03. 2022
Kormoran				§	1	1	2	2	3	4
Haubentaucher				§	7	2	7		4	3
Rothalstaucher	nb			§				1	1	1
Höckerschwan				§			2			1
Stockente	V			§	18	46	4	19	7	
Reiherente				§	6	4		8	40	20
Samtente			1	§				1	1	1
Tafelente	V	V		§						11
Blässhuhn				§	26	114	27	52	52	6
Kanadagans				§	6	220		2	2	3
Graugans				§	40	47	11	12	34	
Nilgans				§	7	27		8	11	15
Summe					111	461	53	105	155	65

Rote-Liste-Status: RL-BW Bv = Rote Liste Brutvögel Baden-Württemberg, Stand 2019 (KRAMER et al. 2022), RL-D Bv = Rote Liste Brutvögel Deutschland, Stand 2020 (RYS LAVY et al. 2020), RL-D wV = Rote Liste wandernde Vögel Deutschland (HÜPPOP et al. 2013), RL1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Art der Vorwarnliste; n.b = nicht bewertet; Artenschutz: § = besonders geschützt gem. BArtSchVO, §§ = streng geschützt gem. BArtSchVO, alle heimische Vogelarten sind europarechtlich geschützt

Räumliche Verteilung

Entsprechend ihres Nahrungsspektrums und Art der Nahrungssuche unterschieden sich die beobachteten Wasservogelarten hinsichtlich ihrer Raumnutzung auf dem See. So wurden die nach Fische jagenden Haubentaucher sowohl in der Gewässermittle als auch an verschiedenen Uferzonen des Gewässers festgestellt. Die sich größtenteils von Muscheln, Insektenlarven und Pflanzensamen ernährenden Reiherenten und Tafelenten hielten sich überwiegend in Ufernähe auf. Blässhühner nutzten ebenfalls bevorzugt die ufernahen Seebereiche. Auch die Stockenten, Graugänse, Nilgänse und Kanadagänse wurden überwiegend an den Ufern, z.T. am Land (u.a. Strandbad) beobachtet.

Die ufernah sich aufhaltenden Wasservogelarten nutzen nahezu die gesamten Uferabschnitte des Baggersees. Ausnahme stellen die aktuellen Abbaubereiche der Fa. EKS und peterbeton dar. Auch im Bereich der geplanten PV-Anlage und dessen Umfeld hielten sich regelmäßig, zeitweise größere Wasservogelansammlungen auf, was auf die naturnahe Verlandungsvegetation am Südwestufer zurückzuführen ist. So wurden in dem südwestlichen Seebereich zwischen den Betriebsflächen der Firmen EKS und peterbeton zwischen 27 und 210 Wasservögel gezählt.

Artenschutzrechtliche Beurteilung

Mit Haubentaucher, Kormoran, Höckerschwan, Bläßhuhn, Stockente, Reiherente, Tafelente, Graugans, Kanadagans und Nilgans wurden charakteristische überwinternde Wasservogelarten auf dem See festgestellt. Bemerkenswerte Arten, wie Knäckente, Kolbenente, Rothalstaucher und Samtente treten nur gelegentlich, vergleichsweise kurzzeitig und in sehr geringen Anzahlen auf.

Grundsätzlich besitzt die nördliche Oberrheinebene aufgrund der hohen Anzahl von Altwässern in der Rheinaue sowie von Baggerseen eine große Bedeutung für Wintergäste und Zugvögel. Die Ausweisung der Rheinniederung als Ramsar-Gebiet und u.a. die Wasservogelzählung von BAUER et al. (2010) unterstreichen die hohe Relevanz der Oberrheinebene. Veröffentlichungen speziell zur Bedeutung von Baggerseen der Oberrheinebene für überwinternde und rastende Wasservögel liegen nicht vor. van ROOMEN et al. (2020) geben an, dass am Oberrhein zwischen Basel und Bingen in den zwei Wintern 2015/16 und 2017/18 rund 97.000 Wasservögel gezählt wurden.

Dass insbesondere direkt am Rhein gelegene Baggerseen eine große Bedeutung für überwinternde und rastende Wasservögel besitzen können, verdeutlichen die im Rahmen einer Internetrecherche gefundenen langjährigen Zählraten, die in einem Umweltgutachten für ein Vorhaben der DMA MINERALAUFBEREITUNG GMBH (2018) bei Rheinau (Ortenaukreis) angegebenen sind. Dort wurden pro Zähltermine teilweise zwischen 1.000 und 1.800 Vögel erfasst, darunter vor allem Stockenten (bis zu ca. 1.200), Tafelenten (bis zu ca. 80), Reiherenten (bis zu ca. 440), Schnatterenten (bis zu 490), Blässhühner (bis zu ca. 180) und Haubentaucher (bis zu ca. 60).

Infolge der mittlerweile zunehmend geplanten PV-Anlagen auf Baggerseen in der Oberrheinebene liegen inzwischen Vergleichsdaten zu überwinternden Wasservögeln auf anderen Abbaugewässern vor. In Tabelle 9 sind exemplarisch die Zählergebnisse an den Baggersee der Kies- und Beton AG dargestellt, in der für einen Vergleich die maximal bei einem Termin in den Winterhalbjahren gezählten Wasservögel herangezogen werden. Auch bei diesen Untersuchungen erfolgte eine Zählung zweimal pro Monat. Da die Anzahl der Wasservögel unter anderem von der Gewässergröße bzw. Uferlänge abhängig ist, ist in der Tabelle für den Vergleich die Zahl der Vögel pro ha Seefläche dargestellt.

Tab. 9: Maximal an einem Termin erfasste Anzahl überwinternder/rastender Wasservögel an Baggerseen in der Oberrheinebene

Baggersee	Erfassungszeitraum	Maximal an einem Termin erfasste Anzahl Wasservögel	Wasservögel pro 1 ha Seefläche
Fa. EKS (Sandweier)	2022/23	424	4,8
Fa. KBI (Iffezheim)	2022/23	110	1,2
Fa. IKE (Iffezheim)	2022/23	165	2,3
Fa. Stürmlinger (Durmersheim)	2021/22	91	1,9

Die Untersuchungen zeigen zum einen, dass die Zahl der Wasservögel bezogen auf die Größe der Baggerseen vergleichsweise sehr gering ist. Allerdings ist anzumerken, dass die Menge an Wasservögeln auf einem Gewässer nicht nur von der Größe bestimmt wird, sondern auch von dem Anteil gut entwickelter Ufervegetation, dem Störpotenzial (ggf. durch Abbau u. Angeln), dem Nahrungsangebot, der Rheinnähe und durch das Angebot weiterer Seen in der Umgebung.

Die Tabelle 9 zeigt auch, dass die Wasservogeldichten auf dem See der EKS/peterbeton im Vergleich zu den anderen drei Gewässern deutlich höher lagen. Dieses ist vor allem auf die zeitweise hohe Anzahl überwinternder Blässhühner auf dem Vorhabensgewässer zurückzuführen.

Infolge der geplanten PV-Anlage reduziert sich die aktuell offene Seefläche des Gewässers um max. 3,4 ha (3,8 %) von 89,3 ha auf rund 85,9 ha. Somit steht den überwinternden und rastenden Wasservögeln weiterhin ein ausreichend großer Lebensraum zur Verfügung.

Durch die geplante PV-Anlage wird in der Südwestecke des Sees trotz des Mindestabstandes zum Ufer von 44 m jedoch ein Gewässerabschnitt vom übrigen See weitestgehend abgeschnitten, der eine ausgeprägte Ufervegetation aufweist (s. Anlage 3). Es besteht so die Möglichkeit, dass zumindest ein Teil der dort bei den Kartierungen regelmäßig am Ufer festgestellten überwinternden Wasservögel (v.a. Blässhuhn, Reiherente, Tafelente) diesen weitgehend abgetrennten Seebereich nicht mehr nutzen wird. Da diese Vögel wie beobachtet auch den südöstlich angrenzenden Gewässerabschnitt aufsuchen und zusätzlich die übrigen Uferabschnitte des Baggersees nutzen, ist nicht von einem Rückgang der Winter- und

Rastvögel aufgrund der PV-Anlage auszugehen. So macht die von der PV-Anlage überwiegend abgeschlossene Uferzone in der Südwestecke nur ca. 12 % der Gesamtlänge besiedelbarer Uferabschnitte (4,3 km) auf dem Baggersee aus.

Für Wasservogelarten, die grundsätzlich das gesamte Gewässer zur Fischjagd nutzen, wie Haubentaucher und Kormoran, führt das Vorhaben zu einem Lebensraumverlust. Dennoch bietet der See abseits der PV-Anlage noch ein ausreichendes Angebot an Nahrungshabitaten für diese Wasservogelarten (ca. 86 ha). Der vorhabensbedingte Verlust von max. 3,8 % des Jagdlebensraums wird für die max. 11 festgestellten Haubentaucher als geringfügig bzw. nicht erheblich eingestuft. Mit der genehmigten Abbauerweiterungen der Firmen EKS und peterbeton wird sich der Baggersee in den nächsten Jahren kontinuierlich um mehrere Hektar vergrößern. Abzüglich der max. 3,4 ha großen PV-Anlage steht den überwinterten und rastenden Wasservögeln dann eine Seefläche als Nahrungs- und Ruhehabitat zur Verfügung, die größer ist als das aktuelle Gewässer.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass durch die geplante PV-Anlage essentielle Nahrungshabitats und Ruhestätten für überwinterte und rastende Wasservögel nicht beansprucht werden und ein ausreichendes Angebot weiterhin vorhanden ist.

6.2.3 Fledermäuse

Die Bedeutung eines größeren Gewässers als Nahrungshabitat für Fledermäuse ist differenziert zu betrachten. So weist die ufernahe Zone gegenüber der offenen Seefläche ein weitaus größeres Nahrungsangebot auf. Der pflanzenreiche Unterwasserbereich in der Uferzone stellt für wasserlebende und fliegende Insekten (z.B. Zuckmücken, Eintagsfliegen) einen Entwicklungslebensraum dar. Weitere fliegende Insekten (z.B. Nachtfalter, Fliegen, Käfer) stammen aus der terrestrischen Ufervegetation. Auch aufgrund der windgeschützten Lage entlang der Ufervegetation (Schilf, Gehölze) stellt der ufernahe Bereich somit einen bevorzugten Luftraum für fliegende Insekten dar, der von verschiedenen Fledermausarten als präferierter Jagdlebensraum genutzt werden kann. Die Wasserfledermaus sammelt (keschert) zusätzlich auch Beute von der Wasseroberfläche, die dort treibt und meist versehentlich von der Ufervegetation ins Wasser gefallen ist. Neben der Bedeutung als Nahrungslebensraum bietet die Ufervegetation den Fledermäusen auch die erforderliche strukturelle Orientierung bei der Jagd und Transferflügen.

Da die geplante PV-Anlage auf dem Kühlsee einen Abstand von mehr als 44 m zum Ufer hält, erfolgt keine Beeinträchtigung des Unterwasserlebensraums als Entwicklungshabitat für Insekten. Darüber hinaus wird nicht in den ufernahen Luftraum fliegender Insekten bzw. nahrungssuchender Fledermäuse eingegriffen. Die offene Seefläche bzw. der Vorhabensbereich spielt eine untergeordnete Rolle und stellt kein essentielles Nahrungshabitat dar. Außerdem kann der Luftraum über der PV-Anlage auch weiterhin als Jagdlebensraum genutzt werden.

6.3 Bau- und betriebsbedingte Auswirkungen

Nachfolgend wird geprüft, ob bei der Errichtung, Wartung und Instandsetzung der PV-Anlage im Rahmen von Störwirkungen die Verbotstatbestände der Tötung nach des § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG sowie der Störung § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG ausgelöst werden.

6.3.1 Vögel

Bestandserfassung

Auf der geplanten gehölzfreien Montage- und Lagerfläche der Fa. peterbeton wurden keine Vogelbrutreviere festgestellt. Aufgrund den vegetationsarmen kiesig-sandigen Rohböden bietet sie ohnehin nur ein Habitatpotenzial für den bodenbrütenden Flussregenpfeifer (s. Abb. 15). 2023 hielten sich zwar Flussregenpfeifer gelegentlich auf der Regiefläche auf, das Revierzentrum lag jedoch am Südostufer des Sees.

Im Bereich des westlichen Böschungsabschnitts, der zur Anlage der Kabeltrasse vorgesehen ist, erfolgte ebenfalls kein Nachweis eines Revierzentrums. Zurückzuführen ist dieses auf die Ausprägung als Brombeer-Gestrüpp. In der Umgebung wurden Amsel, Blaumeise, Buchfink, Gartengrasmücke, Grünfink, Kohlmeise, Mönchsgrasmücke, Nachtigall und Zilpzalp als Brutvögel festgestellt, für die der kleinflächige Eingriffsbereich ein vergleichsweise geringer Teil des Reviers darstellt.



Abb. 15: Geplante Lager- und Montagefläche für die PV-Anlage (24.04.23)

Tötungsverbot (§ 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG)

Die Kabeltrasse erstreckt sich am Westufer auf einen mit Brombeer-Gestrüpp bestandenen Böschungsabschnitt. Obwohl kein Nachweis einer Brutnutzung erfolgte, werden die Brombeeren und ggf. angrenzende Gehölze zum Schutz von Nestern und Jungvögeln außerhalb der Brutzeit, d.h. von Anfang Oktober bis Ende Februar beseitigt.

Es wird angestrebt, den Aufbau außerhalb der Brutzeit der Wasservögel durchzuführen. Allerdings steht die für die Installation zu beauftragende Spezialfirma nur für einen konkreten, eng begrenzten Zeitraum zur Verfügung, sodass ggf. keine flexible Festlegung der Aufbauzeit möglich ist und eine zwingende Durchführung während der Brutzeit nicht ausgeschlossen werden kann. Für den Fall, dass der Aufbau in die Brutzeit gelegt werden muss, ist nicht mit erheblichen störungsbedingten Beeinträchtigungen der am Ufer nistenden Wasservögel auszugehen, da mit etwa 44 m ein großer und ausreichender Mindestabstand zur PV-Anlage besteht.

Unter Berücksichtigung dieser Vermeidungsmaßnahmen wird der Verbotstatbestand § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG nicht ausgelöst.

Störungsverbot (§ 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG)

Im Allgemeinen treten Störungen der Vögel in vielfältiger Form auf, beispielsweise durch akustische und visuelle Reize, Kulissenwirkung oder Feinde (Prädatoren, Mensch). Dabei können sich diese Reize auf unterschiedlichen Ebenen (Individuum, Population, Biozönose) auswirken (s. STOCK et al. 1994), wobei die negativen Effekte auf Populationsebene als erheblicher einzustufen sind als Wirkungen auf Ebene des Individuums. Vögel sind unter Umständen in der Lage, die Störreize zu kompensieren, so dass keine gravierenden Beeinträchtigungen eintreten. Distanzbedürfnisse lassen sich z.B. durch Flucht oder Gewöhnung regulieren, Gelegeverluste können durch Ersatzbruten ausgeglichen werden.

Schallemissionen

Schallemissionen können akustische Signale, die für die Vögel eine wichtige Funktion besitzen, überdecken. Zu den Funktionen gehören Gesänge zur Partnersuche und Revierabgrenzung, Lokalisation von Beutetieren, Kontakt im Familienverband sowie rechtzeitiges Hören von Warnrufen (GARNIEL et al. 2007).

Relevante Schallquellen bei der Anlieferung und beim Aufbau der PV-Module stellen vor allem Fahrzeuge dar (z.B. Transport-LKW, Kran, Radlader). Diese Schallemissionen weisen jedoch nicht die Größenordnungen, um die Gesänge und Rufe der angrenzenden Arten maßgeblich zu überdecken. So ergeben sich aufgrund der geringen Fahrgeschwindigkeit nur geringe Schallausträge. Außerdem liegt aufgrund der Nähe zur A 5, der bestehenden Nutzung als Betriebsfläche der Fa. peterbeton sowie der vielbefahrenen Kreisstraße im Süden eine hohe Vorbelastung durch Fahrverkehr und den intensiven Transport- und Verladvorgängen vor. Darüber hinaus sind die Montagearbeiten zeitlich begrenzt.

Lichtemissionen

Da die Arbeiten zur Montage der PV-Anlage sowie zur Errichtung des Netzanschlusses ausschließlich tagsüber stattfinden und keine Beleuchtungsanlage installiert wird, treten keine störungsrelevanten Lichtemissionen auf.

Anwesenheit des Menschen

Störungsrelevant für brütende Vögel ist im Allgemeinen die Anwesenheit des Menschen in direkter Nestnähe. Derartige Störungen treten durch die geplanten Montagearbeiten auf der Regiefläche der Fa. peterbeton nicht auf, da aufgrund der gehölzfreien Umgebung ohnehin keine Revierzentren von Vogelarten vorhanden sind. Es wird angestrebt, den Aufbau außerhalb der Brutzeit der Wasservögel durchzuführen (s. Tötungsverbot).

Im Umfeld der geplanten Kabeltrasse im Westen sind zwar Gehölzbestände vorhanden, wertgebende Vogelarten wurden dort nicht festgestellt. Die Verlegung der Stromleitung wird maschinell mittels Minibagger oder Kabelpflug durchgeführt, bei dem der Fahrer wenig offen in Erscheinung tritt. Außerdem ist die Bauzeit an einem Abschnitt aufgrund der maschinellen Verlegung zeitlich sehr begrenzt. Mit einer nachhaltigen Störwirkung auf die Vögel ist diese Maßnahme nicht verbunden.

Bei den zukünftigen Inspektions- und Wartungsarbeiten an der PV-Anlage ist ebenfalls von keiner erheblichen Störwirkung auf die Wasservögel auszugehen, da diese sehr kurz sein werden. Der Großteil der Kontrolle erfolgt über Fernüberwachung. Regelmäßige Reinigungsarbeiten sind i.d.R. nicht erforderlich. Aufwendige bzw. länger andauernde Instandsetzungsarbeiten sollten nach Möglichkeit außerhalb der Brutzeit der Wasservögel (Anfang September bis Ende Februar) durchgeführt werden.

Fazit

Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass der Erhaltungszustand der lokalen Populationen der im Umfeld festgestellten Vogelarten durch Störungen nicht erheblich beeinträchtigt wird und somit der Verbotstatbestand gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG nicht eintritt.

Beschädigungsverbot (§ 44 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG)

Durch die temporäre Nutzung der Regiefläche der Fa. peterbeton als Montage- und Lagerfläche werden keine Brutlebensräume beansprucht. Bei der Herstellung der Kabeltrasse wird nur kleinflächig in dem auf der Böschung befindlichen Gehölzbestand eingegriffen, sodass kein vollständiger Brutlebensraum bei den dort vorkommenden Brutvogelarten betroffen ist und somit kein Revierverlust eintritt. Nach Verlegung der Stromleitung kann sich außerdem dort durch Sukzession wieder ein Gehölzbestand entwickeln. Insgesamt wird der Verbotstatbestand des § 44 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG nicht ausgelöst.

6.3.2 Reptilien

Bestandserfassung

Wie bereits erwähnt, erfolgte auf der geplanten Montage- und Lagerfläche im Frühjahr 2023 eine Umsiedlung der dort vorhandenen Mauer- und Zauneidechsen für den genehmigten späteren Abbau der Betriebsfläche der Fa. peterbeton, sodass dort keine Betroffenheit mehr vorliegt.

Im Bereich der westlich angrenzenden Böschung zur PV-Anlage, die zur Anlage der Kabeltrasse vorgesehen ist, wurde die europarechtlich geschützte Mauereidechse (RL-BW D, RL-D V) festgestellt.

Tötungsverbot (§ 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG)

Zur Vermeidung des Tötungstatbestands gemäß § 44 Abs. 1 Satz 1 BNatSchG kommen bei Eidechsen im Allgemeinen Bauzeitenbeschränkungen, Vergrämuungsmaßnahmen sowie Umsiedlungen in Frage (PESCHEL et al. 2013, LAUFER 2014).

Aufgrund des kleinflächigen und schmalen Eingriffs im Bereich der Kabeltrasse sehen die Planungen im vorliegenden Fall eine Vergrämuung der Mauereidechsen ins direkt angrenzende Umfeld vor. Durch die Vergrämuung werden die Tiere veranlasst, selbstständig aus dem geplanten Eingriffsbereich abzuwandern. Die geplanten Vergrämuungsmaßnahmen beinhalten im Allgemeinen eine Beseitigung sämtlicher oberirdischer Versteck- und Deckungsmöglichkeiten. Dazu erfolgt im Winter bzw. außerhalb der Vogelbrutzeit eine vollständige Entfernung der oberirdischen Vegetation in den geplanten Eingriffsbereichen. Damit die in ihren Winterquartieren lebenden Eidechsen nicht beeinträchtigt werden, findet eine möglichst schonende Beseitigung statt. Die Wurzelstöcke verbleiben bis zur erfolgten Vergrämuung im nachfolgenden Frühjahr im Boden. Zu Beginn der Aktivitätszeit der Mauereidechsen kann der Eingriffsbereich falls erforderlich mit einer Folie abgedeckt werden. Die Verdunkelung der Lebensstätte bewirkt eine Vergrämuung und Abwanderung der Eidechsen ins Umfeld. Bei Einsatz der Folienabdeckung sollte diese mindestens bis Ende der Aktivitätszeit dort verbleiben und nachfolgend bei Baubeginn entfernt werden.

Störungsverbot (§ 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG)

Durch die geplante Vergrämuung erfolgt eine Störung der Mauereidechsen. Eine erhebliche Beeinträchtigung des Erhaltungszustandes der lokalen Population findet durch die Maßnahmen jedoch nicht statt. Insgesamt wird der Verbotstatbestand gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG nicht erfüllt.

Beschädigungsverbot (§ 44 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG)

Aufgrund der unterirdischen Verlegung steht der schmale Trassenbereich nach Fertigstellung der Stromleitung bzw. nach Verfüllung des Kabelschachtes oder –schlitzes den Mauereidechsen wieder als Lebensraum zur Verfügung. Ein nachhaltiger Habitatverlust tritt somit nicht ein. Um den Eidechsen dort Versteckmöglichkeiten anzubieten, wird das im vorherigen Winter bei der Vegetationsbeseitigung anfallende Schnittgut randlich zu Haufen gelagert.

6.3.3 Fledermäuse

Da auf den Montage- und Lagerflächen keine Bäume existieren, erfolgt keine Beanspruchung möglicher Quartierbäume von Fledermäusen.

Eine Erfassung des Quartierpotenzials auf der Böschung am Westufer ergab, dass der im Bereich der kurzen Kabeltrasse Vegetationsbestand (Brombeer-Gestrüpp) ebenfalls kein Quartierpotenzial gegeben ist.

Da sämtliche Arbeiten ausschließlich tagsüber und somit ohne Beleuchtungsanlage stattfinden, ergeben sich keine entsprechenden Störungen. Die Funktionen von Gehölzbeständen als Leitlinien für Transferflüge sowie als essenzielle Nahrungshabitate, werden nicht beeinträchtigt. Somit werden die Verbotstatbestände des § 44 BNatSchG für die Fledermäuse nicht ausgelöst.

6.3.4 Amphibien

Da die Eingriffsbereiche zur Herstellung der PV-Anlage sowie der Kabeltrasse keine Gewässer aufweisen, erfolgt keine Inanspruchnahme von potenziellen Laichgewässern.

6.3.5 Weitere europarechtlich geschützte Arten

Aufgrund der Ausprägung bieten die terrestrischen Eingriffsbereiche kein Habitatpotenzial für andere europarechtlich geschützte Arten (FFH-Anhang IV-Arten).

6.3.6 National geschützte Arten

Arten der Bundesartenschutz-Verordnung, die nicht zusätzlich im Anhang IV der FFH-Richtlinie aufgeführt sind, stellen „nur“ national besonders/streng geschützten Arten dar. Diese sind von den Verbotstatbeständen des § 44 BNatSchG freigestellt.

Zu den national streng geschützten Arten gemäß Bundesartenschutz-VO, die größere Gewässer bzw. Seen besiedeln, gehören lediglich Fischotter, Edelkrebs, Östlicher Blaupfeil (Libellenart) und Abgeplattete Teichmuschel. Diese Arten sind jedoch in der Ober-

rheinebene sehr selten und es handelt sich größtenteils um vom Aussterben bedrohte Arten. Somit ist ein Vorkommen im Baggersee der Fa. EKS nicht zu erwarten. Auch bei einem Vorkommen erfolgt keine Beeinträchtigung, da diese Arten ausschließlich die Uferzone besiedeln und nicht von einer auf der offenen Seefläche befindlichen PV-Anlage betroffen sind.

Zu den Arten, die national besonders geschützt sind und Seen besiedeln, zählen einige Amphibienarten (u.a. Seefrosch, Teichfrosch), eine Reptilienart (Ringelnatter) und einige Libellenarten. Auch bei diesen liegt keine vorhabensbedingte Betroffenheit vor, da sie ebenfalls nur die aquatische Uferzone besiedeln und nicht den Freiwasserbereich (Pelagial) der PV-Anlage.

6.4 Fazit

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass unter Berücksichtigung der aufgeführten Vermeidungsmaßnahme (s. auch Kap. 7) die artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände des § 44 BNatSchG durch die geplante schwimmende PV-Anlage auf dem Baggerseeabschnitt der EKS bei Sandweier nicht ausgelöst werden.

7 Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen

Entfernen der Gehölzbestände außerhalb der Vogelbrutzeit (V 1)

Die in den Eingriffsbereichen des Vorhabens (v.a. Kabeltrasse) vorhandenen Gehölz- und Brombeerbestände werden zum Schutz der Vögel außerhalb der Brutzeit, d.h. von Anfang Oktober bis Ende Februar) entfernt. Bei der Festlegung des konkreten Verlaufs der Kabeltrasse auf der Böschung am Westufer sollte die Variante mit der geringsten Gehölzbeanspruchung gewählt werden.

Aufbau der Anlage außerhalb der Brutzeit der Vögel (V 2)

Nach Möglichkeit soll die PV-Anlage zur Vermeidung von Störungen außerhalb der Vogelbrutzeit, d.h. von Anfang Oktober bis Ende Februar errichtet werden. Allerdings steht die für die Installation zu beauftragende Spezialfirma nur für einen konkreten, engbegrenzten Zeitraum zur Verfügung, sodass ggf. keine flexible Festlegung der Aufbauzeit möglich ist und eine zwingende Durchführung während der Brutzeit nicht ausgeschlossen werden kann.

Vergrämung von Mauereidechsen (V 3)

Vor Errichtung der Kabeltrasse erfolgt eine Vergrämung der dort lebenden Mauereidechsen. Dazu erfolgt zunächst im Winter eine vollständige und möglichst schonende Entfernung der oberirdischen Vegetation in den geplanten Eingriffsbereichen (s. obige Maßnahme V 1). Die

Wurzelstöcke verbleiben bis zur erfolgten Vergrämung im nachfolgenden Frühjahr im Boden. Zu Beginn der Aktivitätszeit der Mauereidechsen (ab Anfang März) wird der Eingriffsbereich für eine Vergrämung bzw. Verdunkelung mit einer Folie abgedeckt. Die Folienabdeckung verbleibt dort bis zum eigentlichen Baubeginn. Um den Eidechsen dort Versteckmöglichkeiten anzubieten, wird das bei der Vegetationsbeseitigung anfallende Schnittgut randlich zu Haufen gelagert.

8 Eingriffs-/Ausgleichsbilanz

Da die geplante FPV-Anlage auf einer offenen Seefläche errichtet wird und keine natur- schutzfachlich wertgebenden Unterwasser- und Uferlebensräume direkt beansprucht bzw. indirekt beeinträchtigt werden, erfolgt eine verbal-argumentative und schutzgutübergrei- fende Eingriffs-/Ausgleichsbilanz. Dazu werden nachfolgend zunächst die Ergebnisse aus der obigen Umweltprüfung zusammengefasst für die einzelnen Schutzgüter dargestellt.

Schutzgut Tiere und Pflanzen

Die Eingriffsbeurteilung ergibt, dass die Anlage zu keinem Verlust von ufernahen Brutle- bensräumen für die Wasservögel führt. Für den auf der offenen Seefläche fischjagenden Haubentaucher hat das Vorhaben eine Verkleinerung des Jagdlebensraumes zur Folge. Da der Verlust an offener Wasserfläche durch die 3,4 ha große Anlage für Haubentaucher und andere Wasservögel nur 3,8 % beträgt und ein rund 86 ha großer Seekörper dieser Tier- gruppe weiter zur Verfügung steht, treten jedoch keine und somit nicht erhebliche Beein- trächtigungen auf. Darüber hinaus wird der Verlust einer nutzbaren Seefläche infolge der genehmigten und anstehenden abbaubedingten Westerweiterung des Sees mittelfristig wieder ausgeglichen.

Gemäß dem gesonderten Fischgutachten wirken sich die vorhabensbedingte Beschattung und mögliche Änderungen bei der Primär- und Sekundärproduktion der Seefläche unerheb- lich auf die Fischfauna aus. Die wasserbedeckende Struktur der FPV-Anlage hat bei den Fischen auch kein Ausweich- oder Meideverhalten zur Folge. Vielmehr stellt die FPV-Anlage einen attraktiven Unterstand dar, der Schutz vor Fressfeinden bietet.

Aufgrund der uferfernen Lage der PV-Anlage treten Beeinträchtigungen der auf der licht- durchfluteten Unterwasserböschung vorkommenden Wasserpflanzen nicht ein.

Obwohl von dem Vorhaben keine bzw. sehr geringe Auswirkungen ausgehen, sollen fol- gende Optimierungsmaßnahmen für Wasservögel und Fische auf dem Baggersee durchge- führt werden, um deren Lebensraumbedingungen dort zu verbessern:

Anlage von Brutinseln für Wasservögel (A 1)

Um das Angebot an uferfernen Nistmöglichkeiten für Wasservögel an dem Baggersee zu erhöhen, sollen künstliche Brutinseln angelegt werden. Insbesondere für Haubentaucher

und Blässhühner stellen uferferne Brutmöglichkeiten auf ein Gewässer bevorzugte Niststandorte dar, da sie Schutz vor Prädatoren bieten (s. Abb. 9). Da es sich bei den künstlichen Brutinseln um keine gebräuchlichen Vorrichtungen handelt, bei denen Erfahrungen zur Wirksamkeit vorliegen, sollen die Brutinseln durch zwei unterschiedliche Vorrichtungen angelegt werden.

Bei einer Variante wird eine Bruthalbinsel mittels zweier junger, ca. 10-15 m langer Bäume hergestellt, die vom Ufer aus ins Gewässer gelegt werden, sodass das Geäst beider Kronen zusammen eine Befestigungsmöglichkeit für die Wasservögel bildet (s. Abb. 16). Dass derartige Strukturen geeignet sind, berichten HÖLZINGER & BAUER (2011), wonach von Wasservögeln genutzte Brutplätze sich schlagartig erhöhten, nachdem viele Pappeln bei einem Sturm in einen Baggersee geworfen wurden.



Abb. 16: Mögliche Errichtung von uferfernen Bruthalbinseln mittels ins Gewässer ragender Baumkronen

Bei der anderen möglichen Methode sollen schwimmende Inseln der Firma AquaFlora mit einer Größe von max. 1 m x 1 m in Ufernähe des Sees installiert werden (s. Abb. 17).

Insgesamt sollen sechs Brut(halb)inseln angelegt werden, wobei drei Inseln mittels Totholzbäumen und drei durch die schwimmenden Inseln der AquaFlora hergestellt werden. Aufgrund der Nistplatzkonkurrenz zwischen Haubentaucher und Blässhuhn sollten an einem Uferabschnitt jeweils zwei nah beieinander liegende Brutinseln installiert werden.

Im Rahmen des Monitorings soll die Wirksamkeit dieser Inseln überprüft werden.



Abb. 17: Schwimmende Insel der Fa. AquaFlora (Quelle: Internetseite Fa. AquaFlora)

Installation von Körben für Fische unter der FPV-Anlage (A 2)

Entsprechend eines Vorschlages der Höheren Fischereibehörde des Regierungspräsidiums Karlsruhe zu einer anderen schwimmenden PV-Anlage sollen zur Schaffung von Fischunterständen und Laichstrukturen einige großvolumige Körbe mit hohem Lückensystemen unter der Anlage bzw. direkt unter der Wasserlinie angebracht werden (s. Abb. 18). Eine derartige Maßnahme zur Installation von Körben („Biohuts“) wurde bei einer PV-Anlage in den Niederlanden durchgeführt (s. ECOCEAN o.J.).

Analog zu den Forderungen der Fischereibehörde zu anderen, größeren PV-Vorhaben sind für die in Sandweier geplante, verhältnismäßig kleine Anlage 5 Fischkörbe vorgesehen. Sollte im Rahmen eines Monitorings ein zusätzlicher Bedarf ermittelt werden, können weitere Körbe installiert werden. Der finanzielle Aufwand für diese Maßnahme umfasst nicht nur Material- und Montagekosten, sondern gemäß den Erfahrungen in den Niederlanden auch die späteren Wartungs- und Monitoringkosten.

Neben den Körben würde die Herstellung der oben angeführten Brutinseln für Wasservögel mittels in Gewässer ragender Baumkronen, den Fischen weitere Unterstandsmöglichkeiten bieten.



Abb. 18: Unter einer PV-Anlage angebrachte Gitterkörbe für Fische

Für die zur Lagerung und Montage der PV-Module geplante Regiefläche der Fa. peterbeton liegt eine Abbaugenehmigung mit entsprechenden Ausgleichsmaßnahmen vor.

Bei der Verlegung der Stromleitung erfolgt eine schmale Flächeninanspruchnahme, v.a. entlang einer Straße. Nach der Verlegung kann sich dort wieder der vorherige Vegetationsbestand entwickeln, sodass keine nachhaltige und erhebliche Beeinträchtigung entsteht.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die geplante PV-Anlage keine und bei einigen Aspekten sehr geringe bzw. unerhebliche Beeinträchtigungen des Schutzguts Tiere und Pflanzen zur Folge hat.

Schutzgut Wasser

Das limnologische Gutachten kommt zusammenfassend zum Ergebnis, dass für keinen der untersuchten Parameter, sowohl bei Betrachtung der Situation während des Kiesabbaus sowie auch für die Situation nach Einstellung des Kiesabbaus, eine Erheblichkeitsschwelle überschritten wurde. Es treten keine relevanten negativen Auswirkungen auf die Qualität und Quantität des Wassers auf.

Als Folge der geplanten PV-Anlage ergeben sich in Bezug auf die mit der Klimaveränderung zu erwartende künftige Erwärmung positive Effekte, da insbesondere durch die Verschattung eine Verringerung der Wassertemperaturen im See möglich ist. Außerdem gehen die Verdunstungsverluste über die Seeoberfläche zurück.

Da keine Beeinträchtigung des limnologischen Zustandes des Baggersees eintritt, überwiegen in der Gesamtbetrachtung die positiven Auswirkungen.

Schutzgut Landschaft

Die geplante PV-Anlage führt zwar zu einer nicht vermeidbaren Beeinträchtigung des Landschaftsbildes, die jedoch aufgrund der geringen Sichtbarkeit nicht als erheblich einzustufen ist.

Sonstige Schutzgüter

Bei den Schutzgütern Mensch, Boden, Fläche und Kultur-/Sachgüter treten keine Beeinträchtigungen auf, bei Klima/Luft treten auch positive Effekte auf.

Bilanzierung

Eine zusammenfassende Übersicht der obigen schutzgutbezogenen Bewertung ist in der nachfolgenden Tabelle 9 enthalten. In einer schutzgutübergreifenden Gesamtbetrachtung ergeben sich für das Vorhaben demnach keine Beeinträchtigungen. Ein konkreter Ausgleichsbedarf lässt sich somit nicht ableiten.

Tab. 10: Zusammenfassende Bewertung der Schutzgüter

Schutzgut	Einzelbewertung	Gesamtbewertung
Tiere u. Pflanzen	<ul style="list-style-type: none"> • kein Verlust an ufernahen Brutlebensräumen für Wasservögel • keine relevanter Verlust an Wasserfläche für Haubentaucher u. andere Wasservögel • Anlage von Brutinseln für Wasservögel • Unerhebliche Auswirkungen auf Fische durch Beschattung und mögliche Änderungen bei der Primär- und Sekundärproduktion • Kein Ausweich- oder Meideverhalten der Fische, sondern Nutzung als schützender Unterstand • Installation von Fischkörben • Kleinflächige Vergrämung der Mauereindecke im Teilbereich der Kabeltrasse. • Kleinflächiger, kein erheblicher und nachhaltiger Eingriff ins gesetzlich geschützte Biotop <i>Verlandungsbereich und Feldgehölz am Baggersee Kühl östlich Iffezheim</i> (Nr. 171142163117) infolge der Kabelverlegung. 	keine oder sehr geringe bzw. unerhebliche Beeinträchtigung
Wasser	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Überschreiten der Erheblichkeitsschwelle für die untersuchten Parameter • keine negativen Auswirkungen auf die Qualität und Quantität des Wassers • positive Wirkung, da durch die Verschattung eine Verringerung der Wassertemperatur möglich ist und somit die Auswirkungen des Klimawandels verringert werden 	Positive Auswirkung
Landschaft	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinträchtigung des Landschaftsbildes, aber geringe Sichtbarkeit 	gering bzw. nicht erheblich
Mensch, Boden, Fläche, Klima/Luft und Kultur-/Sachgüter	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Beeinträchtigungen • Positive Wirkungen beim Klima 	Keine Beeinträchtigung, tlw. positive Effekte

9 Planungsalternativen

Die einzige Planungsalternative bestände in der Nichtdurchführung der Eingriffe und der Erhaltung des Status Quo. Somit würden keine Eingriffe in Natur und Landschaft stattfinden und die positiven Aspekte insbesondere auf eine nachhaltige klimaschonende und unabhängige Energieerzeugung nicht zum Tragen kommen.

Durch die diskutierten Ausgleichs- und Vermeidungsmaßnahmen wird der Eingriff in Natur und Landschaft minimiert, während gleichzeitig eine infrastrukturelle Aufwertung hervorgerufen wird.

10 Sonstige Angaben

Methodik der Umweltprüfung

Die Beschreibung der Situation vor Ort beruht auf eigenen Geländebegehungen in den Jahren 2022 und 2023 zum Schutzgut Tiere und Pflanzen sowie zum Landschaftsbild. Des Weiteren wurden Informationen des Daten- und Kartendienstes der LUBW Baden-Württemberg ([www. http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/](http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/)) und der Auswertung verfügbarer Unterlagen berücksichtigt.

Maßnahmen zur Überwachung der Auswirkungen

Bei schwimmenden PV-Anlagen handelt es sich zumindest in Deutschland bislang noch um eine neue Anwendung zur Energieerzeugung. Dementsprechend liegen noch vergleichsweise geringe Kenntnisse zu den konkreten Auswirkungen der Anlagen insbesondere auf die Limnologie der Gewässer und Wasservögel vor. Um die oben prognostizierten Umweltauswirkungen der geplanten PV-Anlage auf dem Baggersee Kühl/Peter zu überprüfen, ist daher die Durchführung eines Monitorings zu empfehlen. Dementsprechend wird folgender Untersuchungsumfang vorgeschlagen:

- Erfassung brütender Wasservögel
- Limnologische Untersuchung (s. Kap. 2.6.1)

Aus den Untersuchungsergebnissen lässt sich die Notwendigkeit eines Risikomanagements bzw. von Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen ableiten.

Ein entsprechendes Monitoringprogramm mit festgelegten Untersuchungsparametern und Zeitintervallen wird zum erforderlichen Zeitpunkt zwischen Behörde und Antragstellerin abgestimmt. Es ist vorgesehen, das Monitoringprogramm in Abhängigkeit der gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich der zeitlichen Abstände anzupassen.

11 Gesamtbewertung

Der vorliegende Umweltbericht kommt zusammenfassend zum Ergebnis, dass im Zuge der Umformung und Umnutzung der Eingriffsfläche die Schutzgüter Tiere, Pflanzen, Fläche, Boden, Wasser, Landschaft, Klima, Mensch, Kultur- und Sachgüter weder durch direkte oder indirekte, noch durch sekundäre, kumulative, grenzüberschreitende, mittel- oder langfristige, ständige oder vorübergehende negative Auswirkungen erheblich beeinträchtigt werden.

12 Allgemeinverständliche Zusammenfassung

12.1 Inhalte und Ziele des Bebauungsplans

Die Gemeinde Iffezheim plant die Aufstellung des Bebauungsplans *Schwimmende Photovoltaikanlage Kühlsee*. Hintergrund dazu stellt die Absicht der Erdgas Südwest GmbH dar, auf dem Baggersee der EKS Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG (EKS) eine schwimmende PV-Anlage zu errichten (s. Anlage 1). Die geplante Anlage besitzt eine Größe von maximal 3,4 ha und nimmt maximal 3,8 % der aktuellen Seefläche (89,3 ha) ein. Der Mindestabstand zu den Ufern beträgt mehr als 44 m. Die gewonnene Energie dient der Eigenversorgung des Kieswerks der Fa. EKS und des Betonsteinwerks der Kronimus AG. Der überschüssig erzeugte Strom wird ins Netz eines regionalen Energieversorgers eingespeist.

12.2 Schutzgutbezogene Umweltprüfung

12.2.1 Schutzgut Boden

Bestandsbeschreibung und -bewertung

Auf den für die Lagerung, Montage und Leitungsverlegung vorgesehenen Betriebsflächen der Fa. EKS und peterbeton sind aufgrund des erfolgten Trockenabbaus sandige *Lockeresteinsrohböden (Syroseme)* vorhanden. Durch die ständige Befahrung und Überlagerung der Fläche ist die weitere Entwicklung des Bodens (Ausbildung von humosen Oberböden, biogene Bodenentwicklung etc.) stark eingeschränkt. Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit sind die Böden der Betriebsflächen nur als *geringwertig* einzustufen.

Eingriffsbeschreibung und -bewertung

Die Nutzung der Betriebsfläche der Fa. peterbeton als Lager und Montagestandort der FPV-Anlage führt zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung der dort anstehenden überprägten Rohböden. Darüber hinaus stellt die Nutzung des Bodens durch die Montage der Modulboote keine andersartige Überprägung der Böden der Werksfläche dar, als die bisherige

Nutzung als Regie- und Lagerfläche. Eine zusätzliche Beeinträchtigung des Schutzgutes Boden ist mit den Montagearbeiten nicht verbunden.

Ein maßgeblicher Eingriff in bisher ungestörte Böden ist mit der Leitungsverlegung nicht verbunden. Betroffen sind nur geringwertige Rohböden mit initialer Bodenentwicklung im Bereich der Uferböschung. Darüber hinaus wird bei der Verlegung der Kabel nur kleinflächig in den Boden eingegriffen.

12.2.2 Schutzgut Wasser

Bestandsbeschreibung und -bewertung

Das Schutzgut Wasser wird in einem eigenständigen umfangreichen limnologischen Gutachten abgehandelt (s. Anhang 3). Danach weist der Kühlsee im Istzustand keine Belastungen oder Negativentwicklungen auf.

Eingriffsbeschreibung und -bewertung

Erhebliche Auswirkungen durch stoffliche Einträge können aufgrund der Eigenschaften der eingesetzten Betriebsmittel und der getroffenen Sicherheitsvorkehrungen ausgeschlossen werden.

Relevante Auswirkungen auf die limnologischen Verhältnisse und damit auch auf das aus dem See abfließende Grundwasser sind für den betrachteten Überdeckungsgrad von 3,8 % der Seefläche nicht zu erwarten. Die deutlichste vorhabensbedingte Änderung ist eine Reduzierung der Seewasserverdunstung. Dies wird vom Gutachter vor dem Hintergrund der zu erwartenden Temperaturerhöhung infolge des Klimawandels jedoch positiv gewertet, da damit eine Erhöhung der Grundwasserneubildung verbunden ist. Der Gutachter kommt daher zu dem Schluss, dass die geplante FPV-Anlage uneingeschränkt im Kühlsee ohne nachteilige Effekte errichtet werden kann.

Da keine Auswirkungen auf die Qualität und Quantität des Wassers gegeben sind, sind auch die Bewirtschaftungsziele der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) nicht durch das geplante Vorhaben betroffen. Das Verschlechterungsverbot nach der WRRL wird eingehalten.

12.2.3 Schutzgut Klima und Luft

Bestandsbeschreibung und -bewertung

Der Seefläche erfüllt eine abdämpfende Ausgleichsfunktion im Temperaturhaushalt. Über einer Seefläche wird im Gegensatz zur Landfläche die aus der Umgebung herangeführte Luft am Tage bzw. im Sommer abgekühlt, in der Nacht bzw. im Winter hingegen erwärmt.

Nach der Klimaanalyse für die Region Mittlerer Oberrhein (INGENIEURBÜRO LOHMEYER 2009) erfüllt der Kühlsee keine lokalklimatisch wertvolle Funktion. Die ausgleichende Funktion

der Wasserfläche ist für die Temperaturverhältnisse in den benachbarten Siedlungsbereichen von geringer Bedeutung.

Die geplanten Lager- und Montageflächen auf dem Werksgelände der Fa. peterbeton zeichnen sich durch vegetationsarme Rohböden aus, die sich schneller erwärmen und auskühlen als vegetationsbestandene Flächen. Sie sind daher für die lokalklimatischen Verhältnisse von nachrangiger Bedeutung.

Eingriffsbeschreibung und -bewertung

Mit der Errichtung der FPV-Anlage werden ca. 3,8 % der Wasserfläche des bestehenden Baggersees überdeckt. Die Überdeckung hat keinen maßgeblichen Einfluss auf den Niederschlagseintrag. Durch die Beschattung reduzieren sich jedoch die Wassertemperatur und die Windgeschwindigkeiten über der Wasserfläche. Nach der Modellprognose des limnologischen Gutachtens resultiert als einzige relevante Änderung aus dem Vorhaben eine Abnahme der Seewasserverdunstung. Diese wird jedoch als positiv im Hinblick auf die Klimaänderungen bewertet. Die Gesamtauswirkung auf die klimasteuernden Funktionen des Sees kann als unerheblich eingestuft werden.

Bioklimatischen Auswirkungen

Weder aus der im Rahmen des limnologischen Gutachtens durchgeführten Literaturlauswertung und noch aus der Modellprognose zu Einflüssen einer Überdeckung von Seeflächen können maßgebliche Auswirkungen auf die bioklimatischen Verhältnissen im Umfeld des Sees abgeleitet werden.

Vorhabensbedingte Auswirkungen auf die CO₂-Reduktion

Mit der Errichtung und dem Betrieb der PV-Anlage wird eine erneuerbare Energiequelle nutzbar gemacht und die Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern substituiert. Dadurch trägt das Vorhaben deutlich zur Reduzierung der CO₂-Emissionen somit auch zur Minderung des durch die Treibhausgasfreisetzung bedingten Klimawandels bei.

Die geplante Anlage ist für eine Gesamtleistung von ca. 6 MWp ausgelegt. Nach den Prognosen von Erdgas Südwest wird ein 3,7 MWp-Anlagenteil ca. 4,1 Mio. kWh und ein 2,3 MWp-Anlagenteil ca. 2,4 Mio. kWh Strom pro Jahr erzeugen. Damit ist eine Produktion von ca. 6.500.000 kWh/a zu erwarten.

Das UMWELTBUNDESAMT (2023) gibt für die spezifische Treibhausgasbilanz von Photovoltaik einen Netto-Vermeidungsfaktor von 684 g CO₂-eq./kWh an. Daraus ergibt sich eine überschlägig ermittelte Reduktion der Treibhausgasemissionen von ca. 4.450 t CO₂-eq. pro Jahr.

12.2.4 Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt

Bestandsbeschreibung und -bewertung

Bei der Erfassung der Wasserpflanzenvegetation wurden 13 Arten nachgewiesen, darunter zwei gefährdete Arten (s. Anhang 4). Die Wasserpflanzen kommen bis zu einer Seetiefe von maximal 6,4 m vor. Der Baggersee weist insgesamt eine mittlere bis hohe Bedeutung für Wasserpflanzen auf.

Im Baggersee Kühl/Peter kommen aktuell 13 Fischarten vor. Die Fischfauna setzt sich überwiegend aus anspruchslosen Arten zusammen. Dem Gewässer wird eine mittlere Bedeutung für die regionale wie die potenzielle natürliche Fischfauna zugewiesen.

Im Rahmen der Wasservogel-Untersuchung wurden auf dem gesamten Baggersee mit Haubentaucher (4 Brutpaare), Stockente (RL-BW V, mind. 1 Brutpaar), Blässhuhn (16 Brutpaare), Graugans (1 Brutpaar) vier Brutvogelarten festgestellt. Innerhalb eines 100 m Radius um die PV-Anlage befanden sich neun Wasservogelreviere (7 x Blässhuhn, 1 x Haubentaucher, 1 x Stockente).

Bezogen auf die Seegröße wurden bei den Untersuchungen zu den überwinterten und rastenden Wasservögeln vergleichsweise wenige Arten und Anzahlen festgestellt. Nur zeitweise traten höhere Anzahlen an Blässhühnern auf.

Auf der für Lagerung und Montage vorgesehenen Betriebsfläche der Fa. peterbeton wurde keine Brutvogel- und Amphibienart festgestellt. Dagegen war der Bereich von der Mauereidechse (RL-BW D, RL-D V) und Zauneidechse (RL-BW 3, RL-D V) besiedelt.

Die zur Verlegung der Stromleitung vorgesehene Uferzone im Westen ist Bestandteil des gesetzlich geschützten Biotops *Verlandungsbereich und Feldgehölz am Baggersee Kühl östlich Iffezheim* (Nr. 171142163117) ist. Die angrenzende Böschung im Bereich der Kabeltrasse wird von einem Brombeer-Gestrüpp dominiert. Wertgebende Vogelarten wurden dort nicht festgestellt. Ein Quartierpotential für Fledermäuse liegt dort nicht vor. Dagegen wird der Eingriffsbereich aktuell von der europarechtlich geschützten Mauereidechse (RL-BW D, RL-D V) besiedelt.

Eingriffsbeschreibung und -bewertung

Durch den Mindestabstand der geplanten PV-Anlage von mehr als 44 m zum Ufer tritt eine maßgebliche Beschattung der Wasserpflanzen-Bestände nicht ein.

Eine erhebliche Beeinträchtigung der Fischfauna ist nicht zu erwarten, da durch die vorhabensbedingte Beschattung der Seefläche die pflanzliche Produktion als Nahrungsquelle für die Fische nicht maßgeblich verringert wird und die im Gewässer vorkommenden Fischarten sich nicht nur rein pflanzlich ernähren, sondern auch vom Zooplankton. Um den Fischen dort attraktive Versteckmöglichkeiten zu bieten, sollen unterhalb der Anlage ca. 5 Fischkörbe installiert werden.

Da die geplante Anlage einen ausreichenden Abstand zum Ufer einhält, tritt ein Lebensraumverlust der angrenzend brütenden Wasservögel (v.a. Blässhuhn, Haubentaucher) durch eine Verkleinerung der vorgelagerten Seefläche nicht ein.

Für die sich überwiegend in Ufernähe aufhaltenden Wasservogelarten stellt die vorhabensbedingte Verkleinerung keine erhebliche Verkleinerung ihres Lebensraumes während der Überwinterungs- und Rastzeit für diese Arten dar. Größere Wasservogelansammlungen mit einem entsprechend hohen Flächenbedarf kommen auf dem Baggersee Kühl/Peter nicht vor. Für Wasservogelarten, die grundsätzlich das gesamte Gewässer zur Fischjagd nutzen (Haubentaucher, Kormoran) führt das Vorhaben zu einem Lebensraumverlust. Dennoch bietet der See abseits der PV-Anlage mit einer Größe von rund 86 ha weiterhin ein ausreichendes Angebot an Nahrungshabitaten für diese Wasservogelarten.

Nahrungshabitats der Fledermäuse werden nicht beeinträchtigt, da die Uferzone im Vergleich zur offenen Seefläche eine weitaus größere Insektdichte aufweist und die PV-Anlage aufgrund der uferfernen Lage den bevorzugten Jagdlebensraum der Fledermäuse nicht verändert.

Negative Störfwirkungen auf die im Umfeld vorhandenen Tiere im Rahmen der Baumaßnahmen ergeben sich nicht, da die bei den Montagearbeiten auftretenden Schallemissionen vergleichsweise gering sind. Außerdem liegt eine hohe Vorbelastung durch die dortigen Transport- und Ladevorgänge auf der Betriebsfläche der Fa. peterbeton vor.

Auf der geplanten Montage- und Lagerfläche erfolgte im Frühjahr 2023 eine Umsiedlung der dort vorhandenen Mauer- und Zauneidechsen für den genehmigten späteren Abbau der Betriebsfläche der Fa. peterbeton, sodass dort keine Betroffenheit der Arten mehr vorliegt.

Bei der Verlegung der Stromleitung erfolgt ein sehr kleinflächiger Eingriff in den Gehölzbestand der Uferzone, der Bestandteil des Biotops *Verlandungsbereich und Feldgehölz am Baggersee Kühl östlich Iffezheim* (Nr. 171142163117) ist. Aufgrund des kleinflächigen bzw. schmalen Eingriffs im Bereich der Kabeltrasse und der anschließenden Gehölzsukzession tritt eine nachhaltige und erhebliche Beeinträchtigung nicht ein.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich vorhabensbedingt nur sehr geringe bis geringe Auswirkungen ergeben und keine erhebliche Beeinträchtigungen des Schutzguts Tiere und Pflanzen auftreten. Die geplante PV-Anlage führt nicht zu negativen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt

12.2.5 Schutzgut Landschaft

Bestandsbeschreibung und -bewertung

Der Vorhabensbereich bzw. der Baggersee in Sandweier stellt infolge der anthropogenen Entstehung ein naturraumfremdes Landschaftselement dar. Aufgrund der stellenweise vorhandenen Verlandungsvegetation mit Schilfröhrichten und Gehölzen entlang der Ufer besitzt das Gewässer jedoch den zumindest optischen Charakter eines naturnahen Biotops.

Die große Wasserfläche weist dennoch weiterhin auf den menschengemachten Ursprung hin.

Während eine *Vielfalt* der Landschaftsausprägung im eigentlichen Vorhabensbereich aufgrund der offenen Seefläche nicht gegeben ist, besteht diese teilweise bei Betrachtung eines größeren Raumausschnitts. So zeichnet sich die Landschaft im Norden des Baggersees durch das große zusammenhängende Waldgebiet *Niederwald* und im Nordosten durch die Sandmagerrasen des Naturschutzgebiets *Sandheiden und Dünen bei Sandweier und Iffezheim* aus. Im Osten grenzen einige Ackerflächen an das Gewässer.

Eine naturraumtypische *Eigenart* der Landschaft ist aufgrund der stellenweise anthropogenen Überformung nur bedingt gegeben. So befindet sich im Westen das Kieswerk der Fa. EKS mit dem angrenzenden Gewerbegebiet, im Süden eine Kreisstraße und im Osten die Autobahn A 5. Außerdem verläuft über die Seefläche mit der geplanten PV-Anlage eine größere Freileitung. Kulturhistorische Nutzungsformen sind nicht vorhanden.

Das Kriterium der *Schönheit* wird durch die anthropogene Überformung nur eingeschränkt erfüllt.

Eingriffsbeschreibung und -bewertung

Als technisches bzw. naturfremdes Element in der freien Landschaft beeinträchtigt die geplante PV-Anlage das Landschaftsbild. Aufgrund des großen Abstandes zwischen Wasserfläche und Geländehöhe oberhalb der Abbauböschung von mehreren Metern und der damit verbundenen tieferen Lage des Baggersees im umgebenen Gelände ist jedoch grundsätzlich eine geringe Einsehbarkeit auf das Gewässer gegeben. Die auf der ehemaligen Abbauböschung im Süden vorhandenen Gehölzbestände verhindern eine Sichtbarkeit der Anlage von der dort verlaufenden Kreisstraße. Eine Wahrnehmbarkeit besteht jedoch an einigen Stellen von der im Osten um den See zum Strandbad verlaufenden Zufahrtstraße. Aufgrund der großen Entfernung wird die PV-Anlage aber nur im Hintergrund bzw. als kleinflächige Ausprägung zu sehen sein. Vom Westufer aus besteht eine Einsehbarkeit auf die Anlage nur von der durchs Gewerbegebiet führenden Zufahrtsstraße zum Kieswerk der Fa. EKS.

Eine öffentliche Zugänglichkeit zum tieferliegenden Seeufer mit einer direkten Sicht auf das Gewässer existiert aufgrund der Einzäunung nur im Bereich des am Nordufer gelegenen Strandbads. Von dort wird die geplante PV-Anlage aufgrund der Entfernung jedoch nur als kleinflächige Anlage erkennbar sein.

Eine Zugänglichkeit zum Ufer ist für die Mitglieder des örtlichen Angelvereins gegeben. Angelplätze befinden sich u.a. am West- und Südufer gegenüber der geplanten PV-Anlage. Infolge der geringen Höhe von ca. 0.9 m der PV-Anlage werden jedoch die gegenüberliegenden höheren Uferstrukturen weiterhin erkennbar sein.

12.2.6 Schutzgut Fläche

Bestandsbeschreibung und -bewertung

Der mit der Errichtung der PV-Anlage beanspruchte Bereich erstreckt sich größtenteils auf die offene Seefläche, die vor allem eine Bedeutung als Wasserlebensraum für Pflanzen und Tiere besitzt.

Die Lagerung und Montage der PV-Module erfolgt auf dem Kieswerksgelände der Fa. peterbeton, welches betriebsbedingt bereits stark anthropogen beansprucht ist und eine geringe Bedeutung für das Schutzgut Fläche aufweist.

Eingriffsbeschreibung und -bewertung

Aus der Nutzung der Seefläche ergeben sich keine relevanten Änderungen der gewässerökologischen und limnologischen Verhältnisse (s. Schutzgut Wasser). Auch die bestehenden Nutzungen des Oberflächengewässers werden durch das geplante Vorhaben nicht maßgeblich beeinträchtigt.

Zur Montage der PV-Anlage werden über einen begrenzten Zeitraum Bereiche der intensiv überprägten Betriebsfläche der Fa. peterbeton genutzt. Dadurch sind weder ungestörte Böden betroffen, noch kommt es zu einer Versiegelung von Flächen.

12.2.7 Schutzgut Mensch und seine Gesundheit

Bestandsbeschreibung und -bewertung

Der Flächennutzungsplan (FNP) der Vereinbarten Verwaltungsgemeinschaft Rastatt vom 09.05.2005 weist die Seefläche auf Iffezheimer Gemarkung als *Baggersee* und als *Konzessionsfläche* für den Rohstoffabbau aus. Mit dem laufenden Abbau des Rohstoffs Kies und dessen Aufbereitung vor Ort nimmt der Standort eine hohe Bedeutung für die Funktion Arbeit ein.

Der Baggersee Kühl/Peter unterliegt neben der Rohstoffgewinnung mehreren Freizeitnutzungen. So wird das Gewässer vom Angelsportvereins Sandweier 1966 e.V. fischereilich genutzt. Das Angeln ist grundsätzlich am südlich und westlich des geplanten FPV-Anlagenstandorts gelegen Ufer erlaubt. Am nördlichen Seeufer befindet sich das neu angelegte Strandbad Sandweier der Stadt Baden-Baden.

Eingriffsbeschreibung und -bewertung

Aufgrund der räumlichen Nähe von Arbeitsbereichen des Kieswerks stehen die Vorkehrungen zum Schutz der Sicherheit und Gesundheit des Menschen im Vordergrund der nachfolgenden Eingriffsbewertung.

Der Kiesabbau kann parallel zum Betrieb der geplanten PV-Anlage weiterhin erfolgen, ohne dass es zu einer gegenseitigen Beeinträchtigung kommt.

Durch die Lage des Vorhabens im Freiwasserbereich und nur eine geringe terrestrische Flächenbelegung, ausschließlich im Bereich des Betriebsgeländes, werden Konflikte mit anderen Nutzungen vermieden.

Die Angelstandorte entlang des Süd- und Westufers können weiterhin durch den Angelsportverein 1966 Sandweier e.V. genutzt werden. Die schwimmende Anlage nähert sich maximal bis auf 44 m dem Ufer an. In den terrestrischen Uferbereich wird nur kurzzeitig und kleinflächig bei der Verlegung des Kabels und von der FPV-Anlage zu den Einspeisepunkten eingegriffen. Der Angelsportverein ist über das Vorhaben informiert.

Durch eine engmaschige Überwachung und Wartung der Anlage und den getroffenen Vorkehrungen für den Havariefall sowie gegen Feuer, Stromschlag und Vandalismus können die Eintrittswahrscheinlichkeit eines größeren Schadens sowie einer Gefährdung von Mensch und Umwelt minimiert werden.

Bei der geplanten PV-Anlage stellt mit Ausnahme des Transformatorenöls eine betriebsmittelfreie Anlage dar. Bei dem Transformatorenöl handelt es sich um pflanzenölester-basiertes Öl, welches als biologisch abbaubar ist und als nicht toxisch für Wasserorganismen eingestuft wird. Zusätzlich wird einer Freisetzung des Öls durch Auffangwannen und der Ausgestaltung der TrafoblöÙe entgegengewirkt.

Mit einem Eintrag von wasser- oder gesundheitsgefährdenden Stoffen in den See durch die Errichtung oder den Betrieb der Anlage ist nicht zu rechnen. In Abriebtests wurde nachgewiesen, dass ein relevanter Eintrag von Mikroplastik in den Baggersee auszuschließen ist. Auch aus der Oberflächenbeschichtung der Stahlelemente wird deutlich weniger Zink ausgetragen als aus konventionell beschichteten Elementen.

Einer Gefährdung der menschlichen Sicherheit und Gesundheit wird durch zahlreiche Vorkehrungen, durch das Anlagendesign sowie durch die Auswahl geeigneter Materialien begegnet.

Insgesamt sind keine maßgeblichen negativen Auswirkungen auf das Schutzgut Mensch und die menschliche Gesundheit zu besorgen.

12.2.8 Schutzgut Kultur- und Sachgüter

Bestandsbeschreibung und -bewertung

Kultur- oder Sachgüter sind im Baggersee Sandweier nicht vorhanden. Die Seefläche, auf der die FPV-Anlage installiert werden soll, wird von einer Freileitung (380-kV-Gemeinschafts-Leitung *Kühmoos-Daxlanden* der TransnetBW GmbH) überquert.

Auf den geplanten Lager- und Montageflächen der Fa. peterbeton existieren keine Infrastruktureinrichtungen oder sonstige Sachgüter. Die geplante Kabeltrasse soll entlang der westlichen Uferböschung sowie durch überbaute Fläche des Iffezheimer Gewerbegebietes verlaufen. In diesem Bereich ist mit dem Antreffen verschiedener Versorgungsleitungen zu rechnen. Eine nicht mehr betriebene Telekommunikationsleitung der Telekom verläuft parallel zum Weg entlang des westlichen Ufers. Da der konkrete Verlauf der Kabeltrasse noch

nicht festgelegt ist, können zu den möglicherweise betroffenen Versorgungsleitungen noch keine Angaben gemacht werden.

Eingriffsbeschreibung und -bewertung

Da innerhalb des Geltungsbereichs keine Kultur- und Sachgüter bestehen, erfolgt kein Eingriff in diese Schutzgüter. Der Betrieb der 380-kV-Gemeinschafts-Leitung *Kühmoos-Daxlanden* der TransnetBW GmbH wird durch die geplante FPV-Anlage nicht beeinträchtigt. Erforderliche Wartungsarbeiten, wie bspw. der Austausch von Leiterseilen sind weiterhin möglich. Nach Festlegung des genauen Verlaufs der Kabeltrasse wird vor Beginn der Bauarbeiten eine Leitungsrecherche durchgeführt. Eine Beeinträchtigung von Sachgütern ist mit dem geplanten Vorhaben nicht verbunden.

12.2.9 Wechselwirkungen

Über die direkten vorhabensbedingten Auswirkungen auf die genannten Schutzgüter hinaus, können zusätzliche Effekte infolge von Wechselwirkungen zwischen den Einzelschutzgütern entstehen. Im vorliegenden Fall ergeben sich, wie in den vorausgegangenen Kapiteln ausgeführt, jedoch nur geringfügige Auswirkungen auf die einzelnen Schutzgüter. Diese geringfügigen Auswirkungen sind nicht geeignet, um Wechselwirkungen mit erheblichen Umweltauswirkungen hervorzurufen.

12.2.10 Kumulative Wirkungen

Unter kumulativen Wirkungen werden Wirkungen verstanden, die durch mehrere Projekte bzw. Eingriffe verursacht werden. Zu den Vorhaben, die möglicherweise zu kumulativen Wirkungen mit der beantragten PV-Anlage führen können, gehören die im Jahr 2019 genehmigte Abbauerweiterung *Forlenspitzen* der Fa. EKS, die zu einer Vergrößerung der Baggerseefläche um 18,3 ha nach Norden führt, sowie die genehmigten und beantragten Abbauvorhaben der Fa. peterbeton. Das dem geplanten Standort der FPV-Anlage nächstgelegene Vorhaben der Fa. peterbeton ist die Rohstoffgewinnung im Bereich der Regiefläche.

Die obige Umweltprüfung zur geplanten FPV-Anlage kommt zu dem Ergebnis, dass bei den Schutzgütern Mensch, Fläche, Boden, Klima, Wasser und Sachgüter jeweils nur sehr geringe oder geringe Auswirkungen auftreten. Auch beim Schutzgut Tiere und Pflanzen sind die Auswirkungen durch die geplante PV-Anlage sehr gering, die sich vor allem auf die Fischfauna und Wasservögel erstrecken. Somit ergeben sich für diese Tiergruppen keine erheblichen Beeinträchtigungen durch kumulative Wirkungen.

Beim Schutzgut Landschaft ergibt sich infolge einer Erweiterung des Nassabbaus eine grundlegende Veränderung des Landschaftsbildes, da ein terrestrischer Landschaftsausschnitt in einem aquatischen Lebensraum umgewandelt wird. Durch die Rekultivierungsmaßnahmen entstehen an den neuen Uferzonen ein naturnahe Ausprägung. Im Zuge einer abbaubedingten Vergrößerung des Baggersees verkleinert sich der Anteil der PV-Anlage. Eine erhebliche Beeinträchtigung der Landschaft tritt insgesamt nicht ein.

12.3 Artenschutzrechtliche Beurteilung

Die artenschutzrechtliche Beurteilung des Vorhabens kommt zu dem Ergebnis, dass die Verbotstatbestände des § 44 Bundesnaturschutzgesetz unter Berücksichtigung von Vermeidungsmaßnahmen nicht ausgelöst werden.

12.4 Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen

Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen

Um vorhabensbedingte Beeinträchtigungen zu vermeiden oder zu minimieren, werden die notwendigen Gehölbeseitigungen außerhalb der Brutzeit der Vögel durchgeführt. Nach Möglichkeit soll die PV-Anlage zur Vermeidung von Störungen außerhalb der Vogelbrutzeit, d.h. von Anfang Oktober bis Ende Februar errichtet werden. Vor Errichtung der Kabeltrasse erfolgt eine Vergrämung der dort lebenden Mauereidechsen.

Ausgleichsmaßnahmen

Ein konkreter funktioneller Ausgleichsbedarf im Rahmen einer Eingriffs-/Ausgleichsbilanz lässt sich aufgrund der geringfügigen Auswirkungen bei den jeweiligen Schutzgütern nicht ableiten.

Um dennoch die allgemeinen Lebensraumbedingungen für die geringfügig betroffenen Tiergruppen zu verbessern, sollen sechs Brutinseln für die Wasservögel und Totholzstrukturen für Fische im Uferbereich des Baggersees angelegt werden.

Zur Schaffung von Fischunterständen und Laichstrukturen werden zehn großvolumige Körbe („Biohuts“) mit hohen Lückensystemen unter der Anlage bzw. direkt unter der Wasserlinie angebracht.

13 **Verwendete Unterlagen**

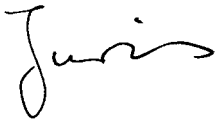
- BAUER, H.-G., HEINE, G., SCHMOLZ, M., STARK, H. & S. WERNER (2010): Ergebnisse der landesweiten synchronen Wasservogelerfassungen in Baden-Württemberg im November 2008 und Januar 2009. Ornithol. Jh. Bad.-Württ. 26: 95-220.
- BERNOTAT, D., & V. DIERSCHKE (2015): Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen. 2. Fassung, Stand 25.11.2015.
- BEZZEL, E. (1985): Kompendium der Vögel Mitteleuropas, Nonpasseriformes – Nichtsingvögel. Aula-Verlag.
- BEZZEL, E. (1993): Kompendium der Vögel Mitteleuropas, Passeres - Singvögel. Aula-Verlag.
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2019): Internethandbuch zu den Arten der FFH-Richtlinie Anhang IV; <https://ffh-anhang4.bfn.de/>.
- BICK, U. (2016): Die Rechtsprechung des BVerwG zum Artenschutzrecht. Natur und Recht 38 (2): 73-78.
- BRAUN, M. & DIETERLEN, F. (Hrsg.) (2003): Die Säugetiere Baden-Württembergs, Bd. 1. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- BRAUN, M. & DIETERLEN, F. (Hrsg.) (2005): Die Säugetiere Baden-Württembergs, Bd. 2. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- DMA MINERALAUFBEREITUNG GMBH (2018): UVP-Bericht (UVS) unter Einschluss des Besonderen Artenschutzes und der NATURA 2000-Verträglichkeit zum Kiesabbau Rhinau – Vertiefung. Gutachten unter www.uvp-verbund.de
- DOERPINGHAUS, A., EICHEN, C., GUNNEMANN, H., LEOPOLD, P., NEUKIRCHEN, M., PETERMANN, J. & E. SCHRÖDER (2005): Methoden zur Erfassung von Arten der Anhänge IV und V der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie. – Naturschutz u. Biologische Vielfalt 20.
- GARNIEL, A., DAUNICH, W.D., MIERWALD, U. & OJOWSKI, U. (2007): Vögel und Verkehrslärm. Quantifizierung u. Bewältigung entscheidungserheblicher Auswirkungen von Verkehrslärm auf die Avifauna. Schlussbericht 2007/Kurzfassung. FuE-Vorhaben des Bundesministeriums f. Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 273 S. Bonn/Kiel.
- GARNIEL, A. & MIERWALD, U. (2010): Arbeitshilfe Vögel und Straßenverkehr, Ausgabe 2010. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums f. Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. 140 S.
- GEDEON, K., GRÜNEBERG, C., MITSCHKE, A., SUDFELDT, C. EIKHORST, W., FISCHER, S., FLADE, M., FRICK, S., GEIERSBERGER, I., KOOP, B., KRAMER, M., KRÜGER, T., ROTH, T., RYSLAVY, T., STÜBING, S., SUDMANN, S. R., STEFFENS, R., VÖKLER, F. & K. WITT (2014): Atlas Deutscher Brutvogelarten. Stiftung Vogelmonitoring Deutschland und Dachverband Deutscher Avifaunisten, Münster.

- HARTMANN, F. (2007): Totholzeintrag zum Schutz von Fischen vor Kormoranen? – Totholzprojekt Knielinger See. Gutachten im Auftrag des Angelvereins Karlsruhe e.V. (http://www.marcosander.de/pdf/rpk33_totholz_kurzbericht.pdf).
- HÖLZINGER, J. (1997): Die Vögel Baden-Württembergs, Bd. 3.2, Singvögel 2. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- HÖLZINGER, J. (1999): Die Vögel Baden-Württembergs, Bd. 3.1, Singvögel 1. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- HÖLZINGER, J. & U. MAHLER (2001): Die Vögel Baden-Württembergs, Bd. 2.3, Nicht-Singvögel 3. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- HÖLZINGER, J. & BOSCHERT, M. (2001): Die Vögel Baden-Württembergs, Bd. 2.2, Nicht-Singvögel 2. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- HÖLZINGER, J. & H.-G. BAUER (2011): Die Vögel Baden-Württembergs, Bd. 2.0, Nicht-Singvögel 1.1. Ulmer-Verlag Stuttgart.
- HÖLZINGER, J. & H.-G. BAUER (2018): Die Vögel Baden-Württembergs, Bd. 2.1.1, Nicht-Singvögel 1.2. Ulmer-Verlag Stuttgart.
- HÖLZINGER, J. & H.-G. BAUER (2021): Die Vögel Baden-Württembergs, Bd. 2.1.2, Nicht-Singvögel 1.3. Ulmer-Verlag Stuttgart.
- HÖSCHELE, K. (1984): Klimatologische Beurteilung im Rahmen der Gesamtplanung zur Materialentnahme. In: RVMÖ (1984): Materialentnahme Baden-Baden-Sandweier/Iffezheim.
- HÜPPOP, O., H.-G. BAUER, H., HAUPT, T., RYSLAVY, P. SÜDBECK & J. WAHL (2013): Rote Liste wandernder Vogelarten Deutschlands, 1. Fassung, 31. Dezember 2012. Ber. Vogelschutz 49/50: 23–83.
- HVNL-ARBEITSGRUPPE ARTENSCHUTZ, KREUZIGER, J. & BERNHAUSEN, F. (2012): Fortpflanzungs- und Ruhestätten bei artenschutzrechtlichen Betrachtungen in Theorie und Praxis, Grundlagen, Hinweise, Lösungsansätze – Teil 1: Vögel. Naturschutz und Landschaftsplanung 44 (8): 229-237.
- INGENIEURBÜRO LOHMEYER GMBH & Co. KG (2009): Ermittlung natürlicher klimatischer Ausgleichsfunktionen in der Region Mittlerer Oberrhein.- Gutachten im Auftrag des Regionalverband Mittlerer Oberrhein, 62 S., Radebeul.
- KRAMER, M., H.-G. BAUER, F. BINDRICH, J. EINSTEIN & U. MAHLER (2022): Rote Liste der Brutvögel Baden-Württembergs. 7. Fassung, Stand 31.12.2019. Naturschutz-Praxis Artenschutz 11.
- LAWA EXPERTENKREIS SEEN (2023): Arbeitshilfe für die gewässerökologische Beurteilung von Seen als Standorte für schwimmende Photovoltaikanlagen (FPV-Anlagen).- 10 S.
- LAUFER, H., FRITZ, K. & P. SOWIG (2007): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart.

- LGRB (LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU) (2023): Bodenkarte von Baden-Württemberg 1:50.000.- LGRB Kartenviewer.
- LÜTTMANN, J., KIEL, E.-F., JAHNS-LÜTTMANN, U. & M. KLUßMANN (2019): Wirksamkeit und Monitoring von Artenschutzmaßnahmen – Operationalisierung im Bundesland Nordrhein-Westfalen. *Naturschutz- und Landschaftsplanung* 51 (2): 78-88.
- LUBW (LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNG UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG, HRSG.) (2010): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit - Leitfaden für Planungs- und Gestattungsverfahren.- Bodenschutz, Heft 23, Karlsruhe
- LUBW (LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG, HRSG.) (2018): Arten, Biotope, Landschaft – Schlüssel zum Erfassen, Beschreiben und Bewerten, 5. ergänzte und überarbeitete Auflage.
- LUBW (LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG, Hrsg.) (2019): FFH-Arten in Baden-Württemberg – Erhaltungszustand 2019 der Arten in Baden-Württemberg. Karlsruhe.
- LUBW (LANDESANSTALT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG, Hrsg.) (2022): Beschreibung der FFH-Anhang IV-Arten. Internetseite der LUBW (www.lubw.baden-wuerttemberg.de).
- REGIONALVERBAND MITTLERER OBERRHEIN (2021): Regionalplan Mittlerer Oberrhein 2003 - Karlsruhe.
- ROYAL HASKONING DHV (2022): Ergebnisse einer Vogeluntersuchung am Weperpolder. Auszug aus einer unveröffentlichten Präsentation der BayWa r.e. zur Ökologie von Floating-PV Anlagen.
- RUNGE, H., SIMON, M. & WIDDIG, T. (2009): Rahmenbedingungen für die Wirksamkeit von Maßnahmen des Artenschutzes bei Infrastrukturvorhaben. FuE-Vorhaben im Rahmen des Umweltforschungsplanes des BMU im Auftrag des BfN. Hannover, Marburg.
- RYSLAVY, T., H.-G. BAUER, B. GERLACH, O. HÜPPOP, J. STAHRMER, P. SÜDBECK & C. SUDFELDT (2020): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands – 6. Fassung, 30. September 2020. *Berichte zum Vogelschutz* 57: 13-122.
- SCHLEGEL, JÜRIG (2019): Auswirkungen von Photovoltaikanlagen auf Biodiversität und Umwelt. Literaturstudie im Auftrag der EnergieSchweiz.
- SIEDENTOP, S. (2001): Zum Umgang mit kumulativen Umweltwirkungen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung. *UVP-Report* 15 (2): 88-93.
- STOCK, M., BERGMANN, H.-H., HELB, H.-W., KELLER, V., SCHNIDRIG-PETRIG, R. & ZEHNTER, H.-C. (1994): Der Begriff Störung in naturschutzorientierter Forschung: ein Diskussionsbeitrag aus ornithologischer Sicht. *Zeitschrift f. Ökologie u. Naturschutz* 3: 49-57.
- SÜDBECK, P., ANDRETTZKE, H., FISCHER, S., GEDEON, K., SCHIKORE, T., SCHRÖDER, K. & C. SUDFELDT (2005): Methodenstandards zu Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Radolfzell.
- TRAUTNER, J., KOCKELKE, K., LAMBRECHT, H. & J. MAYER (2006a): Geschützte Arten in Planungs- und Zulassungsverfahren. Books on Demand GmbH, Norderstedt.

- TRAUTNER, J., LAMBRECHT, H., MAYER, J. & G. HERMANN (2006b): Das Verbot der Zerstörung, Beschädigung oder Entfernung von Nestern europäischer Vogelarten nach § 44 BNatSchG und Artikel 5 Vogelschutzrichtlinie – fachliche Aspekte, Konsequenzen und Empfehlungen. Naturschutz in Recht und Praxis – online (1): 1-20.
- UNIVERSITÄT STUTTGART (2017): Schadstofffreisetzung aus Photovoltaik-Modulen – Abschlussbericht (Förderkennzeichen 0325751).- 138 S., Stuttgart
- UMWELTBUNDESAMT (2023): Photovoltaik – <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik#photovoltaik>; Abruf vom 13.10.2023
- VEREINBARTE VERWALTUNGSGEMEINSCHAFT RASTATT (2005): Flächennutzungsplan vom 09.05.2005

Karlsruhe, den 15.05.2024



B. Juris
arguplan GmbH

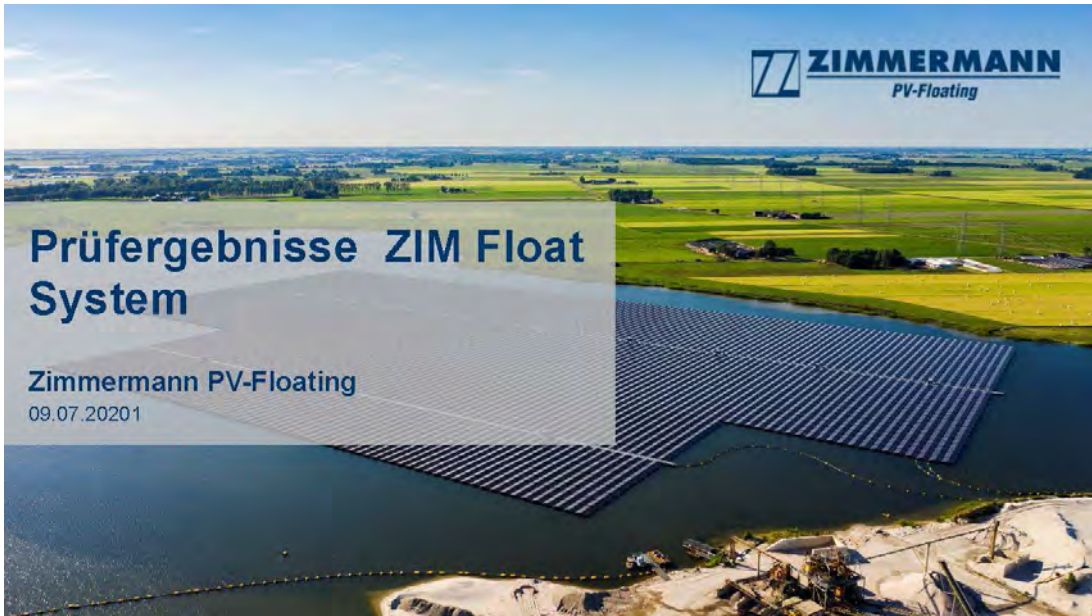
Bearbeitung:

Christoph Artmeyer, Dipl.-Landschaftsökologe

Ingo Gueinzus, Dipl.-Geograph

Anhang 1

Testergebnisse zur Stabilität und zum Umweltverhalten der Anlagenkomponenten (Zimmermann PV-Floating)



Prüfkonzept Z-Float



Anforderungsprofil von DNV GL

Anforderung der empfohlenen Praxis für Design, Entwicklung und Betrieb von schwimmenden Solar-Photovoltaik-Anlagen, veröffentlicht von DNV GL

DNV GL Specification		Option 1	Option 2	Option 3	Option 4	Option 5	Testing
5.7.2.2 Test for impact strength	ISO 179-1:2010	ASTM D256	ASTM D6110	ISO 180			
5.7.2.3 Test for tensile strength	ISO 527-1:2019	EN 10002-1	ASTM D638				
5.7.2.4 Test for durability	ASTM D2990 - 17	ASTM D1693 - 15	ISO 22088				
5.7.2.5 Test for degradation (UV and thermal)	ISO 4892-3: 2016	ISO 4892-2: 2013	ASTM G154	ASTM G155	EN 16472:2014		
5.7.2.6 Test for fire resistance	UL 94 Standard	IEC 60707	ISO 9773	ISO 9772	ASTM D635	ASTM D3801	DIN 75200
5.7.2.7 Test for non-toxicity							

Prüfkonzept Z-Float



5.7.2.2 Prüfung auf Schlagzähigkeit ISO 179-1:2010

- Der Begriff Schlagzähigkeit wird verwendet, um die Beständigkeit eines Kunststoffbauteils gegen Erschütterungen oder Stöße zu beschreiben. Es wird im Labor mit standardisierten Tests gearbeitet. Der gebräuchlichste Test ist der Charpy-Test (ISO 179-1A), bei dem spritzgegossene Prüfkörperstäbe mit einer Kerbe (vorgegebene Sollbruchstelle) versehen, geklemmt und mittels eines Schlagpendels durchbrochen werden.
- Die dabei eingesetzte Kraft pro Fläche drückt die Schlagzähigkeit aus. Da die Schwimmer sowohl im Tiefen als auch im Flächen eingesetzt werden und auch bei hohen Temperaturen stabil sein müssen, sind die Werte bei -30 °C und 23 °C von Interesse.

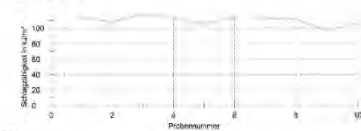
Spezifikation der Rohstoffe: 80 kJ/m (ISO 179-1A, -30 °C)
 Kunststoff-Institut Lüdenscheid: 110 kJ/m (ISO 179-1A, 23 °C) 73 kJ/m (ISO 179-1A, -30 °C)

- Die leichte Differenz der Werte bei -30 °C liegt innerhalb der Toleranz. Die Ergebnisse zeigen, dass das verwendete HDPE gegen starke Schläge resistent ist.

Ergebnisse:

Legende	Versagensart	b _u mm	b _l mm	h mm	W J	W(%) %	α _C kJ/m²	α _{0-C} kJ/m²	α _{0-P} kJ/m²	α _{0-N} kJ/m²	Hinweis
1	P	8,162	10,1	4,24	2,9162	75,0	113,76	-	113,76	-	-
2	P	8,164	10,12	4,09	2,9164	72,2	109,12	-	109,12	-	-
3	P	8,18	10,13	4,138	3,0668	79,7	118,12	-	118,12	-	-
4	P	8,17	10,13	4,1	3,7611	75,7	112,94	-	112,94	-	-
5	P	8,18	10,13	4,12	3,0624	71,2	105,63	-	105,63	-	-
6	P	8,227	10,12	4,1	3,07285	77,5	114,96	-	114,96	-	-
7	P	8,18	10,13	4,13	3,0673	70,6	113,19	-	113,19	-	-
8	P	8,227	10,12	4,11	3,70456	75,3	111,33	-	111,33	-	-
9	P	8,18	10,12	4,13	3,07384	65,5	99,79	-	99,79	-	-
10	P	8,18	10,12	4,14	3,80515	72,1	106,33	-	106,33	-	-

Serlengrafik:



Statistik:

Series	b _u mm	b _l mm	h mm	W J	W(%) %	α _C kJ/m²	α _{0-C} kJ/m²	α _{0-P} kJ/m²	α _{0-N} kJ/m²
x	8,19	10,12	4,111	3,70388	74,1	110,03	-	110,03	-
s	0,02784	0,009153	0,03346	0,20091	4,6	6,03	-	6,03	-
v	0,26	0,08	0,74	5,40	3,40	5,46	-	5,46	-

Prüfkonzept Z-Float



5.7.2.3 Prüfung der Zugfestigkeit ISO 527-1:2019

Typical Properties	Nominal		Test Method
	Value	Units	
Physical			
Melt Flow Rate, (190 °C/21.6 kg)	2.6	g/10 min	ISO 1133-1
Density	0.954	g/cm³	ISO 1183-1
Bulk Density	>0.500	g/cm³	ISO 60
Viscosity Number	500	ml/g	ISO 1628-3
Mechanical			
Tensile Modulus	1200	MPa	ISO 527-1, -2
Tensile Stress at Yield	27	MPa	ISO 527-1, -2
Tensile Strain at Yield	8	%	ISO 527-1, -2
FNCT, (3.5 MPa, 2% Arkopal N100, 80 °C)	14	hr	ISO 16770
Impact			
Charpy Impact Strength - Notched, (-30 °C, Type 1, Edgewise, Notch A)	80	kJ/m²	ISO 179
Tensile Impact Strength	290	kJ/m²	ISO 8256
Note: notched, type 1, method A, -30 °C			
Processing Parameters			
Melt Temperature	180 - 220	°C	

- Die Zugfestigkeit wird geprüft nach ISO 527-1:2019

Prüfkonzept Z-Float



5.7.2.4 Prüfung der Haltbarkeit

- Entscheidend für die Beständigkeit ist der Nachweis der Haltbarkeit des Materials nach mehreren Jahren oder simulierten Jahren der Verwitterung.
- Deshalb haben wir uns für den Widerstandstest entschieden, das Material für 22 simulierte Jahre zu verwittern (Test wird bis zu 40 simulierten Jahren weitergeführt) und dann wieder einen Charpy-Test durchzuführen.
- Die Ergebnisse der Schlagzähigkeit-Tests waren geringfügig, so dass die Haltbarkeit für die Lebensdauer der Konstruktion gegeben ist.

Prüfkonzept Z-Float



5.7.2.5 Prüfung auf Degradation (UV und thermisch) ASTM G154

- Bei der Herstellung der Schwimmer aus HDPE fügen wir erhebliche Mengen Carbon Black (Industrieruß) und HALS Additiv zu, um einen hohen UV-Schutz zu gewährleisten.
- Infolgedessen wurde bisher keine Beschädigung der Oberfläche festgestellt (Picture 1, Table 1).

Date	Testing time / months	Simulated lifetime / years	Result
06/08/18	Start		
06/01/19	5	5	no damage to the surface, no coverings
06/06/19	10	10	no damage to the surface, no coverings, impact strength unchanged high
05/11/19	15	15	no damage to the surface, no coverings
01/06/20	22	22	no damage to the surface, no coverings

Table 1: Test duration and specimen performance



Picture 1: Weathering test plates on 01/06/20 (unweathered left, 22 months weathered right)

Prüfkonzept Z-Float



5.7.2.6 Prüfung der Feuerwiderstandsfähigkeit DIN 75200

- In Lüdenscheid wurde die Klassifizierung hinsichtlich der Entflammbarkeit durchgeführt (DIN 75 200).
- Für diesen Test wurden Teile des Schwimmkörpers verwendet. Sie konnten nicht entzündet werden. Die Flamme erlosch unmittelbar nach dem Entfernen der Zündquelle.
- Die Probe wurde daher als nicht brennbar eingestuft.

Protokoll zur Prüfung:	Brennverhalten	Auftrag:	DSC 15 0581		
Norm:	DIN 75200	Prüfung:	17.06.2019		
Prüfobjekt/Gruppe:	Saiba-Cells-Z	Kl. M.W. Prüfer:	T. Ackerschott		
Prüfobjektbeschreibung:	Muster 1	Vorbereitung:	48 h bei 23°C		
Archivnummer:		Konditionierung:	Luft 50 % r.H.		
Werkstoff:					
Probengeometrie:	350 x 100 x 5,70 mm				
Heizwert des Brenngases:	38 MJ/m ³				
Flusszahl/Vorwender:	nein				
Bemerkung:	Die Proben Nr.1 bis nr. 5 erloschen nach Wegnahme der Zündflamme.				
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5
Brennzeit [s]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brennstrecke [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Beurteilungskriterium	SE / NBR	SE / NBR	SE / NBR	SE / NBR	SE / NBR
Brenngeschwindigkeit [mm/min]					
Mittelwert der Brennrate	mm/min				
Standardabweichung					
Verwendete Prüf- und Hilfsmittel					
1. Prüfmittel	BE 3 Brennkammer Wazao II				
2. Prüfmittel	H-39 Messschieber 400 mm FA				
3. Prüfmittel	Kv-03 Stoppsäule				
4. Prüfmittel	T-15 IR-Thermometer ScanTemp 380				

Prüfkonzept Z-Float



5.7.2.7 Prüfung auf Nichttoxizität

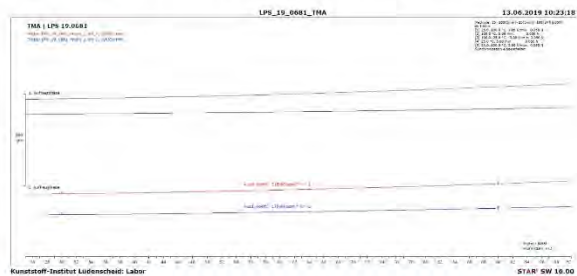
- Die Prüfung auf Nichttoxizität ist nicht definiert, da es keine wirksamen Normen gibt.
- Die Z-Floats bestehen aus HDPE und werden in einem Mehrschichtverfahren hergestellt. Die äußere Schicht besteht aus einem hochsteifen Neuprodukt, dessen Lebensmittelzulassung vom Hersteller bestätigt wurde.
- Die innere Schicht des Schwimmers besteht aus HDPE-Rezyklat, welches aus großen Post-Consumer-Containern hergestellt wird.
- Dazu ließen wir Dr. Filling die Gesamtmigration durch Bestimmung des Verdampfungsrückstands nach § 64 LFGB Methode 80. 30 (DIN EN 1186) verschiedener Abschnitte messen.
- Daraus ergeben sich Werte unterhalb der vorgegebenen Grenzwerte, auch für das Rezyklat. Obwohl das Rezyklat nie mit dem Wasser in Berührung kommt.
- Die Bewertung unserer Schwimmer nach der Lebensmittelverpackungsverordnung bestätigt, dass die Gesamtmigration in der realen Anwendung deutlich unter den angegebenen Grenzwerten liegt. Wir können eine Umweltgefahr ohne zu zögern ausschließen.

Weitere Prüfungen Z-Float



Ausdehnungsverhalten

- Die Abhängigkeit der thermischen Ausdehnung des Bauteils von der Temperatur wurde am Kunststoff-Institut Lüdenscheid mittels thermomechanischer Analyse (TMA) (ISO 11 359-2) untersucht.
- Im gegebenen Temperaturbereich von 30°C bis 90°C wurde ein Ausdehnungskoeffizient von 210,68 in Richtung 1 und ein Wert von 175,94 K⁻¹ gemessen. Die resultierende absolute Ausdehnungslänge ergibt sich z. B. bei Erwärmung des Floats von 30 °C auf 50 °C:
- Länge: $175,94 \times 10^{-6}/K \times 1980 \text{ mm} \times 20 \text{ K} = 7,0 \text{ mm}$
- Breite: $175,94 \times 10^{-6}/K \times 590 \text{ mm} \times 20 \text{ K} = 2,0 \text{ mm}$
- Höhe: $175,94 \times 10^{-6}/K \times 490 \text{ mm} \times 20 \text{ K} = 1,7 \text{ mm}$
- Die Ausdehnung wird bei der Auslegung des Systems berücksichtigt.



Weitere Prüfungen Z-Float



Schmelzverhalten und thermische Langzeitstabilität

- Mithilfe der dynamischen Differenzkalorimetrie (DSC) wurde der Schmelzpunkt des HDPE Histif 5431 Z bestimmt: 139,6 °C. Wie man im Plot erkennen kann, wurden keine Fremdstoffe gefunden.
- Ein hoher Carbon-Black-Anteil in HDPE führt naturgemäß zu einer höheren Wärmeaufnahme, weshalb eine gute thermische Langzeitstabilität erforderlich ist.
- Dies ist für den Rohstoff gegeben, der durch OIT-Messung im Labor Lüdenscheid analysiert wird und zu einer Bestätigung führt: >120 min bei 200 °C, 56 min bei 210 °C.
- Dies entspricht im Bezug auf die Rohstoffherstellungsspezifikation: >120 min bei 200 °C, 58 min bei 210 °C.

Lebensmitteltauglichkeit von PV-Floats



Zusammenfassung und Bewertung der Lebensmitteltauglichkeit

Global Food Contact Status:

European Union

This product complies with the relevant requirements of Regulation 1935/2004/EC (Framework Regulation) as applicable to intermediate materials (e.g. plastic powders, plastic granules or plastic flakes).

This product complies with the relevant requirements of Regulation 2023/2008/EC (GMP) and as amended, applicable to intermediate materials (e.g. plastic powders, plastic granules or plastic flakes).

This product complies with the relevant requirements of Regulation 10/2011/EC (PIM) as amended, applicable to intermediate materials (e.g. plastic powders, plastic granules or plastic flakes).

The monomers and additives used to produce this product are listed in the Union List of Authorized Substances of Regulation 10/2011/EC and subsequent amendments.

EU Regulation 10/2011/EC specifies 10 mg/dm² as the maximum overall migration (OML) from the finished plastic food contact material or article. The OML and SMLs (when applicable) should be determined according to the requirements specified in EU Regulation 10/2011/EC and subsequent amendments. The OML and SML determinations are the responsibility of the manufacturer of the finished plastic food contact material or article. In addition, we remind you that the manufacturers of the finished food contact material or article must verify that the finished material or article, manufactured according to good manufacturing practices, does not modify the organoleptic properties of the food.

Product
Stewardship
Bulletin

Histif5431 Z

A product of Basell Sales & Marketing Company B.V.



Lebensmitteltauglichkeit von PV-Floats



Zusammenfassung und Bewertung der Eignung für Binnengewässer

- Die Z-Floats bestehen aus HDPE und werden im Mehrschichtverfahren hergestellt.
- Die äußere Schicht besteht aus einem hochsteifen Polymer in reiner Qualität, dessen Lebensmittelzulassung vom Hersteller bestätigt wird:

„This product complies with the relevant requirements of Regulation 10/2011/EC (PIM) as amended, applicable to intermediate materials (e.g., plastic powders, plastic granules or plastic flakes).“

- Die Innenschicht der Schwimmer besteht aus HDPE-Regranulat, das aus Post-Consumer Bulk Containern hergestellt wird.
- Während der Verwendung der zum Regranulat verarbeiteten Behälter können bestimmte (lipophile) Substanzen in den Kunststoff gelangen, trotz guter Wasche darin verbleiben und wieder in Lösung für das sogenannte "zweite Leben" entweichen.
- Daher wird das Regranulat nur in der inneren Schicht verwendet, um eine lebensmittelgeeignete äußere Schicht zu gewährleisten.
- Gemäß der oben genannten Verordnung darf Regranulat jeder Qualität verwendet werden, wenn es nicht mit Lebensmitteln in Berührung kommt.

Lebensmitteltauglichkeit von PV-Floats



Ergebnisse der Migrationstests

- Dennoch maß das Dr. Fülling Labor die Gesamtmigration durch Bestimmung des Abgasdampfdruckstands gemäß § 64 LFGB Methode 80.30 (DIN EN 1186) verschiedener Abschnitte.
- Zunächst wurden die Proben V1, V2 und V3 jeweils 4 h lang bei 100 °C in heißes Wasser getaucht (Erstmigration). Dies entspricht einer Langzeitsimulation. Es folgten 4 weitere Tests mit den gleichen Stichproben (2./3./4./5. Migration).
- **V1: Äußere Schicht: Histif UV carbon black, UV stabilizer**
 - Innere Schicht: regrind Histif, Matvalen, UV carbon black, UV stabilizer
- **V2: Äußere Schicht: Histif, natural regrind, UV carbon black, UV stabilizer**
 - Innere Schicht: Histif regrind, Matvalen, UV carbon black, UV stabilizer
- **V3: Äußere Schicht: Histif, Matvalen, UV carbon black, UV stabilizer**
 - Innere Schicht: Histif regrind, natural regrind, UV carbon black, UV stabilizer
- Die Prüfkörper wurden vollständig in das Prüfmedium eingetaucht. Dadurch war auch die Regranulatseite in Kontakt (was bei unseren Schwimmern nicht der Fall ist, da diese während des Gebrauchs nur mit Wasser von außen benetzt werden).
- Laut EU 10/2011 liegt die Grenze der Gesamtmigration in Lebensmittel bei 10 mg/dm² bzw. 60 mg/kg, unabhängig von der Zusammensetzung der Migration.

Lebensmitteltauglichkeit von PV-Floats



Ergebnisse der Migrationstests

Migration no.	V1		V2		V3	
	[mg/dm ²]	[mg/kg]	[mg/dm ²]	[mg/kg]	[mg/dm ²]	[mg/kg]
1.	14,5	87	18,0	108	15,3	92
2.	8,8	53	8,2	49	8,0	48
3.	12,0	72	4,8	29	13,0	78
4.	5,8	35	5,8	35	4,5	27
5.	3,9	23	0,4	2,4	0,9	5,4

Bei der Analyse dieser Werte fällt Folgendes auf:

- Die Werte nehmen deutlich ab, außer beim Vergleich der 2. und 3. Migration. Ein mittlerer Anstieg tritt laut Dr. Fülling häufiger auf.
- Die Werte der ersten Migration liegen leicht über dem Grenzwert von 10 mg/dm² bzw. 60 mg/kg.

Lebensmitteltauglichkeit von PV-Floats



Ergebnisse der Migrationstests

Die oben genannten Grenzwerte wurden in der EU-Verordnung 10/2011 festgelegt, die besagt, dass:

- (25) *"According to good manufacturing practice, it is possible to manufacture plastic materials in such a way that they do not release more than 10 mg of substances per 1 dm² of surface area of the plastic material. If the risk assessment for an individual substance does not result in a lower value, this value should be set as a general limit for the inertness of a plastic material, i.e., as an overall migration limit."*
- (26) *"For a cubic package containing 1 kg of food, the total migration limit of 10 mg per 1 dm² results in a migration of 60 mg per kg of food. For small packages, where the surface area to volume ratio is greater, migration into the food is higher."*

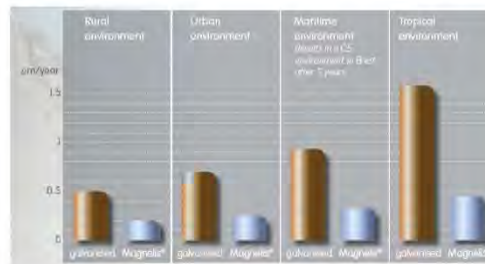
- Daraus folgt, dass bei größeren "Verpackungen", bei denen das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen kleiner ist, die Migration in das Lebensmittel geringer ist.
- Ein spezifischer Migrationstest eines gesamten Schwimmers ist technisch nicht möglich, daher muss das Ergebnis abgeleitet werden.
- Auch wenn der gesamte Schwimmer aus Regranulat besteht, liegt die Migration des gesamten Körpers ins Wasser weit unter dem Grenzwert und ist somit auch für empfindliche Gewässer geeignet.
- Auch wenn in beiden Schichten nur Regranulat verwendet werden kann, wird die äußere Schicht vorerst mit reinem, lebensmittelechtem HDPE hergestellt.

Austritt von Stoffen



Zinkabfluss des Floating PV Systems

- Durch den Einfluss der Erdatmosphäre und Umweltbedingungen wie Druck, Regen, Temperatur oder Feuchtigkeit finden Korrosionsprozesse in Zink statt.
- Fast alle Teile des ZIM Float-Systems sind mit einer einzigartigen Beschichtung beschichtet, die aus Zink mit dem Zusatz von 3% Magnesium und 3,5% Aluminium besteht. Die Zugabe von Magnesium und Aluminium erweitert den Korrosionsschutz, je nach spezifischer Umgebung, um ein Vielfaches. In der folgenden Grafik ist der Verbrauch der Beschichtung in verschiedenen Umgebungen dargestellt:

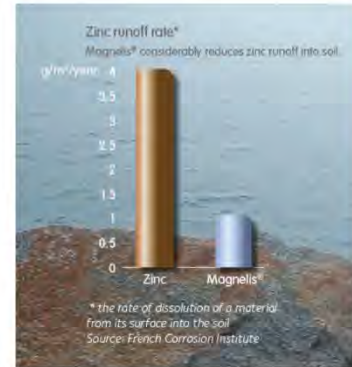


Austritt von Stoffen

Zinkabfluss des Floating PV Systems



- Hauptsächlich geschieht Erosion durch Regen, da sich keine mit Zink beschichteten Teile im Wasser befinden. Aufgrund der Wellenbarriere und der Stabilität des Systems erwarten wir kein Spritzen von Wasser auf die Stahlteile.
- Basierend auf Outdoor-Tests des Herstellers unter rauen Bedingungen beträgt die Abflussrate der Magnelis-Beschichtung etwa 1 g/m² pro Jahr (Tests in Brest, Frankreich).
- Während reiner verzinkter Stahl je nach Standort eine Rate von rund 4,0 g/m² pro Jahr aufwies.
- Das getestete Produkt hatte keine dünne organische Behandlung, was zu einer Verringerung des Abflusses führt, wie es bei anderen beschichteten Stählen beobachtet wird.



Austritt von Stoffen

Zinkabfluss des Floating PV Systems



- Hauptkomponenten, die der Witterung, insbesondere dem Regen, ausgesetzt sind, sind die Trittplatten auf den Gehwegen. Teilweise werden die Trittplatten von den Modulen beschattet
- Die Trittplatten sind ebenmäßig und haben eine strukturierte Anti-Rutsch-Oberfläche. Wir gehen hier von reduzierten Auswaschungsraten aus, da das Wasser nicht direkt abläuft.

Austritt von Stoffen

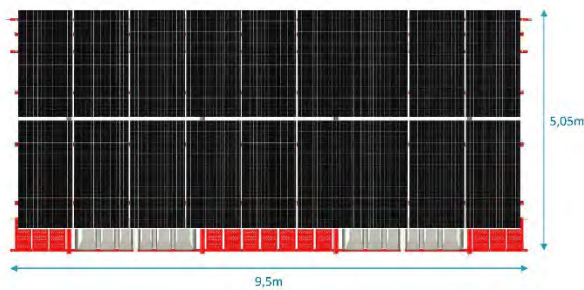
Zinkabfluss des Floating PV Systems



- Die meisten Stahlteile werden von den Modulen beschattet. Daher ist kein Abfluss der Beschichtung zu erwarten.
- Nur zwischen den Modulen am Giebel ist ein Spalt für Lichtdurchlässigkeit und Luftzirkulation ausgelegt.

Austritt von Stoffen

Die meisten Teile werden von den Modulen abgedeckt – Ansicht von oben

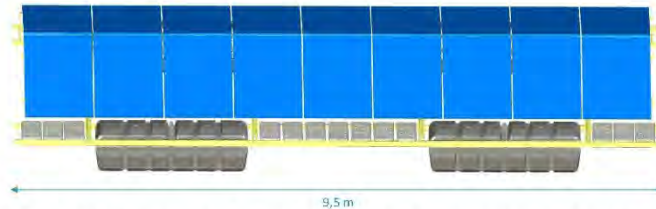


- Die rot markierten Teile sind potentiell der Witterung ausgesetzt und können Zink in die Umwelt abgeben. Dies entspricht einer Fläche von etwa 6 Prozent der Gesamtfläche der Solarboote.
- Die Lücken zwischen den Modulen sind eng, daher ist das Eindringen von Wasser sehr unwahrscheinlich.

Austritt von Stoffen



Blick auf ein Solarboot auf die dem Wind ausgesetzte Seite

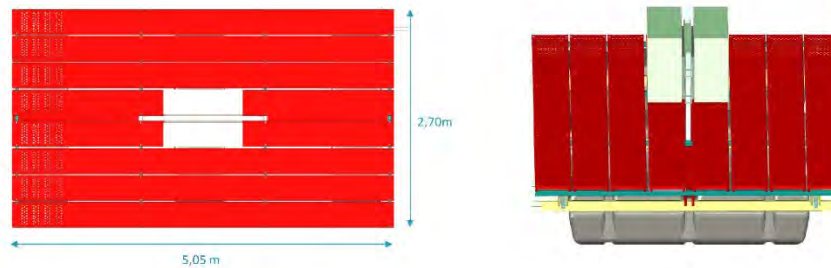


- Der größte Teil der Stahlkonstruktion des Solarbootes wird von den Modulen abgedeckt. Die wichtigsten Teile, die nicht abgedeckt sind, sind die Trittplatten auf dem Gehweg zwischen den Schwimmern sowie die Längsschiene C in der Nähe der Schwimmer.
- Alle Teile, mit Ausnahme der Verbindungen zwischen den Booten, sind durch eine Zink-Magnesium-Aluminium-Beschichtung geschützt.
- Die Verbinder sind durch eine normale Zinkbeschichtung geschützt.

Austritt von Stoffen



Blick auf die Oberseite und auf die dem Wind ausgesetzte Seite des Inverter-Bootes



- Die rot markierten Teile sind der Witterung ausgesetzt und können möglicherweise Zink ins Wasser abgeben.
- Die Anzahl der Inverter-Boote ist gering (etwa 3 Prozent), verglichen mit der Anzahl der Solarboote.

Austritt von Stoffen



Untersuchung des Systems auf Mikroplastik

Das Fazit einer Studie des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik zu Mikroplastik lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Primäres Mikroplastik hat viele verschiedene Quellen, die sich in der freigesetzten Menge erheblich unterscheiden.
- 74 potenziell relevante Quellen von primärem Mikroplastik wurden durch Untersuchungen ausgewählt, von denen 51 bisher quantifiziert wurden.
- Laut der Analyse gehören zu den Top 10:
 - Abrieb durch Reifen (1), Emissionen aus der Abfallentsorgung (2), Abrieb durch Polymere und Bitumen in Asphalt (3), Pelletverluste (4), Verwehungen von Sportplätzen und Spielplätzen (5), Freisetzung von Baustellen (6), Abrieb von Schuhsohlen (7), Kunststoffverpackungen (8) und Fahrbahnmarkierungen (9) sowie Faserabrieb durch Textilwäsche (10).
- Kotflügel und Bojen werden nur in Position 30 mit einem sehr niedrigen Wert erwähnt.
- So kann festgestellt werden, dass Mikroplastik immer bei starker Reibung auftritt.

Austritt von Stoffen



Untersuchung des Systems auf Mikroplastik

- High-Density-Polyethylen (HDPE) oder Polyethylen High-Density (PEHD) ist ein thermoplastisches Polymer, das aus dem Monomer Ethylen hergestellt wird.
- Die äußere Schicht der Schwimmer wird aus reinem HDPE mit Additiven für den UV-Schutz hergestellt. Das verwendete HDPE ist ein sehr hochwertiges Material, das nicht mit preiswertem Verpackungsmaterial verglichen werden kann
- HDPE ist lebensmittelschonend und wird häufig für Trinkwasser (Rohre, Dosen usw.) verwendet. Ein Abrieb von weichen Materialien wie Wasser ist nicht bekannt.
- Für diese Bestimmung gibt es noch kein standardisiertes Prüfverfahren, aber der Abrieb von HDPE ist nur möglich, wenn die Kunststoffe eine geringere Zugfestigkeit aufweisen oder spröde sind. Dies gilt nicht für die ZIM Floats.
- Es wurde jedoch eine Analyse der Reibung mit dem Material der Schwimmer und der Stahlkonstruktion durchgeführt.
- Auf einem Motorenprüfstand wurde der Kunststoff mit einem Stahlteil mehrere Stunden lang bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten zusammengerieben (oszilliert), um eine Wellenbewegung zu simulieren.
- Testparameter: 150N und 300N, 10Hz, 19h, 2 mm Nabe, trocken und mit Wasser
- Ergebnis: An den HDPE-Schwimmern konnte kein Abrieb gefunden werden und der zugeführte Staub wird durch Reibung in das zähe HDPE eingearbeitet.

Austritt von Stoffen

Untersuchung des Systems auf Mikroplastik



ZIMMERMANN
PV-Floating

Zim Float - Floating PV System

Kontakt:
www.pv-floating.com

26

Anhang 2

Sicherheitsdatenblatt Transformatorenöl (M&I Materials Ltd.)

MIDEL[®] eN 1204

Sicherheitsdatenblatt

Mai 2018

Seite 1 von 5

1. Bezeichnung des Stoffes bzw. des Gemischs und Firmenbezeichnung

1.1 Bezeichnung des Stoffes
Materialname: MIDEL eN 1204.

1.2 Identifizierte Verwendungen des Stoffes oder der Zubereitung und Verwendungen, von denen abgeraten wird
Verwendung des Produkts: Dielektrische Isolierflüssigkeit
Verwendungen, von denen abgeraten wird: Keine

1.3 Angaben zum Hersteller des Stoffes bzw. des Gemischs
Hersteller/Händler: M&I Materials Ltd., Hibernia Way, Trafford Park, Manchester, M32 0ZD, GB.
Tel.: +44 (0)161 864 5411.
Notrufnummer: +44 (0)161 864 5439.
E-Mail: RusselMartin@mimaterials.com.

2. Mögliche Gefahren

Dieses Produkt ist nicht als gefährlich eingestuft und dieses Dokument wurde zu Informationszwecken in Übereinstimmung mit der Verordnung 1907 / EC / 2006, Anhang II, in der geänderten Fassung der Verordnung (EU) Nr. 453/2010, und der OSHA-Gefahrenkommunikationsrichtlinien erstellt.

2.1 Einstufung des Stoffes oder des Gemischs
Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP): Nicht eingestuft.

2.2 Kennzeichnungselemente
Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP): Kein Symbol oder Signalwort.

2.3 Sonstige Gefahren
Keine

3. Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

3 Stoff
CAS-Nr.: CAS-Nr.: 68956-68-3.
Beschreibung: Mischung natürlicher Triglyzeridester (Pflanzenöl).
Zusammensetzung:

Bestandteil	CAS-Nummer	Inhalt
Mischung natürlicher Triglycerid-Ester	68424-31-7	>98.5%
Leistungssteigernde Additive	Proprietär	<1.5%

Alle Bestandteile sind im TSCA-Bestandsverzeichnis aufgelistet. Die in diesem Produkt verwendeten Additive sind ein Handelsgeheimnis, führen jedoch zu keiner Einstufung des Stoffes als gefährlich.

4. Erste-Hilfe-Maßnahmen

4.1 Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen
Einatmen: Aufgrund des geringen Dampfdrucks des Stoffes nicht zu erwarten.
Haut: Mit Wasser und Seife abwaschen. Bei Reizungen einen Arzt aufsuchen.
Augen: Mit reichlich Wasser ausspülen. Bei Reizungen einen Arzt aufsuchen.
Verschlucken: Kein Erbrechen herbeiführen; einen Arzt aufsuchen.

4.2 Wichtigste akute und verzögert eintretende Symptome und Wirkungen,
Keine Nebenwirkungen zu erwarten.

www.midel.com

Alle in Verkaufs- und technischen Unterlagen enthaltenen oder in Antwort auf konkrete Anfragen oder in einem anderen Zusammenhang gemachten Empfehlungen oder Vorschläge zum Gebrauch, zur Lagerung, zur Handhabung oder zu den Eigenschaften der von M&I Materials Ltd. gelieferten Produkte werden in gutem Glauben gegeben. Der Kunde muss sich jedoch selbst von der Eignung des Produkts für seinen konkreten Zweck überzeugen. [®]Eingetragene Marke.



MIDEL® eN 1204

Sicherheitsdatenblatt

Mai 2018

Seite 2 von 5

	4.3 Hinweise auf ärztliche Soforthilfe oder Spezialbehandlung Keine besondere Behandlung erforderlich.
5. Maßnahmen zur Brandbekämpfung	5.1 Löschmittel Kohlendioxid, Trockenpulver, ABF-Schaum oder Wasserdampf. Verwenden Sie keine Wasserstrahlen. 5.2 Besondere Gefährdung durch den Stoff oder das Gemisch selbst, seine Verbrennungsprodukte oder entstehende Gase Keine 5.3 Empfehlungen zur Brandbekämpfung Unter Umständen muss ein umgebungsluftunabhängiges Atemschutzgerät getragen werden.
6. Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung	6.1 Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstung und Maßnahmen im Notfall Verschüttetes Produkt stellt eine Rutschgefahr dar. Kontakt mit Augen und Haut vermeiden. 6.2 Umweltschutzmaßnahmen Keine Seen, fließende Gewässer, Teiche, Grundwasser oder Böden verunreinigen. Nicht in den Abfluss entleeren. Werden große Mengen des Stoffes verschüttet, das Produkt so weit wie möglich eindämmen und gemäß den örtlichen Vorschriften entsorgen. 6.3 Verfahren und Material zur Eindämmung und Reinigung Verschüttetes Material mit hygroskopischem Granulat aufsaugen und entsorgen.
7. Handhabung und Lagerung	7.1 Hinweise zur sicheren Handhabung Kontakt mit Augen und längerem Hautkontakt vermeiden. 7.2 Spezifische Anforderungen zur sicheren Lagerung unter Berücksichtigung von Unverträglichkeiten Keine besondere Behandlung erforderlich. 7.3 Spezifische Endnutzungen Möglichst wenig der Luft aussetzen. Geöffnete Behälter müssen ordnungsgemäß wiederversiegelt werden.
8. Expositionsgrenzwerte/ Persönliche Schutzausrüstungen	8.1 Kontrollparameter Keine relevanten Kontrollparameter. 8.2 Expositionsgrenzwerte Für den Notfall sollten Augenspülungen vorhanden sein. Atemschutz: Bei normalem Gebrauch nicht erforderlich. Hautschutz: Overall tragen. Handschutz: Hände nach dem Gebrauch waschen. Für längeren oder wiederholten Hautkontakt werden Handschuhe empfohlen. Augenschutz: Wenn Spritzer auftreten könnten, eine Schutzbrille tragen.

www.midel.com

Alle in Verkaufs- und technischen Unterlagen enthaltenen oder in Antwort auf konkrete Anfragen oder in einem anderen Zusammenhang gemachten Empfehlungen oder Vorschläge zum Gebrauch, zur Lagerung, zur Handhabung oder zu den Eigenschaften der von M&I Materials Ltd gelieferten Produkte werden in gutem Glauben gegeben. Der Kunde muss sich jedoch selbst von der Eignung des Produkts für seinen konkreten Zweck überzeugen. ®Eingetragene Marke



MIDEL® eN 1204

Sicherheitsdatenblatt

Mai 2018

Seite 3 von 5

9. Physikalische und chemische Eigenschaften

9.1 Informationen zu physikalischen (und chemischen) Haupteigenschaften

Aussehen: Blassgelbe Flüssigkeit.
Geruch: Keine.
pH: Nicht zutreffend.
Gefrierpunkt: -31°C.
Siedepunkt/-bereich: >300°C.
Flammpunkt: 327°C (offener Tiegel).
Entflammbarkeit (Feststoff, Gas): Nicht entflammbar.
Oberer/unterer Brennpunkt oder Explosionsgrenzen: Keine Angaben verfügbar.
Dampfdruck: Keine Angaben verfügbar.
Dampfdichte: Nicht zutreffend.
Relative Dichte: 0,92 bei 20°C.
Wasserlöslichkeit: <1mg/l.
Löslichkeit: Nicht zutreffend.
Verteilungskoeffizient: Keine Angaben verfügbar.
Selbstentzündungstemperatur: Keine Selbstentzündung zu erwarten.
Zersetzungstemperatur: Keine Angaben verfügbar.
Viskosität: 37mm²/s bei 40°C.
Explosive Eigenschaften: Nicht explosiv.
Oxidierende Eigenschaften: Nicht oxidierend.

9.2 Sonstige Angaben

Nicht zutreffend.

10. Stabilität und Reaktivität

10.1 Reaktivität

Stabil unter normalen Gebrauchsbedingungen.

10.2 Chemische Stabilität

Stabil unter normalen Gebrauchsbedingungen.

10.3 Möglichkeit gefährlicher Reaktionen

Keine Angaben verfügbar.

10.4 Zu vermeidende Bedingungen

Temperaturen >250°C.

10.5 Zu vermeidende Stoffe

Starke Oxidationsmittel.

10.6 Gefährliche Zersetzungsprodukte

Keine.

11. Toxikologische Angaben

11.1 Angaben zu toxikologischen Wirkungen

Wahrscheinliche Expositionswege: Die Haut und Augen sind die wahrscheinlichsten Expositionswege. Versehentliches Verschlucken ist möglich. Einatmen ist nicht als wesentlicher Expositionsweg anzusehen. Das Produkt ist auf Pflanzenölbasis hergestellt und als solches ungiftig.

Akute orale Toxizität: Als geringfügig toxisch anzusehen, Pflanzend.

Akute dermale Toxizität: Als geringfügig toxisch anzusehen.

Akute Toxizität bei Einatmen: Aufgrund der geringen Flüchtigkeit ist ein Einatmen

www.midel.com

Alle in Verkaufs- und technischen Unterlagen enthaltenen oder in Antwort auf konkrete Anfragen oder in einem anderen Zusammenhang gemachten Empfehlungen oder Vorschläge zum Gebrauch, zur Lagerung, zur Handhabung oder zu den Eigenschaften der von M&I Materials Ltd. gelieferten Produkte werden in gutem Glauben gegeben. Der Kunde muss sich jedoch selbst von der Eignung des Produkts für seinen konkreten Zweck überzeugen. ®Eingetragene Marke.



MIDEL® eN 1204

Sicherheitsdatenblatt

Mai 2018

Seite 4 von 5

12. Umweltbezogene Angaben

unwahrscheinlich.

Hautätzende Wirkung/Reizung: Nicht als hautätzend/hautreizend anzusehen.

Augenkorrosion/Reizung: Nicht als augenreizend anzusehen.

Reizung oder Sensibilisierung der Haut: Nicht als hautsensibilisierend anzusehen.

Aspirationsgefahr: Nicht als Aspirationsgefahr anzusehen.

Krebserzeugende/erbgutverändernde Wirkung: Nicht als erbgutverändernd oder karzinogen anzusehen. Dieses Produkt wird gemäß IARC, ACGIH, NTP oder OSHA nicht als karzinogen angesehen.

Bei ordnungsgemäßem Gebrauch und Entsorgung ist keine Umweltbelastung zu erwarten. Ökotoxikologische Wirkungen basieren auf der Kenntnis ähnlicher Stoffe.

12.1 Toxizität

Stoffe dieses Typs stellen keine Gefahr für Wasserorganismen dar.

12.2 Persistenz und Abbaubareit

Leicht biologisch abbaubar.

12.3 Bioakkumulationspotenzial

Kein Bioakkumulationspotenzial.

12.4 Mobilität im Boden

Als im Boden geringfügig mobil anzusehen.

12.5 Ergebnisse der PBT- und vPvB-Beurteilung

Dieses Produkt entspricht nicht den Toxizitätskriterien, dies muss ausführlicher geprüft werden. Es wird nicht als PBT- oder vPvB-Stoff angesehen.

12.6 Andere schädliche Wirkungen

Keine anderen schädlichen Wirkungen zu erwarten.

13. Hinweise zur Entsorgung

13.1 Verfahren zur Abfallbehandlung

Produkt und Verpackung müssen gemäß lokalen und nationalen Vorschriften entsorgt werden. Kann verbrannt werden. Nicht verbrauchtes Produkt kann zur Rückgewinnung zurückgegeben werden.

14. Angaben zum Transport

Nicht als gefährlich eingestuft gemäß Vorschriften für den Luft- (ICAO/IATA), See- (IMDG), Straßen- (ADR) oder Schienenverkehr (RID)

14.1 UN-Nummer

Nicht relevant.

14.2 Ordnungsgemäße UN-Versandbezeichnung.

Nicht relevant.

14.3 Transportgefahrenklasse

Nicht relevant.

14.4 Verpackungsgruppe

Nicht relevant.

www.midel.com

Alle in Verkaufs- und technischen Unterlagen enthaltenen oder in Antwort auf konkrete Anfragen oder in einem anderen Zusammenhang gemachten Empfehlungen oder Vorschläge zum Gebrauch, zur Lagerung, zur Handhabung oder zu den Eigenschaften der von M&I Materials Ltd gelieferten Produkte werden in gutem Glauben gegeben. Der Kunde muss sich jedoch selbst von der Eignung des Produkts für seinen konkreten Zweck überzeugen. ®Eingetragene Marke

MIDEL[®] eN 1204

Sicherheitsdatenblatt

Mai 2018

Seite 5 von 5

15. Rechtsvorschriften	<p>14.5 Umweltgefährdung Nicht relevant.</p> <p>14.6 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für den Verwender Nicht relevant.</p>
16. Sonstige Angaben	<p>15.1 Vorschriften zu Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz/spezifische Rechtsvorschriften für den Stoff oder das Gemisch Das Produkt ist nicht genehmigungspflichtig gemäß REACH. Alle Bestandteile werden im TSCA Inventory (TSCA-Bestandsverzeichnis) aufgeführt. Dieses Produkt ist als allgemein wassergefährdend (awg) bewertet, gemäß der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV), April 2017.</p> <p>15.2 Stoffsicherheitsbeurteilung Für diesen Stoff wurde eine chemische Sicherheitsbeurteilung durchgeführt.</p> <p>Erstellt nach Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 Anhang II, geändert durch Verordnung (EG) Nr. 453/2010 und den OSHA-Gefahrenkommunikationsnormen...</p> <p>16.1 Änderungen seit der letzten Ausgabe: Aktualisierung zum Abschnitt 5 und 15.</p>

Die in diesem Sicherheitsdatenblatt enthaltenen Angaben sind nach unserem besten Wissen und Informationsstand bei Drucklegung korrekt. Das Sicherheitsdatenblatt soll das Produkt nur in Bezug auf die Arbeitsschutz- und Umweltauflagen beschreiben und sollte nicht als Gewährleistung spezifischer Produktmerkmale angesehen werden.

www.midel.com

Alle in Verkaufs- und technischen Unterlagen enthaltenen oder in Antwort auf konkrete Anfragen oder in einem anderen Zusammenhang gemachten Empfehlungen oder Vorschläge zum Gebrauch, zur Lagerung, zur Handhabung oder zu den Eigenschaften der von M&I Materials Ltd gelieferten Produkte werden in gutem Glauben gegeben. Der Kunde muss sich jedoch selbst von der Eignung des Produkts für seinen konkreten Zweck überzeugen. ®Eingetragene Marke

**Auswirkungen durch die Anlage und den Betrieb
einer schwimmenden PV-Anlage auf dem
Baggersee Sandweier
der EKS Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG**

BGL

BÜRO FÜR GEWÄSSERKUNDE
UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE
KLAUS- JÜRGEN BOOS

erstellt von:
Klaus-Jürgen Boos (Dipl. Geogr.)
Saarbrücken,
Dezember 2023

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

Inhaltsverzeichnis

1	<u>EINLEITUNG</u>	4
2	<u>VORHABENSBSCHREIBUNG</u>	5
3	<u>QUALITÄTSZIELE UND GÜTEANFORDERUNGEN</u>	7
3.1	BEWERTUNG DES UNTERSUCHUNGSGEWÄSSERS ENTSPRECHEND DEM KIESLEITFADEN (LFU 2004) UND DEM METHODENHANDBUCH (LFU 2005)	7
3.2	BEWERTUNG DES UNTERSUCHUNGSGEWÄSSERS ENTSPRECHEND DEN QUALITÄTSMERKMALEN DER OGEWV (2016)	8
3.3	CYANOBAKTERIEN	8
4	<u>MORPHOLOGISCHE UND HYDRAULISCHE KENNWERTE</u>	10
4.1	SEEMORPHOLOGIE IM ISTZUSTAND UND NACH ABSCHLUSS DER AUSKIESUNG.....	10
4.2	WASSERHAUSHALT DES UNTERSUCHUNGSGEWÄSSERS	11
5	<u>GEWÄSSERZUSTAND</u>	13
5.1	UNTERSUCHUNGSUMFANG UND PROBENNAHMESTANDORTE.....	13
5.2	WASSERBESCHAFFENHEIT	13
5.2.1	TEMPERATURHAUSHALT UND GEWÄSSERSCHICHTUNG	13
5.2.2	SAUERSTOFFHAUSHALT	15
5.2.3	ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT	16
5.2.4	VERTEILUNG AUSGESUCHTER IONEN	17
5.2.5	NÄHRSTOFFHAUSHALT UND BIOMASSE.....	18
5.2.5.1	Phosphorgehalte.....	18
5.2.5.2	Stickstoffgehalte.....	19
5.2.5.3	Weitere Indikatorwerte zur Beurteilung des Nährstoffhaushaltes.....	19
5.3	SEDIMENTBESCHAFFENHEIT	20
5.4	ZUSAMMENFASSENDE BESCHREIBUNG DES GEWÄSSERZUSTANDES	21
6	<u>ALLGEMEINE BESCHREIBUNG DER EINFLUSSPOTENTIALE VON SPV-ANLAGEN AUF DIE SEEWASSERQUALITÄT</u>	22
6.1	AUSGANGSSITUATION.....	22
6.2	POTENTIELLE EINFLUSSFAKTOREN	23
6.2.1	FAKTORENKOMPLEX 1 (PRIMÄRE WIRKGRÖßEN)	23
6.2.2	FAKTORENKOMPLEX 2	24
6.2.3	FAKTORENKOMPLEX 3	24
6.3	AUSWIRKUNGEN HYDRODYNAMISCHER PROZESSE IM SEE	25
6.4	MAßNAHMENFOLGEN ÜBERLAGERENDE (MASKIERENDE) EINFLUSSGRÖßEN	27
6.5	EMPFINDLICHKEITSTUFEN UNTERSCHIEDLICHER BAGGERSEETYPEN GEGENÜBER SPV-ANLAGEN	29
6.6	DARSTELLUNG UND QUANTIFIZIERUNG MAßNAHMENVERURSACHTER EFFEKTE IN DER AKTUELLEN FACHLITERATUR.....	30
6.6.1	AUSWAHLKRITERIEN FÜR DIE NUTZUNG DER LITERATURQUELLEN.....	30
6.6.2	EMPIRISCHE STUDIEN	32
6.6.2.1	De Lima et al. (2021).....	32
6.6.2.2	Mathijssen et al. (2020)	32
6.6.2.3	Bax et al. (2022)	33
6.6.2.4	Essak & Gosh (2022)	34

6.6.3	MODELLSTUDIEN	34
6.6.3.1	Exley et al. (2021).....	34
6.6.3.2	Haas et al. (2020).....	35
6.6.4	KOMBINATIONSSSTUDIEN	35
6.6.4.1	Illgen (2021).....	35
6.6.4.2	Yang et al. (2022).....	36
6.6.4.3	Yang et al. (2021).....	37
6.6.4.4	Boos (2022).....	38
6.6.4.5	Stowa (2018).....	39
6.6.5	ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DES DERZEITIGEN KENNTNISSTANDES UNTER BEZUG AUF DIE ZU BEARBEITENDE THEMATIK.....	40

7 PROGNOSE DER VORHABENSBEDINGTEN AUSWIRKUNGEN AUF DIE WASSERBESCHAFFENHEIT DES UNTERSUCHUNGSGEWÄSSERS42

7.1	PROGNOSEMODELL UND MODELLKONSTANTEN.....	43
7.2	DATENINPUT.....	44
7.2.1	METEOROLOGISCHE KENNWERTE.....	44
7.2.2	HYDRAULISCHE ANBINDUNG DES SEES AN DAS GRUNDWASSER	47
7.2.3	STOFFEINTRÄGE IN DEN SEE DURCH DEN GRUNDWASSERZUFLUSS.....	48
7.2.4	ZEHRUNGSRATE DES SEDIMENTS.....	50
7.2.5	BETRIEBSBEDINGTE FAKTOREN.....	51
7.2.5.1	Zirkulationseffekte durch die Auskiesungstätigkeit.....	51
7.2.5.2	Durch Kieswäsche verursachter Wasserumschlag.....	52
7.2.5.3	Eintrag von Suspensa aus der Kieswäsche und dem Baggerbetrieb.....	52
7.3	BEURTEILUNG DER MODELLGENAUIGKEIT	53
7.4	VARIANTENPRÜFUNG 1.....	53
7.4.1	TEMPERATURHAUSHALT – VARIANTENPRÜFUNG 1	54
7.4.2	SAUERSTOFFHAUSHALT – VARIANTENPRÜFUNG 1	56
7.4.3	NÄHRSTOFFSITUATION (PHOSPHORGEHALT) – VARIANTENPRÜFUNG 1	59
7.4.4	CHLOROPHYLL-A GEHALTE – VARIANTENPRÜFUNG 1	61
7.4.5	CYANOBAKTERIEN (BLAUALGEN) – VARIANTENPRÜFUNG 1.....	63
7.4.6	SICHTTIEFENWERTE – VARIANTENPRÜFUNG 1	64
7.4.7	WASSERHAUSHALT – VARIANTENPRÜFUNG 1	65
7.5	VARIANTENPRÜFUNG 2.....	66
7.5.1	TEMPERATURHAUSHALT – VARIANTENPRÜFUNG 2	67
7.5.2	SAUERSTOFFHAUSHALT – VARIANTENPRÜFUNG 2	68
7.5.3	PHOSPHOR, CHLOROPHYLL-A, CYANOBAKTERIEN UND SICHTTIEFE – VARIANTENPRÜFUNG 2.....	68
7.5.4	WASSERHAUSHALT – VARIANTENPRÜFUNG 2	69

8 WEITERE BEEINFLUSSUNGSFAKTOREN70

8.1	ENTWICKLUNG BENTHISCHER (AM SUBSTRAT HAFTENDER) CYANOBAKTERIEN	70
8.2	BEEINFLUSSUNG DES GRUNDWASSERS DURCH CYANOTOXINE	70
8.3	BELASTUNG DES WASSERS DURCH MIKROPLASTIK	70

9 ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DER VORHABENSAUSWIRKUNGEN.....71

10 BEWERTUNG DER MAßNAHMENAUSWIRKUNGEN NACH EU-WRRL.....73

10.1	BEWERTUNG DES UNTERSUCHUNGSGEWÄSSERS ENTSPRECHEND DEM KIESLEITFADEN (LFU 2004) UND DEM METHODENHANDBUCH (LFU 2005).....	74
10.2	BEWERTUNG DES UNTERSUCHUNGSGEWÄSSERS ENTSPRECHEND DEN QUALITÄTSMERKMALEN DER OGEWV (2016)	76

10.3	ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DER MAßNAHMENAUSWIRKUNGEN FÜR DIE EINZELNEN QUALITÄTSKOMPONENTEN	78
<u>11</u>	<u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	<u>80</u>
<u>12</u>	<u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</u>	<u>85</u>
<u>13</u>	<u>TABELLENVERZEICHNIS.....</u>	<u>87</u>
<u>14</u>	<u>LITERATURVERZEICHNIS.....</u>	<u>89</u>

1 Einleitung

Auf dem Baggersee Kühl/Peter in Sandweier ist die Installation und der Betrieb einer schwimmenden Photovoltaik (SPV)-Anlage im Abgrabungsbereich der EKS Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG geplant.

Der vorliegende Bericht erarbeitet unter Bezug auf zwei Planvarianten

- Solarvariante 1 = während der Auskiesungsphase im Istzustand und
- Solarvariante 2 = nach Abschluss der Auskiesung (Genehmigungszustand)

die für die Genehmigungsprüfung der SPV-Anlage erforderlichen limnologischen und gewässerökologischen Unterlagen.

Neben der Darstellung möglicher Auswirkungen auf der Basis einer Literaturlauswertung erfolgt eine Betrachtung und Einstufung der Veränderungen auf der Grundlage von Modellberechnungen auch unter Nutzung der für den unmittelbar benachbarten Baggersee Iffezheim der Kieswerk und Baustoff-Industrie Kern GmbH & Co. KG sowie der Peter Beton GmbH & Co. KG (Baggersee Süd, vgl. Abbildung 1.1) erstellten Ergebnissen einer umfangreichen Modellstudie (Boos 2023).

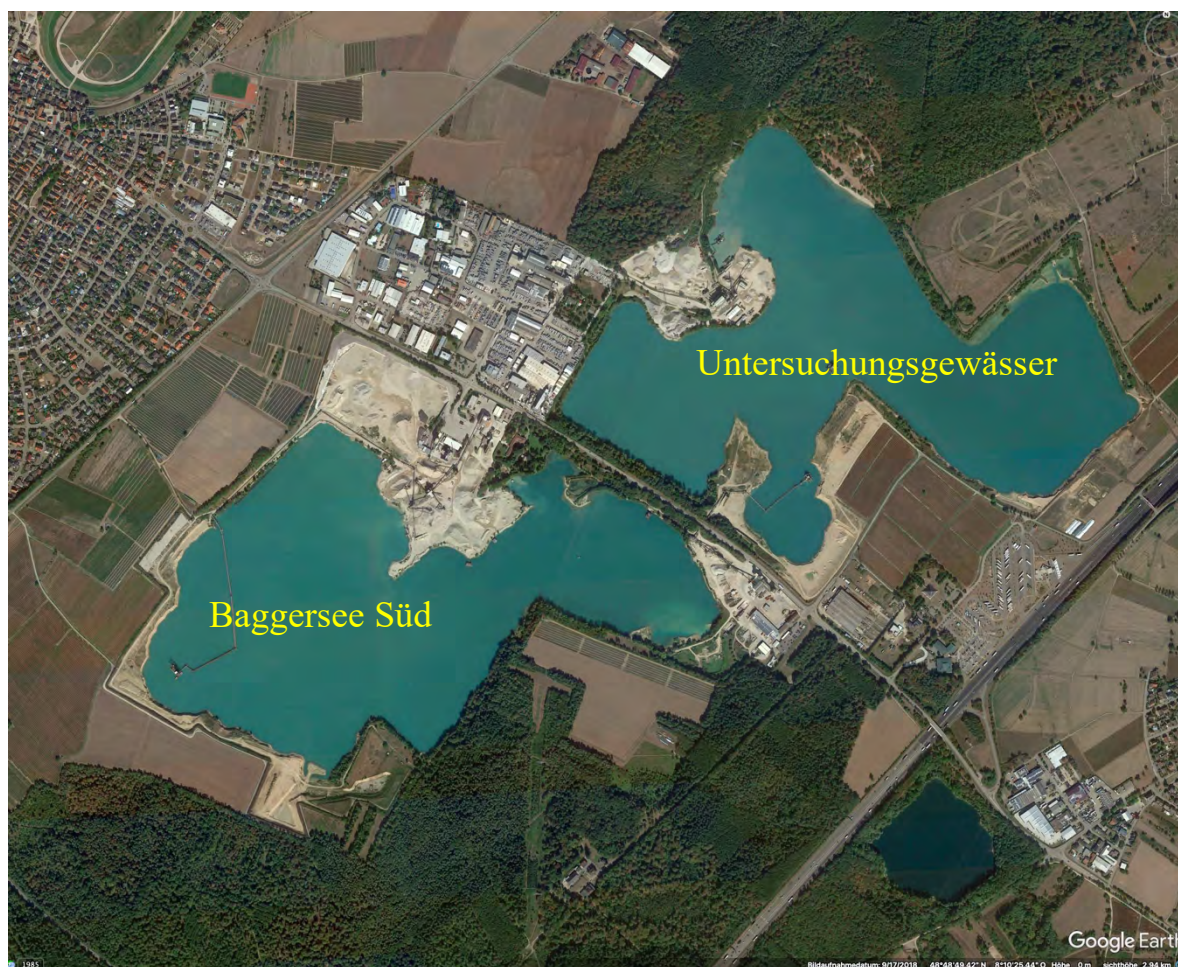


Abbildung 1.1: Das Untersuchungsgewässer und der benachbarte Baggersee Süd

2 Vorhabensbeschreibung

Durch die Installation der geplanten SPV-Anlage wird die in der Abbildung 2.1 dargestellte Seefläche überdeckt. Im Expositionsbereich ergibt sich eine weitgehende Abschattung der Wasseroberfläche.



Abbildung 2.1: Darstellung der schwimmenden PV-Anlage auf dem Untersuchungsgewässer (Abbildungsgrundlage Arguplan)

Mit einem Ausmaß von 3,4 ha bleibt die SPV-Anlage weit unter der durch die WHG erlaubte Maximalüberdeckung von ca. 14 ha (=15 %). Im Istzustand würden 3,8% der 89,3 ha umfassenden Seefläche überdeckt.

Nach der Vergrößerung des Sees durch die weitere Abgrabung bis zum Erreichen der konzessionierten Abgrabungsmenge (Genehmigungszustand) wird sich die Seefläche auf ca. 110 ha erhöhen, so dass der Überdeckungsgrad auf ca. 3,1% zurückgeht (vgl. Tabelle 2.1).

Tabelle 2.1: Morphologische Kennwerte des Baggersees und Überdeckungsgrade durch die SPV-Anlage

	Istzustand (Kühl 2023/Peter 2021)	Solarvariante 1	Genehmigungszustand	Solarvariante 2
Kiesgewinnung	ja	ja	nein	nein
Solarnutzung	nein	ja	nein	ja
Seesohle [m. NHN]	≥ 84	≥ 84	≥ 84	≥ 84
Mittl. Seewasserstand [m. NHN]	115,3	115,3	115,66	115,66
Wassertiefe max. [m].	31,3	31,3	31,3	31,3
Volumen [m ³]	14.398.220	14.398.220	/*	/*
Fläche [ha]	89,3	89,3	ca. 110 ha	ca. 110 ha
Ausdehnung SPV-Anlage [ha]	/	3,4	/	3,4
Anteil Seeüberdeckung [%]	/	3,8 %	/	ca. 3,1%
Nach WHG maximaler Anteil an Seeflächenüberdeckung [%]		15 %		15 %
Flächenwert bei 15% Seeflächenüberdeckung [ha]		13,95		ca. 16,5
Nutzungsintensität (tatsächliche Nutzung / maximal mögliche Nutzung)		25,4%		20,6%

* Noch nicht bestimmbar, da einige Bereiche wegen einer PFC-Belastung der Oberböden geblockt sind.

Eine präzise Angabe zu den morphologischen Kennwerten des Sees am Ende der Auskiesung ist derzeit nicht möglich, da einige der zur Auskiesung nutzbaren Flächen wegen einer PFC-Belastung der Oberböden geblockt sind.

Detaillierte Modellberechnungen werden im Folgenden nur für die Solarvariante 1 durchgeführt. Zur Ermittlung der Auswirkungen durch die Solarvariante 2 werden diese Ergebnisse auch unter Bezug auf Analogien zu den Modellergebnissen für den benachbarten Baggersee (vgl. Abbildung 1.1) im Zustand nach Abschluss der Auskiesung (vgl. Kapitel 1) genutzt. Insbesondere im Hinblick auf die noch ungewisse Flächenausdehnung des Untersuchungs-gewässers im Genehmigungszustand dürften mit dieser Vorgehensweise zutreffende Ergebnisse zu erreichen sein.

3 Qualitätsziele und Güteanforderungen

Das Gütebild eines Sees wird maßgeblich von den Nährstoffkonzentrationen und der dazu in einer Wechselwirkung stehenden Qualität des Sauerstoffhaushaltes bestimmt. Belastete Seen mit einer negativen Güteprognose sind ggf. empfindlicher gegenüber den Auswirkungen einer Solarnutzung, auch wenn sich eine unmittelbare Beeinflussung des Nährstoffhaushaltes durch diese Art der Nutzung nicht ergibt.

Die nachfolgend dargestellten Güteziele dienen sowohl zur Bestimmung des aktuellen Gewässerzustandes als auch zur Bewertung maßnahmenverursachter Veränderungen der Wasserbeschaffenheit des Untersuchungsgewässers. Die Bewertungskriterien beruhen auf den Angaben des Kiesleitfadens (LfU 2004) bzw. des diesbezüglich weitgehend deckungsgleichen Methodenhandbuchs (LfU 2005) sowie der OGewV (2016). Zur Beurteilung der Cyanobakterien Problematik werden die Empfehlungswerte des UBA (2015) herangezogen.

3.1 Bewertung des Untersuchungsgewässers entsprechend dem Kiesleitfaden (LfU 2004) und dem Methodenhandbuch (LfU 2005)

Die Bewertung nach Kiesleitfaden (LfU 2004) oder Methodenhandbuch (LfU 2005) basiert auf den folgenden Parametern und Orientierungsgrößen. Zielgröße ist ein mesotropher Status.

Tabelle 3.1: Qualitätskomponenten nach LfU (2004) und LfU (2005)

	gesamt Phosphor (Frühjahr / Zirkulationsphase)	Chl-a (Sommer / Stagnationsphase)	O₂-Verhältnisse* (Sommer / Stagnationsphase)
mesotroph = Referenzzustand	15 – 45 µg/l	4 – 12 µg/l	10 – 30 %
eutroph	45 -150 µg/l	12-35 µg/l	30-50 %
polytroph	> 150 µg/l	35-103 µg/l	> 50 %

* Mächtigkeit der sauerstoffarmen Wasserschicht (< 2 mg / l) über dem Seeboden im Verhältnis zur Maximaltiefe

Bezogen auf diese Parameter sollten Baggerseen ø 70 Punkte erreichen. Dabei erfolgt für jedes der Merkmale eine Punkteinstufung nach dem folgenden Schema:

- Zustand entspricht trophischem Referenzzustand: 100 Punkte
- Zustand weicht um eine Bewertungsstufe ab: 80 Punkte
- Zustand weicht um zwei Bewertungsstufen ab: 50 Punkte
- Zustand weicht um mehr als zwei Stufen ab: 0 Punkte

Der Referenzwert von 70 Punkten errechnet sich als Mittelwert aus allen drei Qualitätskomponenten. Als trophischer Referenzzustand für das Untersuchungsgewässer gilt der mesotrophe Status.

3.2 Bewertung des Untersuchungsgewässers entsprechend den Qualitätsmerkmalen der OGewV (2016)

Die auf der Grundlage der OGewV (2016) abgeleiteten Qualitätsmerkmale sind der Tabelle 3.2 zu entnehmen. Dabei sollte vorzugsweise der Seetyp 13 (Geschichteter Tieflandsee mit relativ kleinem Einzugsgebiet) als Referenzgewässer zugrunde gelegt werden, da Baggerseen in der Rheinebene ohne Fließgewässeranbindung eher einem See in der norddeutschen Tiefebene als im Mittelgebirgsbereich ähneln.

Tabelle 3.2: Qualitätskomponenten nach OGewV (2016)

Seetyp	Maximaler Trophiestatus	P-gesamt Saisonmittel [$\mu\text{g/l}$]	Sichttiefe Saisonmittel [m]
		Grenzbereich gut/mäßig	
13 k	mesotroph 1 (1,75)	20-35	3,5- 2,5
7	mesotroph 1 (1,5)	14-20	4,5- 3

Bei einer Seefläche von mehr als 50 ha fallen die Gewässer unter die Vorgaben der OGewV (2016) bzw. der EU-WRRL zur Bewertung des ökologischen Zustands und Potentials. Sowohl Abgrabungsseen als auch Pumpspeicherseen werden dort dem Seetyp 99 zugeordnet. Allerdings gibt weder die OGewV noch die EU-WRRL derzeit Vorgaben für die qualitative Einstufung dieses Seetyps, so dass die Bewertung unter Bezug auf den jeweils ähnlichsten, mit Bewertungsmaßstäben versehenen Seetyp erfolgen muss. Bei Baggerseen ist das in der Regel der Seetyp 13 k.

Für Baggerseen in Auskiesung ist eine Risikoanalyse in Bezug auf das ökologische Potential nicht möglich, da der See noch keinen stabilen Gleichgewichtszustand erreicht hat. Damit ist erst 10-15 Jahre nach Einstellung der Auskiesungstätigkeit zu rechnen (LAWA-AO 2017). Oftmals besteht bei Baggerseen, die sich in Auskiesung befinden, auch noch eine Genehmigung zur Kiesentnahme für viele weitere Jahre, so dass sich der Bewertungszeitraum noch weiter in die Zukunft verschiebt. Daher kann nach der EU-WRRL nur eine eingeschränkte Bewertung betriebener Baggerseen vorgenommen werden, die sich in der Regel auf die Beurteilung der hydrochemischen und physikalischen Wasserbeschaffenheit sowie der Ufermorphologie beschränken muss.

3.3 Cyanobakterien

Obwohl die auch als Blaualgen bezeichneten Cyanobakterien taxonomisch nicht zu den Algen gehören, bevorzugen sie ähnliche Milieubedingungen wie Algen, so dass in algenreichen Seen immer auch Massenentwicklungen von Cyanobakterien möglich sind.

In der EU-Badegewässerrichtlinie (2006) wird die Belastung durch Cyanobakterien thematisiert, es sind aber weder in dieser noch in der Badegewässerverordnung Baden-Württembergs konkrete Grenzwerte für Cyanobakterien angegeben.

Daher werden im Folgenden die Empfehlungswerte des UBA (2015) für die Einstufung der Wasserbeschaffenheit von Badegewässern zur Beurteilung der vorhabensbedingten Auswirkungen auf die Cyanobakterienentwicklung herangezogen:

Tabelle 3.3: Warnstufen des UBA (2015) zur Beurteilung der Blaualgenentwicklung in Badegewässern

Warnstufe UBA (2015)	Cyanobakterien Chl-a		Cyanobakterienbiomasse
Wasserbeschaffenheit Badegewässerqualität	< 5 µg/L	↔	< 1 mm ³ /L
Warnstufe 1	5 µg/L	↔	1 mm ³ /L
Warnstufe 2	15 µg/L	↔	3 mm ³ /L
Warnstufe 3	75 µg/L	↔	15 mm ³ /L

Durch die im Rahmen der Solarnutzung zu erwartenden Veränderungen könnten infolge der höheren Beschattung und einer Veränderung des Zirkulationsverhaltens bestimmte Cyanobakterien begünstigt werden. Daher soll diese taxonomische Gruppe insbesondere bei der Beurteilung der vorhabendbedingten Auswirkungen Berücksichtigung finden, auch wenn im Untersuchungsgewässer kein Badebetrieb stattfindet.

4 Morphologische und hydraulische Kennwerte

4.1 Seemorphologie im Istzustand und nach Abschluss der Auskiesung

Die Volumen- und Flächenangaben für den Genehmigungszustand beruhen auf Angaben von Arguplan. Die morphologischen Kennwerte für den Istzustand und den Genehmigungszustand verzeichnet die Tabelle 4.1.

Tabelle 4.1: Morphologische Kennwerte des Baggersees

Variantenbezeichnung	Seesohle	MW	maximale Tiefe Tmax	mittlere Tiefe	Volumen	Fläche
	[m. NHN]		[m]	[m]	[Mio. m ³]	[ha]
Istzustand	≥ 84	115,3	31,3	15,48	14,40	89,3
Genehmigungszustand	≥ 84	115,3	31,3	18,65	/	110

Aus der Volumenkurve (vgl. Abbildung 4.1) und der Flächenkurve (vgl. Abbildung 4.2) des Istzustandes ist abzulesen, dass lediglich 4,5 ha, also 5 % der Seefläche eine Wassertiefe $\geq 24,5$ m aufweisen und mit ebenfalls 5 % nur ein geringer Anteil des Volumens eine Tiefe > 20 m erreicht. Der tiefste Seebereich ist demnach räumlich auf ein sehr geringes Volumen beschränkt.

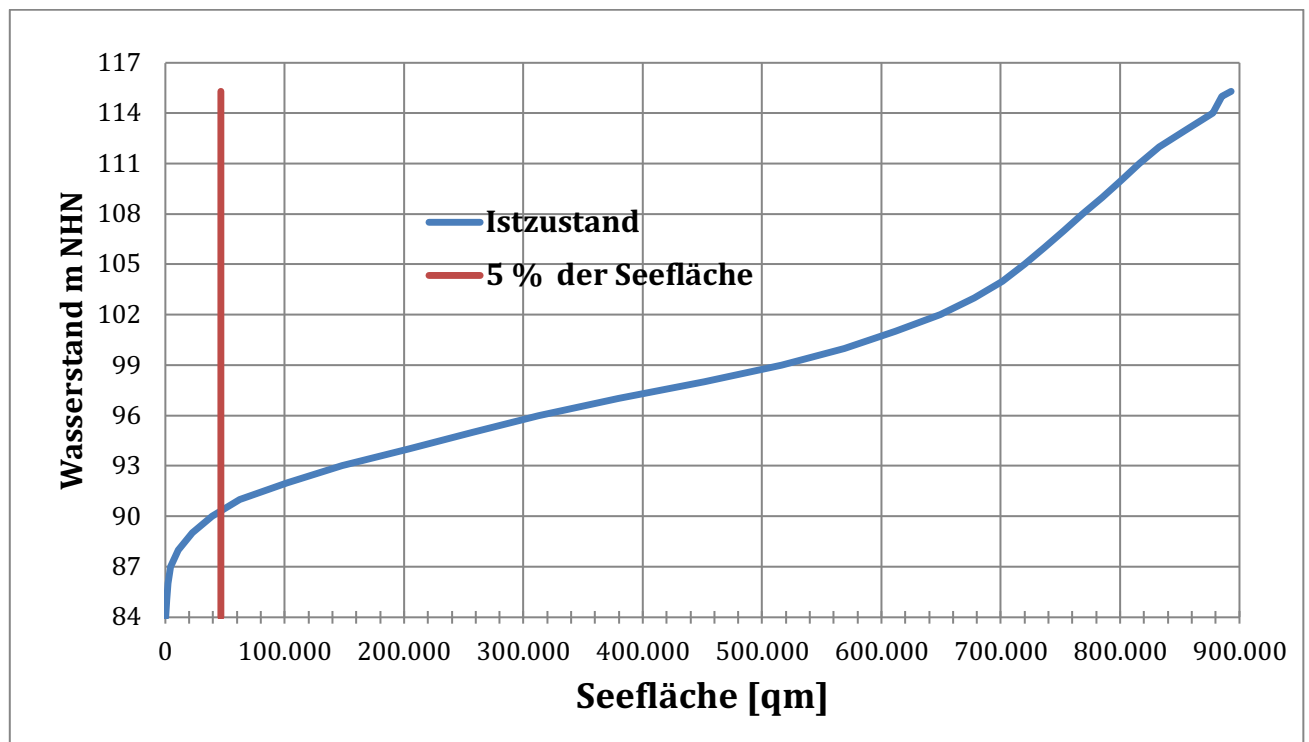


Abbildung 4.1: Flächenkurven im Istzustand

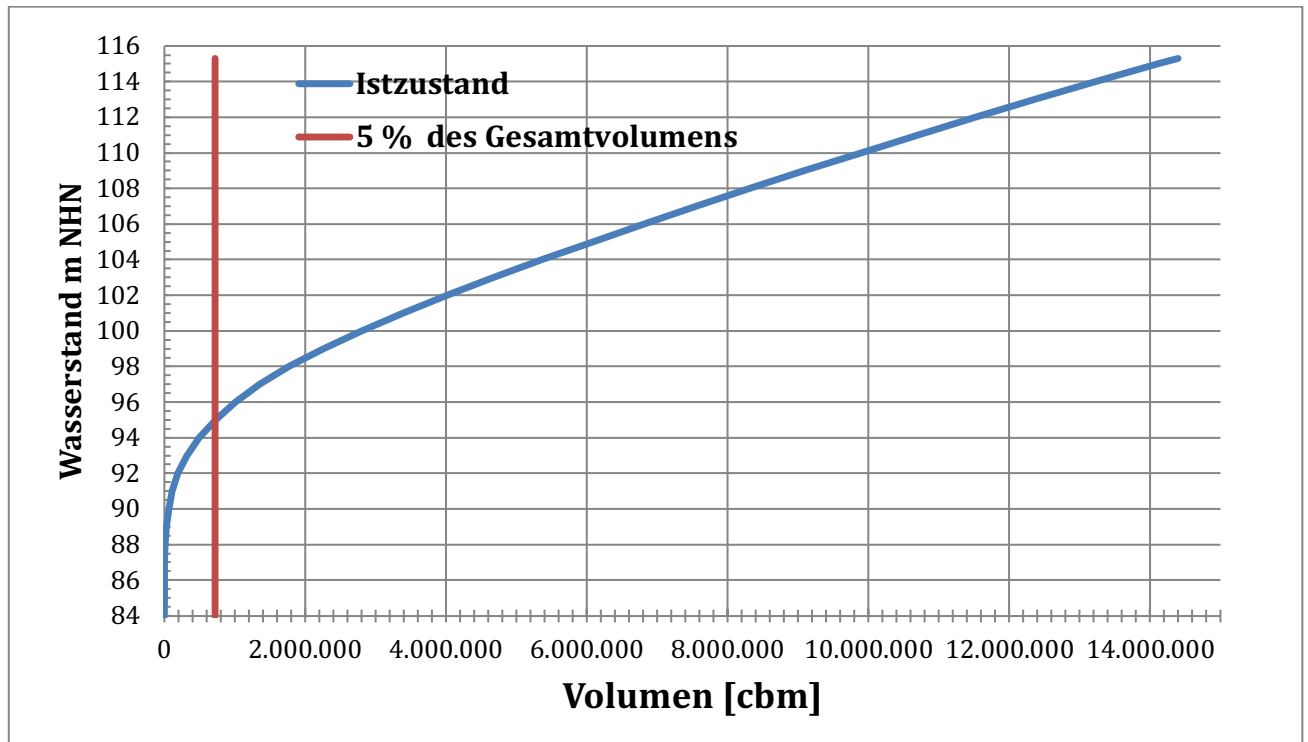


Abbildung 4.2: Volumenkurve im Istzustand

4.2 Wasserhaushalt des Untersuchungsgewässers

Der Wasserhaushalt des Untersuchungsgewässers wird durch die folgenden Faktoren bestimmt:

- Wasseraustausch mit dem Grundwasser entsprechend dem hydraulischen Gefälle (stationärer Grundwasserzustrom)
- Zusätzlicher Wasseraustausch mit dem Grundwasser infolge von Grundwasserstandsschwankungen (instationärer Grundwasserzustrom)
- Weiterer zusätzlicher Grundwasserzuzug infolge der Volumenvergrößerung durch die Kiesentnahme
- Niederschlagseinträge in den See
- Verdunstungsausgleich

Nicht berücksichtigt wird hier die im Rahmen der Kiesgewinnung (Kieswäsche) umgeschlagene Wassermenge.

Auf der Grundlage der hydraulischen Kennwerte errechnen sich mit der von NIEMEYER (1978) angegebenen Formel $Q = k_f \cdot J_{GW} \cdot T_M \cdot (BS + 700 \cdot J_{GW} \cdot LS)$ für die stationäre Wasserverweilzeit 5,06 Jahre im Istzustand und in Abhängigkeit von der noch nicht endgültig feststellbaren Seegeometrie nach Abschluss der Auskiesung (vgl. Kapitel 2) näherungsweise 5,7 Jahre im Genehmigungszustand nach Abschluss der Auskiesung (vgl. Tabelle 4.2).

Morphologische und hydraulische Kennwerte

Tabelle 4.2: Wasserverweilzeiten des Baggersees auf Basis hydraulischer Kennwerte (stationär)

	Einheit	Istzustand	Genehmigungszustand
Auskiesungstätigkeit		ja	nein
BS (Breite des Sees quer zur GW Fließr.)	m	1433	1454
JGW (Mittleres Grundwassergefälle)		1,43 ‰	1,43 ‰
LS (Länge des Sees in GW Fließrichtung)	m	1510	1510
Tmax (maximale Tiefe)	m	30,3	30,3
T ø (mittlere Tiefe)	m	16,2	18,7
Seefläche	ha	89,3	≈ 110
V (Seevolumen)	m ³	14.400.000	≈ 20.000.000
kf (Durchlässigkeitsbeiwert- FORMEL $Q=kf \cdot JGW \cdot TM \cdot (BS+700 \cdot JGW \cdot LS)$ (NIEMEYER 1978)	m/sec	$1,42 \cdot 10^{-3}$	$1,42 \cdot 10^{-3}$
Zufluss Grundwasser Q	m ³ /Jahr	3.063.567	(3.500.000)
	l/s	97,15	(110,9)
TW-Verweilzeit	Jahre	5,06	≈ 5,7

Bei steigenden Grundwasserständen im Seeumfeld ergibt sich ein zusätzlicher Grundwasserzustrom. Infolge des Retentions- und Speichereffektes werden Seen bei einem Anstieg der Grundwasserstände vermehrt mit Grundwasser befüllt. Umgekehrt erfolgt bei wieder sinkenden Grundwasserständen ein vermehrter Abstrom aus dem See in den Aquifer. Im Rahmen dieses Geschehens wird die Wasseraustauschrate erhöht. Unter Bezug auf die Messwerte am Lattenpegel des Sees errechnet sich ein Jahressummenwert von 0,56 m für grundwasserstandsverursachte Seespiegelanstiege. Daraus ergibt sich ein instationärer Grundwasserzustrom von ca. 500.080 m³/J in den See für den Istzustand und von ca. 616.000 m³/J für den Genehmigungszustand.

Als weitere Größe ist im Istzustand ein durch die Auskiesung verursachter zusätzlicher Grundwasserzustrom zu berücksichtigen. Dieser ergibt sich infolge der Erhöhung des Seevolumens bei der Entnahme des Baggerguts. Abzüglich des Porenvolumenanteils (ca. 17 %) errechnet sich ein weiterer Grundwasserzustrom von ca. 456.600 m³/J.

In der Summe von stationärem, instationärem und auskiesungsverursachtem Grundwasserzustrom ergeben sich die in der Tabelle 4.3 angegebenen Grundwasserzuflussraten in den See. Daraus errechnen sich Wasserverweilzeiten von 3,6 Jahren für den Istzustand und von 4,9 Jahren für den Genehmigungszustand.

Tabelle 4.3: Grundwasserzustrom und Wasserverweilzeit

	Einheit	Istzustand	Genehmigungszustand
Seevolumen	m ³	14.400.000	20.000.000
Auskiesungstätigkeit		ja	nein
Stationärer Grundwasserzustrom	m ³ /Jahr	3.063.567	3.500.000
Instationärer Grundwasserzustrom	m ³ /Jahr	500.080	616.000
Auskiesungsverursachter Grundwasserzustrom*	m ³ /Jahr	456.600	/(keine Auskiesung)
∑ Grundwasserzufluss	m ³ /Jahr	4.020.247	4.116.000
∑ Grundwasserzufluss	L/sec	127,4	130,4
Grundwasserverweilzeit	Jahre	3,6	4,9

5 Gewässerzustand

5.1 Untersuchungsumfang und Probennahmestandorte

Die Beschreibung der Wasserbeschaffenheit des Baggersees fußt auf einem Datenmaterial, das in den Jahren 2015 bis 2021 erhoben wurde (vgl. Tabelle 5.1).

Tabelle 5.1: Datenerhebungen zum Gewässerzustand des Baggersees

Datum	Chem.-phys. Wasserbeschaffenheit	Tiefenprofile Vor-Ort-Parameter	Sedimentbeschaffenheit
13.02.15	X	X	
07.09.15	X	X	X
17.02.17	X	X	
12.09.17	X	X	
15.02.19	X	X	
06.09.19	X		
23.02.21	X	X	
09.09.21	X	X	X

5.2 Wasserbeschaffenheit

5.2.1 Temperaturhaushalt und Gewässerschichtung

Die im Beobachtungszeitraum 2015 bis 2021 erhobenen Temperaturtiefenprofile (vgl. Abbildung 5.1) weisen für die winterlichen Zirkulationsphasen stets eine Volldurchmischung des Seewassers aus.

In den sommerlichen Stagnationsphasen ist eine deutliche Temperaturschichtung zu erkennen. Zwischen der Wasseroberfläche und dem grundnahen Wasserkörper wurde ein Temperaturunterschied von maximal 13 °C gemessen. Im tiefen Hypolimnion betrug die Mindesttemperatur 7,5 °C.

Die Baggertätigkeit verursacht auch im Untersuchungsgewässer einen Energieeintrag in die Tiefe, der aber deutlich geringer ausfällt als in vielen vergleichbaren Seen.

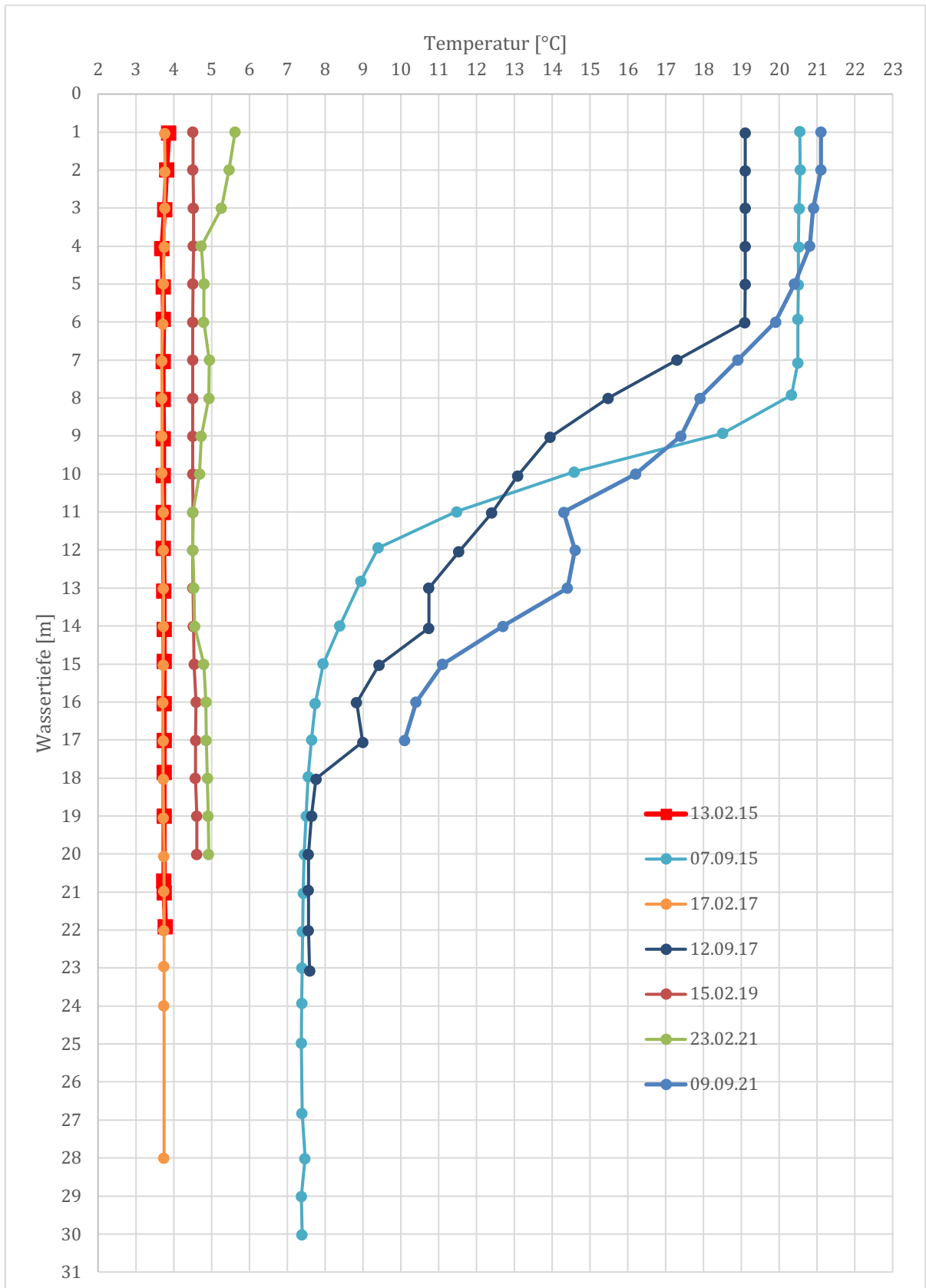


Abbildung 5.1: Tiefenprofile der Wassertemperatur

5.2.2 Sauerstoffhaushalt

Die Zirkulationsphasen sind von hohen Sauerstoffgehalten bis zum Gewässergrund geprägt (vgl. Abbildung 5.2).

In den Stagnationsphasen kommt es zu deutlichen Sauerstoffverlusten in der Tiefe, wobei teilweise ein Wert von 2 mg/l unterschritten wird.

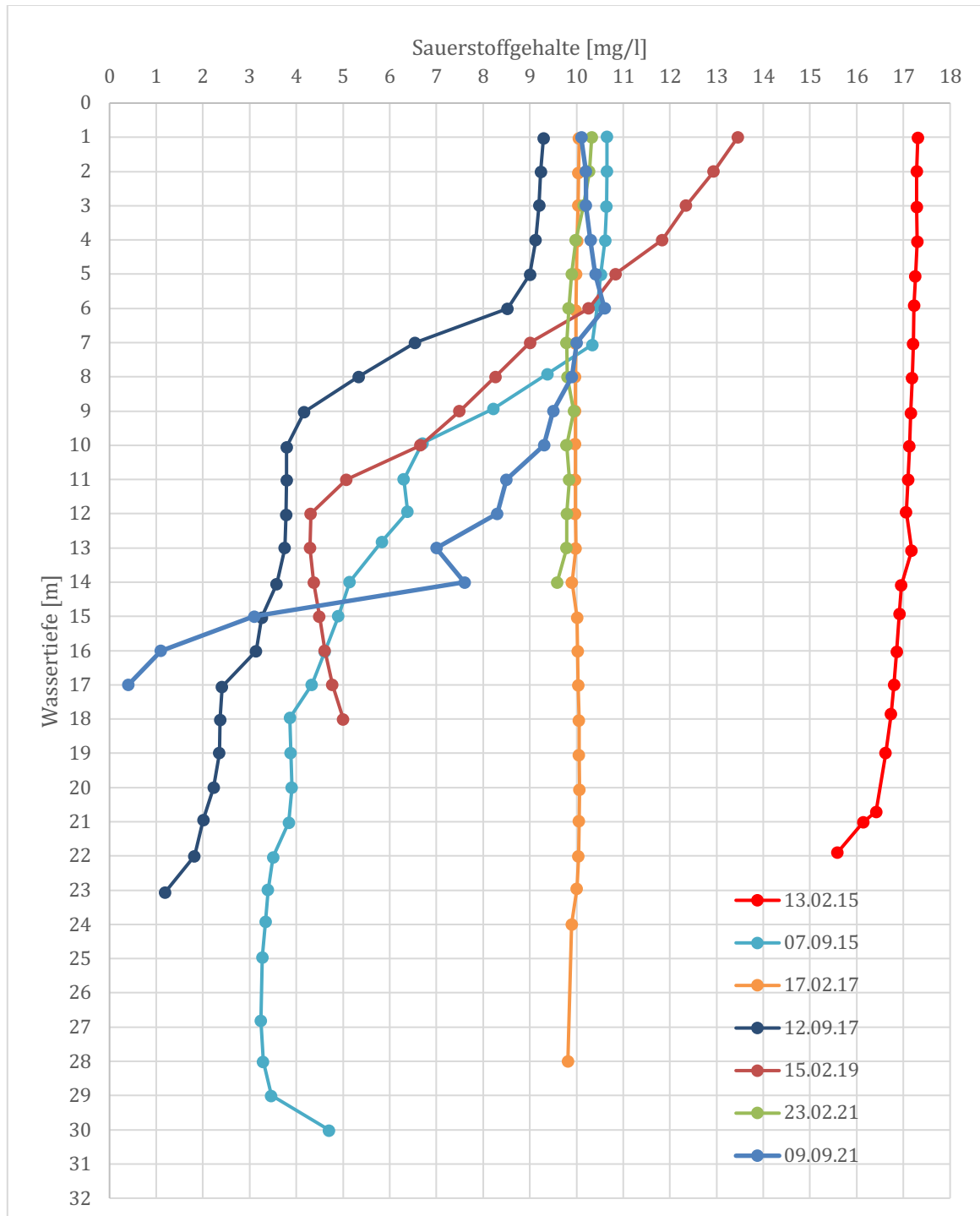


Abbildung 5.2: Tiefenprofile der Sauerstoffgehalte

5.2.3 Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Indikator für die Menge der im Wasser gelösten Ionen. Niedrigere Leitfähigkeitswerte in der oberen, epilimnischen Wasserschicht zeigen eine Stoffaufnahme in Pflanzenbiomasse (Algen) und/oder physikalische Prozesse an, die im Zusammenhang mit der physikalischen oder biogenen Entkalkung stehen.

Diese Phänomene waren im Untersuchungsgewässer typischerweise in den Sommermonaten während der Vegetationsperiode ausgeprägt (vgl. Abbildung 5.3).

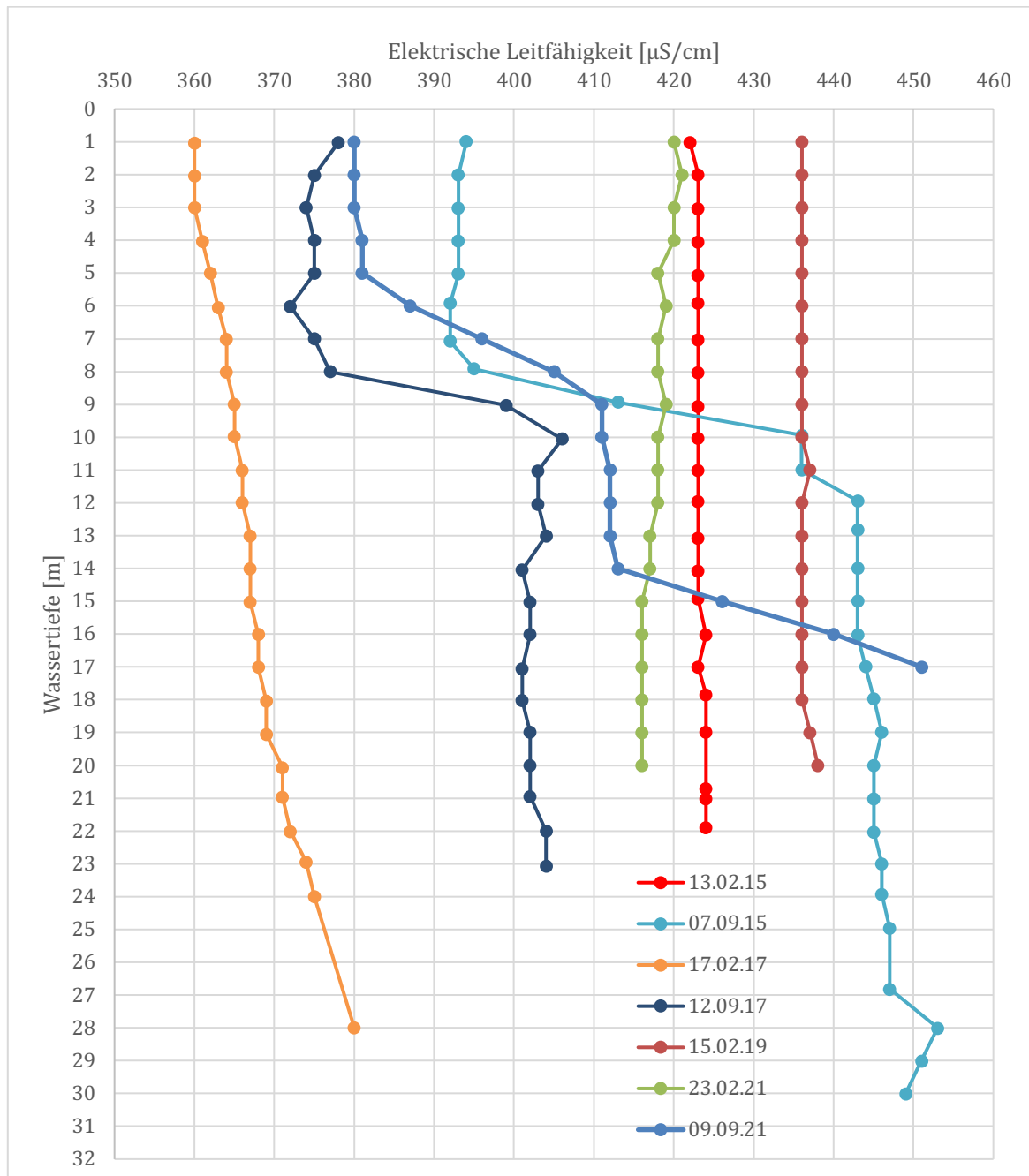


Abbildung 5.3: Tiefenprofile der elektrischen Leitfähigkeit

5.2.4 Verteilung ausgesuchter Ionen

Die Konzentrationen und das Verteilungsmuster der in der Tabelle 5.2 angeführten Stoffe dienen als Indikatoren zur Beurteilung der Gewässergüte. In Abhängigkeit vom Gütezustand und den vorherrschenden Stoffwechselprozessen eines Sees ergeben sich für ihre Konzentrationen spezifische Verteilungsmuster im Vertikalprofil bzw. im Jahresverlauf.

Tabelle 5.2: Verteilung ausgesuchter Ionen im Seewasser

Parameter	Tiefe	13.02.15	07.09.15	12.09.17	15.02.19	06.09.19	23.02.21	09.09.21	WW*	Trink wV**
Sulfat [mg/l]	Mischprobe	33,3					31,1		180	250
	Epilimnion		35					31,7		
	Hypolimnion		35					31,2		
	über Grund		34,7					30,8		
Chlorid [mg/l]	Mischprobe	28,7					28,1		187,5	250
	Epilimnion		30,1					27,1		
	Hypolimnion		30,2					26,7		
	über Grund		28,8					26,5		
Säurekapazität bis pH 4,3 [mmol/l]	Mischprobe	2,77					2,62			
	Epilimnion		2,25					2,61		
	Hypolimnion		2,25					3,00		
	über Grund		2,92					3,07		
Hydrogencar- bonat [mg/l]	Mischprobe	169					160			
	Epilimnion		137					159		
	Hypolimnion		137					183		
	über Grund		178					187		
Eisen, gesamt [mg/l]	Mischprobe	0,019					0,0285			0,2
	Epilimnion	<0,01						0,0188		
	Hypolimnion	<0,01						0,0807		
	über Grund	<0,01						0,275		
Mangan [mg/l]	Mischprobe	0,004					0,0077			0,05
	Epilimnion	<0,003						0,0072		
	Hypolimnion	<0,003						0,112		
	über Grund	<0,003						0,789		
Calcium [mg/l]	Mischprobe	58					53,3			
	Epilimnion		49					57		
	Hypolimnion		48					65,2		
	über Grund		62					65,7		
Magnesium [mg/l]	Mischprobe	5,8					5,47			
	Epilimnion		6,5					5,25		
	Hypolimnion		6,7					5,41		
	über Grund		6,8					5,42		
Silicium [mg/l]	Mischprobe	1,1					0,69			
	Epilimnion		0,43					0,56		
	Hypolimnion		0,41					1,41		
	über Grund		1,2					1,81		
Kalium [mg/l]	Mischprobe	8,5					6,35		10	
	Epilimnion		7,3					6,96		
	Hypolimnion		7,7					6,79		
	über Grund		7,5					6,75		

Natrium [mg/l]	Mischprobe	16					17,2		160	200
	Epilimnion		18					16,8		
	Hypolimnion		19					16,6		
	über Grund		17,7					16,6		
Schwefelwas- serstoff [mg/l]	Epilimnion		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,1		
	Hypolimnion		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,1		
	über Grund		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,1		

* LUBW (2013), Grundwasserüberwachungsprogramm ** Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001)

Während der Stagnationsphase sinkt biologisches Material aus der produktiven Zone des Sees (Epilimnion) in das Hypolimnion ab und verursacht dort eine Erhöhung der Gehalte an Hydrogencarbonat, Calcium und Silizium. In nährstoffreichen Gewässern kommt es dabei u.a. durch die Verlagerung von Algenbiomasse in die Tiefe und ihre anschließende Mineralisierung zu erheblichen Konzentrationsunterschieden zwischen dem Epilimnion und dem Hypolimnion. Auch im Untersuchungsgewässer zeigte sich eine Anreicherung dieser Stoffe über Grund, deren Ausmaß aber nicht auf eine hohe biologische Produktivität verwies.

Sulfat unterlag im See aufgrund der ausreichenden Sauerstoffversorgung bis zum Gewässergrund nicht oder allenfalls geringfügig der Reduktion in der Gewässertiefe. Die Höhe der Sulfat- wie auch der Chloridkonzentrationen im See wird maßgeblich von der Qualität des zuströmenden Grundwassers bestimmt, ein Um- oder Abbau der Stoffe findet im See kaum statt. Schwefelwasserstoff und Sulfid wurden nicht nachgewiesen.

Insgesamt verweisen weder die absoluten Konzentrationen noch das tiefendifferenzierte Verteilungsmuster auf Gütedefizite im Untersuchungsgewässer. Die erhobenen Messwerte blieben sehr deutlich unter den Warnwerten der LUBW (WW) und den Grenzwerten der TrinkwV (2001).

5.2.5 Nährstoffhaushalt und Biomasse

5.2.5.1 Phosphorgehalte

Die Phosphorgehalte im Seewasser bilden einen entscheidenden Indikator zur Bestimmung der Belastungssituation eines Sees, da Phosphor in der Regel in sehr geringen Konzentrationen vorhanden ist und somit das Algenwachstum limitiert.

Gesamtphosphor (=Gesamtphosphat-P) war während der Untersuchungstermine nur in sehr geringen Konzentrationen im Seewasser vorhanden (vgl. Tabelle 5.3). Die Werte blieben zumindest im Bereich der Orientierungsgrößen oder erreichten ein noch niedrigeres Ausmaß und zeigten damit einen nährstoffarmen Zustand im mesotrophen oder sogar oligotrophen Bereich an. Die Zunahme der Phosphorgehalte in der Gewässertiefe am 09.09.2021 geben einen Hinweis auf mögliche Rücklösungsprozesse aus dem Sediment.

Der direkt pflanzenverfügbare ortho-Phosphat-Phosphor lag bei allen Messungen unter der Nachweisgrenze.

Tabelle 5.3: Phosphorgehalte im Seewasser

Parameter	Tiefe	13.02. 2015	07.09. 2015	17.02. 2017	15.02. 2019	23.02. 2021	09.09. 2021	Orientierungsgrößen mesotroph	
Gesamtphosphat-P [mg/l]	Mischprobe	0,24		<0,01	<0,01	<0,01		Zirkulation: 0,015 - 0,045*	Saison-MW: 0,02 - 0,035**
	Epilimnion		<0,01				<0,01		
	Hypolimnion		<0,01				0,0157		
	über Grund		<0,01				0,023		
ortho-Phosphat-P [mg/l]	Mischprobe	<0,01				<0,01			
	Epilimnion		<0,03				<0,02		
	Hypolimnion		<0,03				<0,02		
	über Grund		<0,03				<0,02		

* LfU (2004) ** OGewV (2016)

5.2.5.2 Stickstoffgehalte

Die Stickstoffspezies (vgl. Tabelle 5.4) erreichten generell geringe Werte im Seewasser. Die Nitratkonzentrationen blieben infolge der nur schwach ausgeprägten externen Belastung niedrig. Nitrit wurde stets in unbedenklichen Konzentrationen gemessen, die weit unterhalb des für die Fischfauna potentiell toxischen Wertes von 0,2 mg/l blieben.

Auch die Ammoniumgehalte waren sehr gering und lagen fast immer unter der Nachweisgrenze. In der Gewässertiefe kam es bei der Messung vom 09.09.2021 einmalig zu einer leichten Anreicherung von Ammonium über Grund, das auf ein geringfügig erhöhtes Algenwachstum verweisen kann.

Tabelle 5.4: Stickstoffgehalte im Seewasser

Parameter	Tiefe	13.02. 2015	07.09. 2015	12.09. 2017	06.09. 2019	23.02. 2021	09.09. 2021	WW*	TrinkwV**
Ammonium [mg/l]	Mischprobe	<0,04				<0,04		0,38	0,5
	Epilimnion		<0,04	<0,04	<0,04		<0,04		
	Hypolimnion		<0,04	<0,04	<0,04		<0,04		
	über Grund		<0,04	<0,04	<0,04		0,164		
Nitrat [mg/l]	Mischprobe	5,36				2,74		37,5	50
	Epilimnion		4,01				3,26		
	Hypolimnion		4,01				2,99		
	über Grund		5,02				2,32		
Nitrit [mg/l]	Mischprobe	0,01				0,012		0,08	0,1
	Epilimnion		0,03				0,009		
	Hypolimnion		0,03				0,013		
	über Grund		<0,005				0,019		

* LUBW, 2013 Grundwasserüberwachungsprogramm ** Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001)

5.2.5.3 Weitere Indikatorwerte zur Beurteilung des Nährstoffhaushaltes

Die in der Tabelle 5.5 angegebenen Parameter erreichen Messwerte, die einem ausgeglichenen, von Eutrophierungsprozessen weitgehend freien Zustand des Nährstoffhaushaltes entsprechen.

Tabelle 5.5: Weitere Indikatorwerte des Nährstoffhaushaltes im See

Parameter	Tiefe	13.02.15	07.09.15	17.02.17	12.09.17	15.02.19	06.09.19	23.02.21	09.09.21	Orientierungsgrößen
DOC [mg/l]	Mischprobe	1,47						1,39		
	Epilimnion		1,79						1,4	
	Hypolimnion		1,88						1,5	
	über Grund		1,51						1,51	
Chlorophyll-a [$\mu\text{g/l}$]	Epilimnion		<1		1,6		<0,2		<1	4-12*
Phaeophytin [$\mu\text{g/l}$]	Epilimnion				1				3,1	
Sichttiefe [m]	/	1,8	1,9	0,9	1,7	1,2	1,8	2,5	5,53	3,5-2,5**

* LfU (2004) für einen mesotrophen Status, ** OGewV (2016) für den Grenzbereich gut/mäßig (mesotroph 1)

Die Gehalte des gesamten organischen Kohlenstoffs (DOC) waren gering, so dass von einer Belastung des Sauerstoffhaushaltes durch die Mineralisierung organischer Wasserinhaltsstoffe im Untersuchungsgewässer nicht auszugehen ist.

Die Chlorophyll-a Werte blieben deutlich unter den Orientierungswerten für einen mesotrophen Status und zeigten einen sehr nährstoffarmen oligotrophen Zustand an. Die Sichttiefenwerte wurden durch den vom Baggerbetrieb verursachten Eintrag mineralischer Trübung in unterschiedlichem Ausmaß vermindert und können demzufolge nicht als Trophieindikator dienen.

5.3 Sedimentbeschaffenheit

Das Sediment des Untersuchungsgewässers zeigt den Zustand eines Baggersees während der Auskiesung, in dem die Ausbildung einer limnischen Sedimentcharakteristik noch kaum forstgeschritten ist (vgl. Tabelle 5.6). Die Biomasseanteile und Nährstoffgehalte im Sediment erreichten im Vergleich zu den Referenzwerten ein geringes Belastungsniveau.

Tabelle 5.6: Nährstoffgehalte im Sediment des Baggersees

Parameter	Einheit	Messwerte		Referenzwerte Baggerseen*			
		07.09.15	09.09.21	Mittelw.	25. Perz.	90. Perz.	Anzahl
Trockensubstanz	%	80,1	90,5				
Glührückstand bei 550°C	% TS	99,5	98,2				
Glühverlust	% TS		1,8				
Phosphor, gesamt	mg/kg TS	420	340	855	517	1.402	140
Stickstoff gesamt	% TS	0,02	0,03				
Stickstoff gesamt	mg/kg TS	200	300	1538	200	3619	119

* aus dem Messprogramm der LUBW an 67 Baggerseen der Oberrheinebene und Eigenuntersuchungen (73 Seen) in den Jahren 1994-2020

5.4 Zusammenfassende Beschreibung des Gewässerzustandes

Wie aus der in Tabelle 5.7 dargestellten zusammenfassenden Bewertung hervorgeht, sind derzeit keine Belastungen oder Negativentwicklungen im Untersuchungsgewässer festzustellen. Zusätzlich wird das Zirkulationsverhalten durch die aktive Auskiesungstätigkeit begünstigt.

Tabelle 5.7: Zusammenfassende Bewertung des Gewässerzustandes

Parameter	Indikatorbedeutung	Zustand	Orientierungswert	Bewertung
Temperatur & Gewässerschichtung	Bei eingeschränktem Zirkulationsverhalten (Meromixis) entwickeln sich Sauerstoffdefizite.	See zirkuliert, das Zirkulationsverhalten wird auch durch die Auskiesungstätigkeit gefördert.	/	Positiv
Sauerstoffgehalt	Sauerstoffdefizite weisen auf ein Überangebot an Nährstoffen und hohe Zehrungsintensität der Sedimente hin.	Mitunter Sauerstoffdefizite im unmittelbaren Grundbereich, die aber nur ein sehr geringes Volumen betreffen. Während der Zirkulation vollständige Oxidierung des Seewasserkörpers.	Höchstens 30% der Wassersäule über Grund O ₂ -Gehalt <2mg/L	Positiv
Leitfähigkeit	Ionenanreicherungen in der Tiefe weisen auf hohe Trophie hin.	Die Leitfähigkeitswerte nehmen im Sommer mit der Seetiefe nur wenig zu. Die Auskiesung fördert die Durchmischung nur in geringem Umfang.	/	Positiv, keine Belastung erkennbar.
Phosphorgehalte	Erhöhte Phosphorkonzentrationen begünstigen das Algenwachstum und indirekt Sauerstoffdefizite.	Sehr geringe Phosphorgehalte im Wasserkörper. Keine Rücklösung in der Tiefe.	0,015 bis 0,045 mg/L	Positiv, noch geringere Nährstoffbelastung als der Orientierungswert fordert.
Chlorophyll-a Gehalte	Hohe Chlorophyll-a Gehalte indizieren starkes Algen- und Cyanobakterienwachstum.	Niedrige Chlorophyll-a Gehalte im Wasserkörper infolge geringer Phosphorkonzentrationen und mäßig intensivierter Wasserumwälzung durch die Auskiesungstätigkeit.	4-12 µg/L	Positiv, Messwerte liegen deutlich unter dem Orientierungswert.
Sichttiefe	Geringe Sichttiefenwerte sind ein Indikator für Algen- und Cyanobakterienmassenentwicklungen.	Sichttiefenwerte durch Auskiesungstätigkeit (mineralische Trübe) vermindert.	3,5 – 2,5 m	Wegen betriebsbedingten Eintrags mineralischer Trübe nicht als Trophieindikator geeignet.

6 Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen auf die Seewasserqualität

6.1 Ausgangssituation

Bevor die Maßnahmenauswirkungen auf das Untersuchungsgewässer mittels einer Modellierung der relevanten Qualitätsparameter im Detail ermittelt werden (vgl. Kapitel 7), sollen hier zunächst die grundsätzlichen Einflusspotentiale auf die Wasserbeschaffenheit, mit denen infolge der Installation einer SPV-Anlage zu rechnen ist, dargestellt werden. Auf künstlichen Stillgewässern bzw. erheblich veränderten Stillgewässern ist die Installation von schwimmenden Photovoltaik (SPV)-Anlagen prinzipiell möglich, wenn deren Einwirkungen keine negativen Folgen für die Gewässergüte verursachen.

Allerdings liegen derzeit noch keine Untersuchungen vor, die eine allgemeine Abschätzung und auf verschiedene Einzelfälle übertragbare Quantifizierung der aus dieser Nutzung erwartbaren Belastungen ermöglichen. Die bisher erstellten Studien beziehen sich zumeist auf konkrete Vorhaben und bilden nicht das gesamte Spektrum möglicherweise betroffener Parameter und Untersuchungsgegenstände ab, wie:

- Zirkulationsverhalten
- Temperaturhaushalt
- Seeverdunstung
- Sauerstoffhaushalt
- Algen- und Cyanobakterienentwicklung (Artenzusammensetzung, Chl-a)
- Zooplankton
- Makrozoobenthos
- Fischfauna
- Wasserpflanzen
- Lebensraum im Seeumfeld lebender Organismen (z.B. Avifauna, Fledermäuse, Biber, Fischotter etc.)
- Nährstoffhaushalt
- Entwicklung benthischer Cyanobakterien als Aufwuchs auf den Schwimmkörpern
- Entwicklung von Schwachlicht-Cyanobakterien-Arten (z.B. *Planktothrix rubescens*) im abgeschatteten Bereich
- Mögliche sekundäre Belastungen z.B. durch Antifouling, Leaching, Freisetzung von Mikroplastik etc.

Beeinflusst werden diese Parameter durch drei Faktorenkomplexe, wobei der Erste den mit Abstand größten Effekt auf die Seewasserbeschaffenheit ausübt.

6.2 Potentielle Einflussfaktoren

6.2.1 Faktorenkomplex 1 (primäre Wirkgrößen)

Der Faktorenkomplex 1 wird primär durch Veränderungen folgender meteorologischer Wirkgrößen, die mit der Installation einer SPV-Anlage einhergehen, bestimmt:

- Globalstrahlung [W/m^2]
- Langwellige Rückstrahlung [W/m^2]
- Windgeschwindigkeit [m/s]
- Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$]
- Dampfdruck [hPa]
- Niederschlagshöhe [mm]

Die Kenntnis der Veränderung dieser Wirkgrößen ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Beurteilung vorhabensbedingter Auswirkungen einer SPV-Anlage auf die Seewasserbeschaffenheit. Diese Wirkfaktoren beeinflussen den Temperaturhaushalt und die Gewässerschichtung (vgl. Abbildung 6.1), aber auch den Lichthaushalt sowie den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt eines Gewässers und damit die gesamte Seeökologie. Mit einer Veränderung dieser Wirkgrößen verändert sich auch die Lebensraumfunktion für Fische, Wasserpflanzen sowie Zoo- und Phytoplankton. Auch das Entwicklungspotential von Cyanobakterien kann beeinflusst werden.

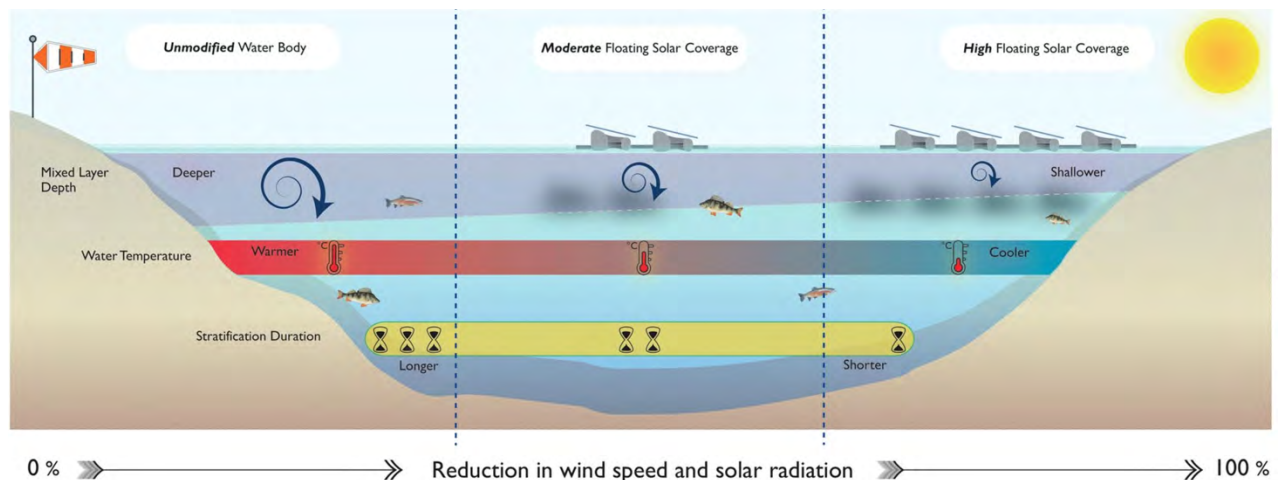


Abbildung 6.1: Veränderung der Wassertemperatur und Gewässerschichtung durch Solarmodule (Abb. aus Exley et al. 2021)

Die meteorologischen Wirkgrößen werden durch die Exposition von schwimmenden Solarmodulen in unterschiedlichem Umfang beeinflusst, wobei sich direkte Auswirkungen vor allem für die Wassertemperatur und dementsprechend auch für das Zirkulationsverhalten ergeben (vgl. Tabelle 6.1).

Dabei können wegen mitunter gegenläufigen Beeinflussungen (Verringerung bzw. Verstärkung) einzelner Wirkgrößen die Auswirkungen der einen durch Auswirkungen einer anderen abgeschwächt werden. Die Verringerung der Zirkulationsintensität durch die stärkere Windabschattung z.B. wird teilweise (oder auch ganz) durch den verminderten Wärmeeintrag (Globalstrahlung) und die damit verbundene Abnahme der Schichtungsstabilität kompensiert.

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

Tabelle 6.1: Vorhabensbedingte Beeinflussung meteorologischer Wirkgrößen

Nr.	Meteorologischen Wirkgrößen	Effekt durch PV-Module	Auswirkungen auf	
			Wassertemperatur	Zirkulationsintensität
1.	Globalstrahlung [W/m ²]	Abschwächung	Verringerung	Verstärkung
2.	Langwellige Strahlung [W/m ²]	Verstärkung	Erhöhung	Verringerung
3.	Gesamteinstrahlung (1. + 2.)	Abschwächung	Verringerung	Verstärkung
4.	Windgeschwindigkeit [m/s]	Abschwächung	Erhöhung	Verringerung
5.	Lufttemperatur [°C]	Verstärkung	Erhöhung	Erhöhung
6.	Dampfdruck [hPa]	Verstärkung	sehr geringe Erhöhung	sehr schwache Verringerung
7.	Niederschlagshöhe in mm	kein	/	/

Die direkten Auswirkungen durch Veränderungen der meteorologischen Wirkgrößen verursachen mittelbare Auswirkungen auch für die physikalischen, chemischen und biochemischen Beschaffenheitskennwerte eines Gewässers sowie für das Besiedlungsbild.

6.2.2 Faktorenkomplex 2

Der Faktorenkomplex zwei wird bestimmt durch indirekte Beeinflussung der chemisch-physikalischen Wasserbeschaffenheit, die sich ergeben aus:

- der Freisetzung von Stoffen (Leaching) aus den Schwimmkörpern und den Solarmodulen,
- der Beeinflussung durch Antifouling und
- dem Eintrag von Mikroplastik in das Gewässer.

Die zu diesem Faktorenkomplex gehörenden Einflüsse werden in starkem Umfang vom Anlagendesign bestimmt.

6.2.3 Faktorenkomplex 3

Der Faktorenkomplex 3 beeinflusst mittelbar durch bau-, anlagen- und betriebsbedingte Effekte die Seewasserbeschaffenheit sowie das Besiedlungsbild und ggf. die Lebensraumtypen. Er besteht aus sehr unterschiedlichen Wirkfaktoren. In diesem Zusammenhang sind zu nennen:

- Beeinflussung der Eigenart, Vielfalt, Schönheit und Erholungseignung der Landschaft sowie sonstige Auswirkungen auf das Landschaftsbild.
- Beeinflussung der chemisch-physikalischen Wasserbeschaffenheit und Lebensräume durch technische Komponenten, wie:
 - Veränderung des Sauerstoffaustauschs zwischen Seeoberfläche und Wasserkörper durch den Überdeckungsgrad der Schwimmkörper
 - Beeinflussung der Wasserbeschaffenheit und der Lebensraumtypen durch Faktoren wie Netzanbindung
 - Beeinflussung der Sediment- und Besiedlungsstruktur durch die Verankerungssysteme (Schwoikreise)

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

- Beeinflussung des Sedimentationsverhaltens durch absedimentierenden Aufwuchs nach Exposition der Schwimmkörper (z.B. Benthos)
- Beeinflussung der Emergenz von Insektenlarven (Chironomiden) durch die SPV-Anlage
- Auswirkungen der Wechselrichteranlage (auf dem Gewässer / an Land)
- Beeinträchtigung der Wasserbeschaffenheit, der Lebenswelt sowie der Lebensraumtypen durch Havarieereignisse und Gewässernutzungen

6.3 Auswirkungen hydrodynamischer Prozesse im See

Mögliche Auswirkungen für die Seewasserbeschaffenheit durch die PV-Module, wie z.B. Veränderungen des Temperaturhaushaltes, können mitunter infolge der hydrodynamischen Prozesse (Vermischung) im See sehr schnell ausgeglichen werden. Eine Verringerung der Wassertemperatur unter den Modulen wird zumeist durch die Transportprozesse im See nivelliert und ist durch Differenzmessungen kaum noch zu erfassen. Gleichwohl ergeben sich maßnahmenbedingte Auswirkungen, die allerdings den gesamten Seebereich betreffen und hinsichtlich ihres Ausdehnungsverhaltens z.B. mit Trübungsprozessen vergleichbar sind, wie sie durch punktuelle Einleitungen von Kieswaschwasser entstehen (vgl. Abbildung 6.2).



Abbildung 6.2: Ausbreitung der Gewässertrübung in einem Baggersee der Oberrheinebene (Foto Boos)

Differenzmessungen, wie sie bei der Untersuchung der Vorhabensauswirkungen am Bomhofspas See in Zwolle durchgeführt wurden (De Lima et al. 2021), sind folglich zur Feststellung der Vorhabensauswirkungen nur bedingt geeignet.



Abbildung 6.3: Untersuchung der Vorhabenauswirkungen am Bomhofsplass See in Zwolle (de Lima et al. 2021).

Wie stark hydrodynamische Vorgänge in einem See zur horizontalen Angleichung von lokalen Belastungsgradienten führen können, ist beispielsweise auch aus der Verteilung der Parameter Temperatur, Sauerstoff und elektrische Leitfähigkeit in dem teilweise von Teichlinsen überdeckten Kölner Altrheinarm Untere Groov (vgl. Abbildung 6.4) zu ersehen.



Abbildung 6.4: Teichlinsenüberdeckungen an der Unteren Groov (Bildvorlage Google)

Die hier mit einer CTD-Sonde am 16.8.2021 an 6010 Messpunkten erfassten Werte (vgl. Tabelle 6.2) zeigen, dass im Bereich der Teichlinsenbedeckung und im unbedeckten Wasser nur geringe Unterschiede auftreten, da es infolge der Horizontalströmungen zu einer raschen Angleichung kommt. Die insgesamt geringen Sauerstoffwerte und die für ein Flachgewässer im Sommer vergleichsweise niedrige Wassertemperatur belegen aber, dass die Teichlinsenüberdeckung deutliche Auswirkungen für das gesamte Gewässer hat.

Tabelle 6.2: Veränderung von Beschaffenheitskennwerten bei teilweiser Überdeckung mit Teichlinsen

	Temperatur [°C]	Sauerstoffgehalt [mg/L]	Sauerstoffsättigung [%]	el. Leitfz ₅ [µS/cm]
Teichlinsenbedeckung 100 %	21,64	4,78	54,48	403,05
Teichlinsenbedeckung < 1%	21,28	4,83	54,63	404,86

Es ist anzunehmen, dass auch die Überdeckung mit Solarmodulen zwar Effekte auf die Seewasserbeschaffenheit, z.B. in Form eines Rückgangs der Sauerstoffgehalte, ausübt, diese aber aufgrund der Austausch- und Vermischungsvorgänge innerhalb des gesamten Seevolumens nicht zu lokal begrenzten Veränderungen der Wasserbeschaffenheit führen. Daher können diese Auswirkungen auch nicht durch Differenzmessungen erfasst werden.

6.4 Maßnahmenfolgen überlagernde (maskierende) Einflussgrößen

Seen, in denen schwimmende PV-Anlagen installiert wurden bzw. in naher Zukunft installiert werden sollen, sind in der Regel künstliche Gewässer, die anthropogene Überformungen und Mehrfachnutzungen aufweisen. Daraus können sich Beeinflussungen ergeben, die ähnliche Wirkungen entfalten wie installierte Solarmodule und somit die Herausarbeitung der davon ausgehenden Effekte erschweren, da sie diese quasi maskieren. In diesem Zusammenhang ist primär die Kiesgewinnung zu nennen, die zu erheblichen Veränderungen des Einschichtungs- und Durchmischungsverhaltens sowie der Gewässertrübung in Baggerseen führt. Als Haupteinflussfaktoren fungieren dabei:

- Die Abbaggerung mittels Schaufelbagger
- Wasserentnahme und Rückleitung durch Saugbagger
- Kieswäsche und Rückleitung von Kieswaschwasser

Durch die Kiesentnahme mit einem Bagger ergibt sich ein direkter Auswirkungsbereich mit einem Durchmesser, der etwa dem 10-fachen der Wassertiefe unter dem Bagger entspricht (vgl. Abbildung 6.5).

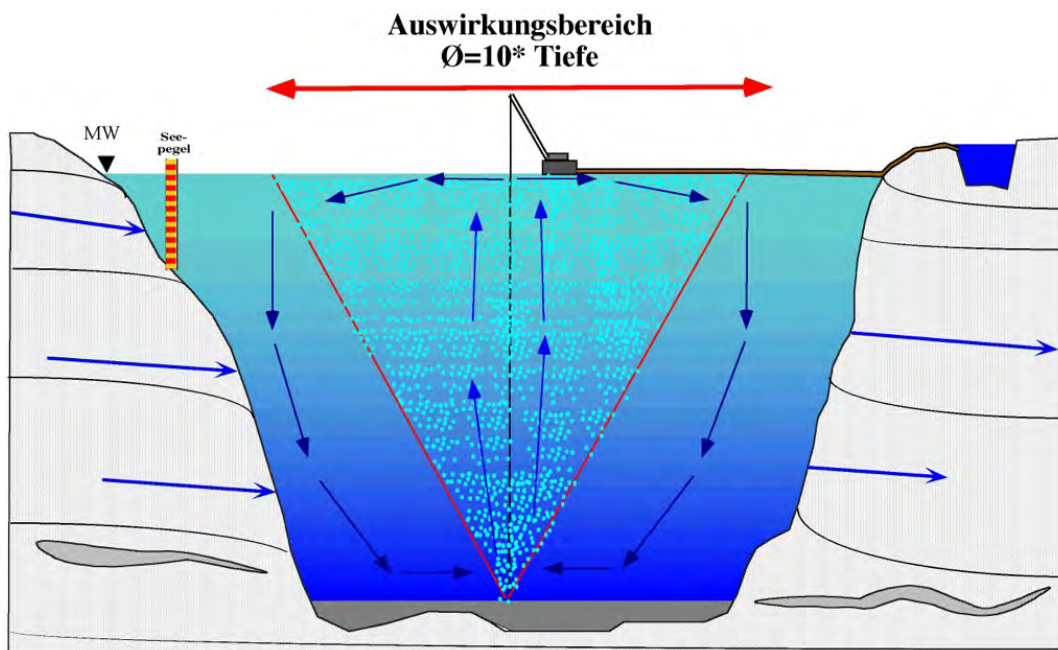


Abbildung 6.5: Direkter Auswirkungsbereich der Baggertätigkeit in einem Baggersee

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

Allerdings kommt es durch Ausgleichsströmungen zu einer vollständigen Beeinflussung des gesamten Wasserkörpers über wenige Tage (vgl. Abbildung 6.6). Dabei ergeben sich erhebliche Auswirkungen für den Gewässerzustand, die Baggerseen in Auskiesung bei ansonsten identischen Kennwerten (Morphologie, Hydrologie etc.) deutlich von Seen ohne Baggerbetrieb unterscheiden. Dies gilt vor allem im Hinblick auf:

- Höhere Temperaturen im Hypolimnion
- Geringere Temperaturdifferenzen zwischen epilimnischem und hypolimnischem Wasserkörper
- Abgeschwächte Algenentwicklung im Epilimnion aufgrund erhöhter mineralischer Trübung, geringerer Sichttiefe und verstärkter Turbulenzen (Vertikalvermischung)
- Eine verbesserte Sauerstoffversorgung im Hypolimnion
- Einen ausgeglichenen Sauerstoffhaushalt im Epilimnion nahe des Sättigungsbereiches



Abbildung 6.6: Verteilung mineralischer Trübung im Petersee bei Achern durch Ausgleichströmungen über den unmittelbaren Einwirkungsbereich hinaus (Luftbild Boos 2006)

6.5 Empfindlichkeitsstufen unterschiedlicher Baggerseetypen gegenüber SPV-Anlagen

Unabhängig von den im Einzelfall konkret zu erwartenden Auswirkungen einer SPV-Anlage für einzelne Baggerseen lassen sich grundsätzlich Empfindlichkeitsstufen unterschiedlicher Baggerseetypen definieren. Das Ausmaß der Empfindlichkeit gegenüber den oben beschriebenen Faktorenkomplexen (vgl. Kapitel 6.2) wird wesentlich bestimmt vom Betriebsstatus (in Auskiesung oder Auskiesung abgeschlossen), der Gewässertiefe und der Anbindung des Sees an Fließgewässer und/oder Grundwasser (vgl. Tabelle 6.3).

Tabelle 6.3: Empfindlichkeit unterschiedlicher Baggerseetypen gegenüber der Installation einer SPV-Anlage

Seetyp	Baggerseen in Auskiesung	Baggersee stillgelegt	Baggerseen flach (Tmax <10-20 m)	Baggerseen tief (Tmax >10-20 m)	Baggerseen fließgewässerangebunden	Baggerseen grundwasserangebunden	Empfindlichkeit gegenüber SPV
1	x		x		x		sehr gering
2	x		x			x	mäßig
3	x			x	x		sehr gering
4	x			x		x	sehr gering
5		x	x		x		mäßig
6		x	x			x	hoch
7		x		x	x		sehr gering
8		x		x		x	mäßig

Die höchste Empfindlichkeit gegenüber einer Nutzung durch SPV-Anlagen ist bei flachen, grundwasserdominierten Seen ohne Auskiesungstätigkeit (Seetyp 6) aufgrund eines höchstens mäßigen Nährstoffdargebots, geringer Algentrübe sowie Makrophytendominanz zu erwarten. Während der Auskiesungsphase hingegen bilden flache, grundwasserdominierte Baggerseen (Seetyp 2) eine nur mäßige Empfindlichkeit aus.

Mit sehr geringen Empfindlichkeiten ist bei tiefen Baggerseen in der Auskiesungsphase zu rechnen (Seetypen 1, 3 & 4). Dabei spielt neben der permanenten, betriebsbedingten Wasserzirkulation, die eine gleichmäßige Stoff- und Sauerstoffverteilung fördert, auch die mineralische Trübung eine Rolle, in deren Folge die Beschattungsfunktion durch eine SPV-Anlage geringere ökologische Auswirkungen hervorruft als in Seen mit hohen Sichttiefen.

Nach dem Ende der Auskiesung steigt die Empfindlichkeit tiefer, grundwasserangebundener Baggerseen (Seetyp 8), in denen sich unter natürlichen Bedingungen nun hohe Sichttiefen ausbilden, infolge der Beschattung durch die SPV-Anlagen an, erreicht aber immer noch ein nur mäßiges Ausmaß. Für tiefe, fließgewässerangebundene Baggerseen (Seetyp 7) erhöht sich die Empfindlichkeit nach dem Auskiesungsende weniger, da infolge der Nährstoffeinträge mit dem Oberflächenzufluss hier mit stärkeren Algenentwicklungen und demnach einer ohnehin geringeren Sichttiefe zu rechnen ist.

Mit einer mäßigen Empfindlichkeit ist in flachen, fließgewässerangebundenen Baggerseen (Seetyp 5) bereits während der Auskiesungsphase zu rechnen.

Das Untersuchungsgewässer als noch betriebener, grundwasserangebundener Baggersee mit einer Wassertiefe von deutlich mehr als 10 m und ohne Fließgewässerzufluss ist dem Seetyp 4 zuzuordnen. Für derartige Seen sind erhöhte Turbulenzen und verstärkte minerali-

sche Trübungen infolge der Auskiesungstätigkeit charakteristisch. Die Grundwasserdominanz in Verbindung mit der hohen Wassertiefe sorgt dafür, dass sich auch nach Einstellung der Auskiesungstätigkeit in dem nunmehr dem Typus 8 zuzuordnenden See ein allenfalls mäßig nährstoffreicher, wahrscheinlich sogar nährstoffarmer Gewässerzustand mit Makrophytendominanz entwickelt. Aufgrund der hohen Wassertiefe wird die von Solarmodulen ausgehende Beschattung negative Auswirkungen auf das Besiedlungspotential für höhere Wasserpflanzen und Armelechteralgen nur verursachen, wenn ufernahe Flachwasserbereiche berührt sind, deren Tiefe geringer als das 2,5-fache der Sichttiefe ist.

6.6 Darstellung und Quantifizierung maßnahmenverursachter Effekte in der aktuellen Fachliteratur

6.6.1 Auswahlkriterien für die Nutzung der Literaturquellen

Derzeit existieren nur wenige Baggerseen, an denen die Wirkung von PV-Anlagen untersucht werden könnte. Meist weisen diese Baggerseen eine vergleichsweise geringe Anlagengröße mit entsprechend niedriger Flächenüberdeckung ($\ll 10\%$) auf und befinden sich zudem noch in der Auskiesung. Daher eignen sich diese Seen nur begingt als Referenzgewässer, da mögliche Veränderungen des Gewässerzustandes durch Einwirkungen der SPV-Anlagen im Vergleich zu den Effekten, die von der Baggertätigkeit ausgehen, nur ein geringes Ausmaß annehmen können und nicht verlässlich darstellbar sind.

Eine allgemeine Darstellung und Quantifizierung maßnahmenverursachter Effekte erfolgt daher im Rahmen einer Literaturlauswertung. Bei der Auswahl der gesichteten Literatur wurden folgende Kriterien zu Grunde gelegt:

1. Ausreichende Berücksichtigung hydrodynamischer Prozesse bei der Bewertung der Einflussgrößen (vgl. Kapitel 6.3).
2. Darstellung maskierender Einflussgrößen, die ähnliche Auswirkungen auf die Gewässergüte verursachen wie die Solarnutzung, aber nicht von dieser selbst ausgehen (z.B. Intensivierung der Zirkulation durch Baggerbetrieb, Gewässertrübung durch Kieswaschwasser etc.) und damit die Erfassung der Maßnahmenauswirkungen erschweren (vgl. Kapitel 6.4).
3. Genaue Quantifizierung der meteorologischen Wirkgrößen (Faktorenkomplex 1, siehe Kapitel 6.2.1).
4. Weitere Angaben zu sekundären Einflussgrößen (Faktorenkomplexe 2 und 3, siehe Kapitel 6.2.2 und 6.2.3).

Im Idealfall sollten Literaturquellen, die Auswirkungen von SPV-Modulen auf die Wasserqualität einzelner Seen darstellen, zu allen oben aufgeführten Punkten Informationen liefern. Das Ausmaß der dabei erreichten Informationstiefe bestimmt den Nutzen der Quelle für die jeweilige Aufgabenstellung. Unter diesem Aspekt wurde die gesichtete Literatur, wie am folgenden Beispiel (siehe Tabelle 6.4) dargestellt, ausgewertet.

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

Tabelle 6.4: Auswertung einer Literaturquelle (Beispiel)

1	De Lima, R.L.P.; Paxinou, K.; C. Boogaard, F.; Akkerman, O.; Lin, F.-Y. In-Situ Water Quality Observations under a Large-Scale Floating Solar Farm Using Sensors and Underwater Drones. Sustainability 2021, 13, 6421. https://doi.org/10.3390/su13116421	
2	Seetyp, Gewässernutzung und Untersuchungsschwerpunkt	In Auskiesung befindlicher Baggersee (Bomhofsplas See bei Zwolle. Fläche 63 ha, T _{max} = 35m, Überdeckung durch PV-Module 18,25 ha, Überdeckungsgrad 29%). Untersucht wird im Rahmen einer empirischen Studie der Effekt, den Solarmodule auf einen noch in Auskiesung befindlichen Baggersee ausüben.
3a	Berücksichtigung hydrodynamischer Prozesse bei der Bewertung der Einflussgrößen	Untersucht wurden Temperatur, O ₂ -Gehalt sowie Leitfähigkeit im Freiwasserkörper und unter den Solarmodulen. Auf die Auswirkungen hydrodynamischer Effekte, die zum Ausgleich der Wertedifferenzen unter den Solarmodule und im Freiwasserkörper führen, wurde nicht eingegangen.
3b	Erfassung maskierender Einflussgrößen	Auf Einflussgrößen der Kiesgewinnung, welche die vorhabensbedingten Effekte maskieren können, wurde nicht eingegangen
3c	Quantifizierung der primären met. Wirkgrößen	Es werden keine Angaben zur Beeinflussung meteorologischer Wirkgrößen gemacht.
4a	Temperaturhaushalt, Zirkulations- und Schichtungsverhalten	Die Änderungen zwischen Referenzpunkt im Freiwasserkörper und Messstelle unterhalb der PV Anlage sind bei den Temperatur- und Leitfähigkeitswerten sehr gering. Temperaturhaushalt, Leitfähigkeit und Einschichtungsverhalten sind folglich von der Maßnahme nur in geringem Umfang betroffen.
4b	Sauerstoffhaushalt (Auswirkungen durch veränderte physikalische und biogene Belüftung)	Die Standortunterschiede der Sauerstoffwerte legen nahe, dass durch die Anlage eine Minderung der Sauerstoffwerte infolge geringerer physikalischer Belüftung und geringerem biogenem Sauerstoffeintrag verursacht wird. Die insgesamt aber immer noch hohen Sauerstoffwerte im See lassen nicht auf eine starke Überformung des noch in Auskiesung befindlichen Baggersees schließen.
4c	Ab- und Umbauvorgänge im Wasserkörper (Gewässersgüte)	Nicht untersucht
4d	Entwicklung des Besiedlungsbildes insbesondere von Makrophyten und Phytoplankton	Nicht untersucht
4e	Entwicklung von Cyanobakterien	Nicht untersucht
4f	Freisetzung von Mikroverunreinigungen	Nicht untersucht
5	Informationsgehalt und Nutzbarkeit für die Aufgabenstellung	Die Studie stellt eine umfangreiche Erhebung physikalischer Kennwerte an einem bestehenden See mit intensiver Nutzung durch SPV Anlagen dar, die den direkten Einwirkungsbereich der SPV Anlage erfasst. Nicht untersucht wurde der Nährstoffhaushalt mit den Trophiemerkmalen (C-N-P) oder biotischen Parametern wie Algen- und Wasserpflanzenentwicklung. Eine Bewertung der Vorhabensauswirkungen ist nur eingeschränkt möglich, da sich die Untersuchung auf Standortunterschiede an nur einem Gewässer beschränkt und die zwischen den Standorten stattfindenden Austauschprozesse keine Berücksichtigung finden.

Die Literatur zur Bewertung der Umweltrelevanz von schwimmenden Photovoltaik (SPV)-Anlagen kann in drei Kategorien gefasst werden:

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

1. Empirische Studien an bestehenden Gewässern durch Messung der von SPV-Anlagen ausgehenden Effekte.
2. Modellstudien zu den Auswirkungen von SPV-Anlagen für die Seewasserbeschaffenheit auf der Grundlage mathematischer Verfahren.
3. Eine Kombination von empirischen Erhebungen mit Modellberechnungen (im Folgenden: Kombinationsstudien), die eine Modell-Kalibrierung ermöglichen, um mittels des validierten Modells übertragbare Aussagen für unterschiedliche Seen mit verschiedenen Nutzungsintensitäten (Ausbaustufen) machen zu können.

6.6.2 Empirische Studien

6.6.2.1 De Lima et al. (2021)

De Lima et al. (2021) haben an einem noch betriebenen Baggersee in Holland (Bomhofsplas See bei Zwolle) mit einer Fläche von 63 ha, einer Maximaltiefe von 35m und einer Überdeckung durch PV-Module von 18,25 ha (Überdeckungsgrad 29%) vorhabensbedingte Effekte durch Differenzmessungen zwischen dem von der Anlage beanspruchten Seebereich und dem unbeeinflussten Freiwasserkörper untersucht. Quantitative Angaben zur anlagebedingten Veränderung der primären meteorologischen Wirkgrößen wurden nicht vorgenommen.

Bei dem Überdeckungsgrad von 29% ergaben sich bezüglich Temperaturhaushalt und Schichtungsverhalten kaum messbare Unterschiede zwischen Einwirkungsbereich (unterhalb der Schwimmflöße) und Freiwasserkörper.

Für den Sauerstoffhaushalt wurden deutlichere Unterschiede ermittelt. Da die Sauerstoffverhältnisse aber immer noch als gut anzusehen sind, lassen sich daraus keine erheblichen vorhabensbedingten Beeinträchtigungen ableiten. Aussagen zu anderen Qualitätskomponenten (Nährstoffe, Algenentwicklung etc.) wurden nicht gemacht.

Zu relativieren sind die Ergebnisse bezüglich der folgenden beiden Punkte:

- Zum einen verwischen die hydrodynamischen Ausbreitungsvorgänge (Stofftransport) die Standortunterschiede zwischen Freiwassermessstelle und Messpunkt unter dem Anlagenkörper. Diese Wasserströmungen wurden im Rahmen der Studie nicht berücksichtigt.
- Zum anderen ergeben sich durch die noch bestehende Auskiesungstätigkeit maskierende Effekte, die das Vermischungsverhalten und den Sauerstoffhaushalt positiv beeinflussen, so dass das Ausmaß der anlagenverursachten Beeinflussungen nicht in vollem Umfang herausgearbeitet werden kann.

Die Kernaussage der Studie lautet: Bezogen auf das Untersuchungsgewässer sind bei einem Überdeckungsgrad von 29% keine erheblichen Beeinträchtigungen des Zirkulationsverhaltens und des Sauerstoffhaushaltes zu erwarten.

6.6.2.2 Mathijssen et al. (2020)

Mathijssen et al. (2020) untersuchten die Auswirkungen einer Teilüberdeckung mit Solarmodulen auf einem Wasserreservoir in Kralingen (Niederlande), das eine Seefläche von 2,7 ha und ein Volumen von 72.000 m³ aufweist. Die Expositionsfläche der SPV-Anlage be-

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

trägt 8000 m² und erreicht damit einen Bedeckungsgrad von 30%. In dem zur Trinkwassergewinnung genutztem Gewässer wurden der Einfluss der Solarmodule auf die Trinkwasserbeschaffenheit untersucht und Aussagen zur Keimbelastung sowie zur Schadstofffreisetzung aus dem Material (Leaching) gemacht. Im Vordergrund standen demnach Fragestellungen zu den Auswirkungen auf die Absterberaten der Dauerstadien von Cryptosporidien, Giardien und Campylobacter sowie zum Freisetzungspotential von Schwermetallen durch Leaching.

Bezogen auf den anlagenspezifischen Überdeckungsgrad von 30% wird der Effekt für die Eliminationsrate von Keimen als gering angesehen. Ein Leaching von Schwermetallen aus PE-Schwimmkörpern, PE-Bauteilen, Dichtmaterial und Solarmodule war feststellbar, aber sehr gering und verursachte lediglich Belastungen weit unter den Grenzwerten, so dass sich hieraus ebenfalls keine Beeinträchtigungen ergaben. Organische Verbindungen wurden ebenfalls untersucht, es wurde diesbezüglich aber keine Bewertung zu möglichen Beeinträchtigungen durch die SPV-Anlage vorgenommen.

Durch den Versuchsaufbau war eine Berücksichtigung hydrodynamischer Effekte nicht notwendig, maskierende Effekte durch Nutzungen waren nicht zu erwarten. Quantitative Angaben zur anlagebedingten Veränderung der primären meteorologischen Wirkgrößen wurden nicht getroffen. Diese waren allerdings für die Studie auch nicht erforderlich.

Die Kernaussage der Studie lautet: Im Untersuchungsgewässer sind bei der vorhabensbedingten Überdeckung von 30% der Seefläche keine Beeinträchtigungen der Trinkwassernutzung zu erwarten.

6.6.2.3 Bax et al. (2022)

Bax et al. (2022) untersuchten den Oostvoornse See in den Niederlanden. Der brackische ehemalige Baggersee verfügt über eine Seefläche von 270 ha, eine mittlere Tiefe von 20 m und eine maximale Tiefe von 40 m. Das Gewässer ist hocheutroph und weist starke Algen- und Cyanobakterienentwicklung auf. Um dem Aussüßen des Gewässers entgegenzuwirken wurde mittels Verrohrung eine Verbindung zu einem meereswasserführenden Kanal (Mississippihaven) geschaffen.

Auf der Basis von Feldmessungen diskutiert die Studie Effekte von drei unterschiedlichen Anlagentypen auf den Temperaturhaushalt und das Einschichtungsverhalten. Je nach Anlagentyp reduziert sich die Globalstrahlung um 73-100 %. System A hat eine Wasseroberflächenüberdeckung von ~ 75%, System B ~100%, System C ~ 75 %. Hieraus ergibt sich eine Reduktion der Lichteinstrahlung (LUX), die weitgehend dem Grad der Wasseroberflächenüberdeckung entspricht:

Wasseroberflächenüberdeckung	~ 75 %	~ 100 %	~ 75 %	
	System A	System B	System C	Reference
July/August	1012 (-77%)	36 (-99.2%)	1196 (-73%)	4403
September/October	613 (-75%)	11 (-99.6%)	488 (-80%)	2454
November	154 (-85%)	3 (-99.7%)	139 (-87%)	1038

Setzt man für das System A den Grad der Wasseroberflächenüberdeckung (ø 75 %) gleich mit der Reduktion der Globalstrahlung (ø Globalstrahlungsreduktion = 79 %) dann ergibt sich für die Anlagenkonfiguration A ein Reduktionsfaktor der Globalstrahlung um 79%.

Für die Beeinflussung weiterer meteorologischer Parameter wie z. B. die Windgeschwindigkeit werden keine Angaben gemacht. Von erheblichem Interesse ist aber der Hinweis,

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

dass unter den Solarmodulen eine Zunahme der Lufttemperatur zwischen der Wasseroberfläche und den Paneelen beobachtet werden kann. Diese entsteht durch die Wärmeenergie (Langwellige Strahlung), welche die Solarpaneele selbst produzieren, und kann in tropischen Reservoirien während der Mittagsstunden über 5°C betragen (Yang et. al. 2022).

6.6.2.4 Essak & Gosh (2022)

Die Metastudie beinhaltet eine allgemeine Bewertung der Vorhabenseffekte an verschiedenen Seetypen (Staufstufen, Tagebaurestseen und Naturseen). Insbesondere wird die Reduzierung der Wassertemperaturen und die Veränderung des Einschichtungsverhaltens infolge der Überdeckung diskutiert. Darüber hinaus werden Effekte für den Sauerstoffhaushalt und die Algen-/ Blaualgen- Entwicklung diskutiert. Lediglich in 15% der ausgewerteten Studien erfolgte eine Untersuchung der Wasserqualitätsparameter.

6.6.3 Modellstudien

6.6.3.1 Exley et al. (2021)

Exley et al. (2021) untersuchten mittels Modellberechnungen (MyLake) an einem Natursee in England, dem Süd-Becken des Windermere, mögliche Auswirkungen der Installation und Nutzung einer SPV-Anlage.

Mit einer Seefläche von 670 ha, einer maximalen Tiefe von 42 m und einer mittleren Tiefe von 16,8 m erreicht das Gewässer im Vergleich zu Baggerseen eine erhebliche Größe. Im Rahmen einer Modellstudie wurden Auswirkungen auf die Seewasserbeschaffenheit für Bedeckungsgrade von 0-100 % untersucht. Da ein hydrodynamisches 1d-Modell (MyLake) genutzt wurde, konnte hydrodynamischen Veränderungen, die sich aus der Überdeckung mit den Modulen ergeben, Rechnung getragen werden.

Quantitative Angaben zur anlagebedingten Veränderung der primären meteorologischen Wirkgrößen wurden nicht vorgenommen. Stattdessen wurde vorausgesetzt, dass sich durch die Exposition der Anlage der Beschattungsgrad von 0-100 % erhöht und die Windgeschwindigkeit von 0-100 % verringert. Zusammenhänge zwischen Anlagengröße und Globalstrahlung bzw. Windgeschwindigkeit lassen sich hieraus nicht ableiten. Meteorologischen Wirkgrößen wie Feuchte bzw. Dampfdruck und langwellige Rückstrahlung, die durch die vorhabensbedingten Auswirkungen eine Veränderung erfahren, sind für den Modellantrieb von MyLake nicht notwendig, so dass hierzu auch keine Angaben in der Studie enthalten sind.

Auf der Grundlage des Modells wurden Aussagen zum Temperaturhaushalt, Einschichtungsverhalten und zur Verdunstung gemacht. Aufgrund des Versuchsaufbaus und der Vielzahl der Simulationen kann die Aussage getroffen werden, dass bei einem Überdeckungsgrad von 25-30 % für das Untersuchungsgewässer nur mit geringen Veränderungen zu rechnen ist. Maßgeblich für die verhältnismäßig geringen Auswirkungen ist der Umstand, dass die anlagenbedingte Veränderung der meteorologischen Haupteinflussgrößen Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit gegenläufige Effekte in Bezug auf den Temperaturhaushalt und das Zirkulationsverhalten verursachen. So führt die Flächenvergrößerung einer SPV-Anlage dazu, dass die Globalstrahlung abnimmt und sich folglich auch die Wassertemperatur verringert. Die ebenfalls abnehmende Windgeschwindigkeit bewirkt hingegen eine Temperaturerhöhung, so dass es zu einer zumindest teilweisen Kompensation kommt.

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

Als Kernaussage der Publikation ist festzuhalten: Durch eine Überdeckung der Seefläche mit Solarmodulen von 25-35 % stellten sich im Untersuchungsgewässer keine erhebliche Gewässerbeeinträchtigung ein.

6.6.3.2 Haas et al. (2020)

Die Arbeit von Haas et al. untersucht im Rahmen einer Modellstudie (Elcom/Caedym/3d Modell) die möglichen Auswirkungen einer SPV-Anlage für die Rapel-Staustufe in Chile. Diese dient der Elektrizitätsgewinnung mit einer Wasserkraftnutzung von ca. 377 mW. Die Staustufe verfügt über eine Fläche von 4.000 ha und umfasst je nach Befüllung ein Wasservolumen von bis zu 400 Mio. m³. Hieraus ergibt sich eine mittlere Tiefe von 10 m. Die maximale Tiefe beträgt 55 m.

Untersuchungsgegenstand waren die anlagenbedingten Auswirkungen der Exposition von Solarmodulen auf die Algenentwicklung (Chl-a). Durch die Betriebsweise der Anlage mit stark schwankenden Wasserspiegeln blieb die im Modell berechnete maximale Ausdehnung schwimmender Solarmodule auf einen Überdeckungsgrad von höchstens 40% beschränkt. Hydrodynamische Prozesse wurden durch die Verwendung eines entsprechenden Modells (Elcom/Caedym/3d Modell) berücksichtigt. Allerdings wurde nur der vorhabensbedingte Einfluss auf die Globalstrahlungswerte diskutiert. Eine Angabe, welchen Einfluss der Überdeckungsgrad auf die einfallende Globalstrahlung hat, wurde nicht gegeben.

Die Untersuchung beschränkt sich auf Aussagen zur vorhabensbedingten Beeinflussung der Algenentwicklung (Chlorophyll-a) und zur Veränderung der Verdunstungsrate des Gewässers. Die Auswirkungen auf andere Parameter wurden im Rahmen der Studie nicht untersucht. Maskierende Einflüsse können sich durch die Wasserspiegelabsenkungen und die Tiefenwasserentnahme infolge der Stauraumbewirtschaftung im Rahmen der Wasserkraftnutzung ergeben. Aufgrund der Größe des Sees (4000 ha) und der sehr hohen Wasseraustauschrate sind die Ergebnisse nur bedingt auf Baggerseen mit deutlich längeren Verweilzeiten (0,5 bis 20 Jahre) übertragbar.

Die Kernaussage der Publikation lautet: Eine Überdeckung der Seefläche mit Solarmodulen von bis zu 40 % verursacht im Untersuchungsgewässer keine erhebliche Gewässerbeeinträchtigungen.

6.6.4 Kombinationsstudien

Kombinationsstudien mit empirischen Untersuchungen an einem Gewässer, die als Grundlage zur Modellkalibrierung dienen, und einer anschließenden Modellierung wurde im Rahmen der Literaturrecherche für zwei Gewässer gefunden: einen Baggersee in BaWü (Illgen 2021) und ein großes tropisches Gewässer in Singapur (Yang et al. 2021 & Yang et al. 2022).

6.6.4.1 Illgen (2021)

Untersucht wurde hier der Einfluss der SPV-Anlage auf einen betriebenen Baggersee (Maiwaldsee in Renchen). Der Maiwaldsee verfügte zum Zeitpunkt der Datenerhebung über eine Seefläche von 36,96 ha, ein Volumen von 8.800.000 m³, eine maximale Tiefe von 70m und eine mittlere Tiefe von 24 m. Aus der Expositionsfläche der SPV-Anlagen von 7.700 m² ergab sich eine Überdeckung von ca. 2% der Seefläche. In dem Baggersee entstanden maskierende Effekte durch die Kiesgewinnung und die Grundwassergewinnung, die beide im Rahmen der Untersuchung keine Berücksichtigung fanden. Allerdings wirken

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

sich daraus entstehende Effekte primär auf den tiefen Wasserkörper aus, der weniger stark von vorhabensbedingten Einflüssen betroffen ist als der hier primär untersuchte Oberflächenbereich.

Im Rahmen der Arbeit wird eine Erheblichkeitsschwelle von ca. 40% ermittelt. Für die meteorologischen Wirkgrößen wurden deutliche Veränderungen festgestellt. Die (netto) Globalstrahlung ging unter den Solarmodulen um 73% und die Windgeschwindigkeit (hier allerdings über den Schwimmkörpern gemessen) um 23% zurück.

Aufgrund des Seetyps, der Seegröße und der angewandten Methodik lassen sich die hier gewonnenen Ergebnisse sehr gut auf andere Baggerseen in der Oberrheinebene übertragen. Insbesondere die ermittelte Veränderung der meteorologischen Wirkgrößen Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit bilden eine gute Grundlage für die Beurteilung der Umweltrelevanz von SPV-Anlagen auf Baggerseen.

6.6.4.2 Yang et al. (2022)

Gegenstand der Untersuchung waren die Effekte, die sich durch den Bau einer ca. 42 ha umfassenden SPV-Anlage auf einem tropischen Flachgewässer, dem Tengeh Reservoir in Singapur, ergeben. Das Tengeh Reservoir in Singapur ist ein lediglich ca. 1 m tiefes Gewässer. Die Flächenausdehnung des Gewässers ist aus der Untersuchung nicht zu ersehen.

Die vorhabensbedingten Auswirkungen wurden mit dem Programm DYRESM/CAEDYM modelliert. Eine Quantifizierung primärer meteorologischer Wirkgrößen ist für die Globalstrahlung, Temperatur und langewellige Strahlung angegeben. In der Publikation werden aber keine exakten Prozent-Werte für maßnahmenbedingten Veränderungen angegeben. Diese lassen sich allerdings aus den Graphiken ablesen und sind detailliert in einer vorbereitenden Untersuchung (Yang et al 2021, vgl. Kapitel 6.6.4.3) dargestellt.

Die Anlagengestaltung ist durch sehr geringe Distanzen zwischen Wasseroberfläche und Solarpaneelen gekennzeichnet, so dass sowohl der Lichteinfall auf die Seefläche als auch die Windeinwirkung sehr stark vermindert werden (vgl. Abbildung 6.7).



Abbildung 6.7: Schwimmende Photovoltaik-Anlage auf dem Tengeh Reservoir in Singapur (Bild: Yang et al. 2022)

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

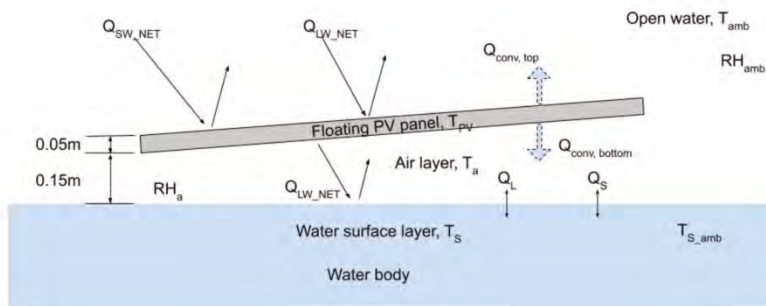
Die Bauform begrenzt in erheblichem Umfang den Luftaustausch zwischen der Umgebung und den unter den Solaranlagen befindlichen Bereichen. Bezüglich der Windbeeinflussung wird von windstillen Bedingungen unter den SPV-Anlagen (zero wind conditions) ausgegangen. Bei den auf dem Untersuchungsgewässer geplanten Anlagen besteht ein deutlich größerer Abstand zwischen Seeoberfläche und Solarpanels, so dass eine bessere Windunterströmung gegeben ist.

Besonderen Wert gewinnt die Arbeit, weil die Beeinflussung der langwelligen Strahlung durch die Überdeckung der Seeoberfläche thematisiert wird. Der Studie zufolge kann durch die Berücksichtigung der Temperaturzunahme unter den Paneelen in erster Näherung das Ausmaß der von der langwelligen Strahlung ausgehenden Effekte berücksichtigt werden. Unter mitteleuropäischen Klimabedingungen wäre im Tagesmittel bei Lufttemperaturen (Tageswerte) über der Seefläche zwischen 18 und 25°C mit einer Zunahme der Temperatur zwischen Wasseroberfläche und Solarpaneelen von $\approx +\Delta 1,5\text{ °C}$ zu rechnen. Bei über 25°C Lufttemperatur steigt dieser Differenzbetrag auf $+\Delta 2\text{ °C}$ an.

Insbesondere durch die Darstellung der vorhabensbedingten Veränderung (Zunahme) für die langwellige Strahlung und die Angaben zum weitgehenden Rückgang der kurzwelligen Strahlung (Globalstrahlung) sowie der Windstärke gewinnt die Arbeit einen hohen Informationswert. Der angenommene Verlust an Windkraft bis hin zur vollständigen Windstille erscheint allerdings als ein sehr restriktiver Ansatz.

6.6.4.3 Yang et al. (2021)

Die Arbeit diente zur Vorbereitung der in Kapitel 6.6.4.2 beschriebenen Studie und stellt die vorhabensbedingten Effekte für die meteorologischen Wirkgrößen dar. Gezeigt wird, dass durch die Beschattungsfunktion der Solarmodule der Gesamtenergieeintrag insgesamt zwar erheblich zurückgeht, dieser Rückgang aber bei weitem nicht der Abnahme entspricht, die durch die entstehende Verminderung der Globalstrahlung allein verursacht würde.



T_S =	Oberflächenwassertemperatur unter den Paneelen
T_{S_amb} =	Oberflächenwassertemperatur im Freiwasserkörper
T_a =	Temperatur der Luftschicht unter den Paneelen
T_{amb} =	Luftschicht Freiwasserkörper
T_{PV} =	Temperatur der Solarpaneele

Abbildung 6.8: Auswirkungen auf die Temperaturwerte durch Solarflöße (Yang et al. 2021)

Zwar vermindert sich unter den Solarflößen die Globalstrahlung (kurzwellige Strahlung) um 96,9 %, gleichzeitig wird der Eintrag von langwelliger Strahlung aber deutlich erhöht. Die langwellige Strahlung nimmt über offenen Seeflächen einen negativen Wert an (Ausstrahlung), in überdeckten Bereichen ergeben sich hingegen Tageswerte von mehr als 120 W/m². Auch der Wärmeverlust durch latente und sensible Wärme ist unter den Solarflößen

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

deutlich geringer als im Bereich der offenen Wasserfläche, wie die Auflistung in der Tabelle 6.5 ausweist.

Tabelle 6.5: Gegenüberstellung des Wärmehaushaltes der offenen und der durch Solarflöße überdeckten Wasserfläche im Tengeh Reservoir (Daten aus Yang et al. 2021)

Primären Komponenten des Temperaturhaushaltes (W/m ²)	Offene Wasserfläche	Unterhalb der Solarflöße
Net kurzwellige Strahlung (Globalstrahlung)	153	4,7
Net langwellige Strahlung	-48,2	13,4
Sensibler Wärmeverlust	-7,1	0,8
Latenter Wärmeverlust	-88,7	13,2
Total	9	5,7

Obwohl die Erfassung der Geländedaten auf einen sehr kurzen, nur dreiwöchigen Zeitraum beschränkt blieb, quantifiziert die Arbeit sehr genau die einzelnen Bilanzgrößen des Temperaturhaushaltes. Die Daten sind trotz des kurzen Beobachtungszeitraums repräsentativ, da aufgrund der Lage des Untersuchungsgebietes in den inneren Tropen (1°22'37" nördlicher Breite) ein Tageszeitenklima vorherrscht. Für die Berechnung (Abschätzung) der langwelligen Strahlung wird folgende Formel angegeben:

$$Q_{LW_NET} = \frac{\sigma F_{PV-water} (T_{PV}^4 - T_S^4)}{\frac{1}{\epsilon_{PV}} + \frac{1}{\epsilon_{water}} - 1}$$

s	Stephan- Boltzmann Konstante
F _{PV-water}	Geometrischer Faktor
T _{PV}	Temperatur Solarpaneele [K]
T _S	Oberflächenwassertemperatur unter den Paneelen (K)
ε _{PV}	emissivity of the PV panel surface
ε _{water}	ε _{water} is the emissivity of water

Zur Berechnung der langwelligen Strahlung ist also die Kenntnis der mittleren Temperatur der Solarmodule (24 h-Wert) und der Wassertemperatur unter den Modulen (24-h Wert) erforderlich.

In der Arbeit wird von erheblichen Rückgängen der Globalstrahlung (96,9%) und einem völligen Verlust der Windkraft unter den Solarpaneelen ausgegangen. Dieser starke Windrückgang ist aber auch aus Sicht der Studie eine noch unbelegte Annahme, so dass eine Verifizierung durch Messergebnisse erfolgen soll.

Insgesamt liefert die Arbeit eine sehr gute Grundlage zur Bemessung der vorhabensbedingten Auswirkungen, die durch die Veränderung der meteorologischen Wirkgrößen für den Wärmehaushalt eines Sees entstehen.

6.6.4.4 Boos (2022)

Im Rahmen eines unveröffentlichten Projektberichtes wurden für einen bestehenden Baggersee, der sich in Auskiesung befindet, die vorhabensbedingte Auswirkungen auf die primären und sekundären Wirkfaktoren ermittelt. Neben den an Ilgen (2021) orientierten Werten (vgl. auch Kapitel 6.6.4.1) konnten unter Nutzung empirischer Daten, die an einem durch Teichlinsenbedeckung in Teilen stark abgeschatteten See erhoben wurden, mittels ei-

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

ner Modellierungssoftware Veränderungen der primären meteorologischen Wirkfaktoren durch die Überdeckung der Seeoberfläche herausgearbeitet werden (vgl. Tabelle 6.6).

Tabelle 6.6: Veränderung meteorologischer Wirkgrößen durch natürliche Überdeckung der Seeoberfläche

Globalstrahlung [W/m ²]	85 % (Abnahme)*
Langwellige Rückstrahlung [W/m ²]	20 % (Abnahme)**
Windgeschwindigkeit [m/s]	80 % (Abnahme)*
Dampfdruck [hPa]	20 % (Zunahme)*

* Die anteilige Reduktion beschränkt sich auf den Überdeckungsbereich.

** Der Wärmeverlust durch die langwellige Rückstrahlung (negative Werte) nimmt ab, dadurch erhöht sich der Energieeintrag durch langwellige Strahlung

Unter Bezug auf beide Varianten erfolgte eine modellgestützte Berechnung vorhabensbedingter Auswirkungen, die aus der Exposition einer SPV-Anlage sowohl im Istzustand während der Auskiesung als auch nach Abschluss der Auskiesung für den Gewässerzustand entstehen. Bei einer 10 bis 15 %-igen Seeflächenüberdeckung wurden weder für den Istzustand (mit Auskiesungstätigkeit und 15% Überdeckung) noch für den Planzustand (ohne Auskiesungstätigkeit und 10% Überdeckung) erhebliche vorhabensbedingten Auswirkungen prognostiziert.

6.6.4.5 Stowa (2018)

In der von Deltares durchgeführten Studie erfolgte eine Berechnung des Windeinflusses bei unterschiedlicher Exposition einer SPV-Anlage auf einem 10 ha großen, maximal 10 m tiefen und an ein Fließgewässer angebundenen See.

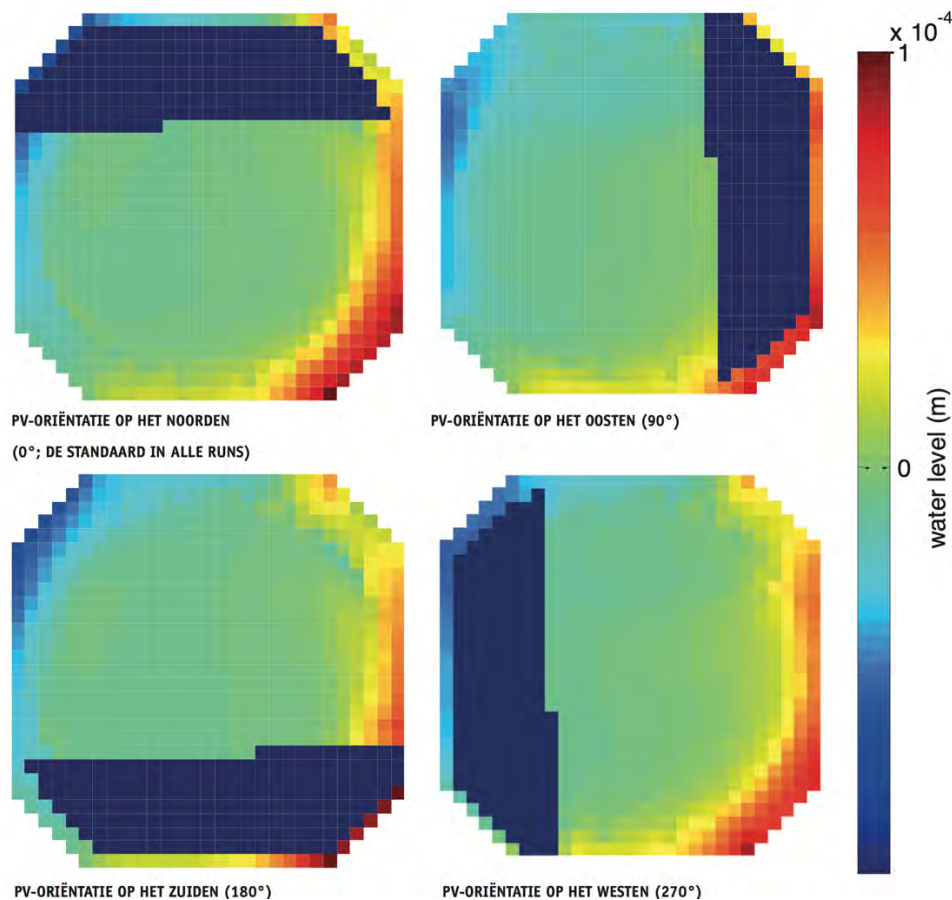


Abbildung 6.9: Einfluss der Exposition einer SPV-Anlage auf den Wasserstand (Stowa 2018)

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

Die SPV-Anlage hat einen Bedeckungsgrad von 25%. Im Rahmen der Modellrechnungen zeigte sich, dass die Lage der SPV-Anlage keinen oder nur einen minimalen Einfluss auf das Zirkulationsgeschehen im See ausübt, und zwar unabhängig davon, an welcher Uferseite die Anlage installiert wurde (vgl. Abbildung 6.9).

Die Studie legt dar, dass die für das Zirkulationsverhalten ungünstigste Lage aus einer Exposition der Solarmodule in der Seemitte entsteht. Dort ergeben sich aber in der Regel die geringsten maßnahmenverursachten Einflüsse auf die Wasserpflanzenbestände und das Littoral im Allgemeinen.

6.6.5 Zusammenfassende Darstellung des derzeitigen Kenntnisstandes unter Bezug auf die zu bearbeitende Thematik

Voruntersuchungen zur Wasserbeschaffenheit und ein begleitendes Monitoring zu vorhabenbedingten Einflüssen von SPV-Anlagen auf die Seewasserqualität sind derzeit noch eher die Ausnahme. Nach Essak & Gosh (2022) wurden nur bei ca. 15% der Vorhaben entsprechende Untersuchungen durchgeführt.

Aus der gesichteten Literatur können Erheblichkeitsschwellen in Bezug auf die Nutzung von SPV-Anlagen in Baggerseen für einen Überdeckungsgrad zwischen 25-40 % abgeleitet werden. In Bezug auf die Seewasserbeschaffenheit ist das in der Tabelle 6.7 angegebene Ausmaß anzunehmen. Mit Erheblichkeitsschwellen für das Zirkulationsverhalten und den Temperaturhaushalt ist ab Überdeckungsgraden von 25 % der Seefläche zu rechnen. Beeinträchtigungen des Sauerstoffhaushaltes und Belastungen durch Stofffreisetzung aus den Solarmodulen wurden bis zu Überdeckungsgraden von 30 % nicht ermittelt. Veränderungen des Nährstoffhaushaltes sind erst bei einer Überdeckung von mehr als 40% zu erwarten.

Tabelle 6.7: Vorhabensbedingte Auswirkungen auf die Seewasserbeschaffenheit (Literaturangaben)

Beschreibung der anlagenbedingten Effekte bezogen auf:	Erheblichkeitsschwelle
Zirkulationsverhalten	≥ 25 % Überdeckung
Temperaturhaushalt	≥ 25 % Überdeckung
Seeverdunstung	vorhabensbedingte Abnahme
Sauerstoffhaushalt einschließlich Tag-Nacht-Rhythmus	≥ 30 Überdeckung
Algen- und Cyanobakterienentwicklung (Chl-a) und Nährstoffhaushalt	≥ 40 Überdeckung
Entwicklung benthischer Cyanobakterien als Aufwuchs auf den Schwimmkörpern	keine Angaben
Entwicklung von Schwachlicht-Cyanobakterien-Arten (z.B. <i>Planktothrix rubescens</i>) im abgeschatteten Bereich	
Darstellung möglicher sekundärer Belastungen z.B. durch Antifouling, Leachig etc.	≥ 30 Überdeckung

Insgesamt ist aber anzumerken, dass diese Angabe meist der zufällig gewählten Flächenausdehnung des jeweiligen Vorhabens entsprachen oder jene Ausdehnung umfasste, die gerade technisch umsetzbar war.

Fünf Studien (Bax et al. 2021, ILGEN 2021, Yang et. al 2021, Yang et al. 2022 und Boos 2022) erarbeiteten Angaben zur anlagenbedingten Beeinflussung der primären meteorologischen Wirkgrößen Globalstrahlung, langwellige Strahlung, Dampfdruck und Windgeschwindigkeit. Für viele Merkmale der Faktorenkomplexe 2 (vgl. Kapitel 6.2.2) und 3 (vgl. Kapitel 6.2.3) sind nur qualitative Aussagen möglich.

In Bezug auf die Beeinflussung meteorologischer Wirkgrößen durch die Installation von SPV-Anlagen konnten durch die Literaturlauswertung folgende Angaben ermittelt werden:

Allgemeine Beschreibung der Einflusspotentiale von SPV-Anlagen

Tabelle 6.8: Vorhabensbedingte Beeinflussung meteorologischer Wirkgrößen (Literaturangaben)

	Globalstrahlung*	Langwellige Strahlung*	Windgeschwindigkeit*	Dampfdruck*
	Verringerung	Erhöhung	Verringerung	Erhöhung
Bax et. al (2021)	75 %	Erhöhung	/	/
Illgen (2021)	73 %	/	23 %	/
Yang et al. (2022)	starke Verringerung	Berücksichtigung durch Temperaturzunahme der Lufttemperatur. Tagesmittel (Δ 2-3°C)	/	/
Yang et al. (2021)	96,9 %	Berechnung nach Formel	kein Windeinfluss	Im Sättigungsbereich. Mit entsprechender Berechnung des Dampfdrucks.
Boos (2022)	85 %	/	80 %	20 %
Auswirkung für die Wassertemperatur	Abnahme	Zunahme	Zunahme	Zunahme
Auswirkung für das Zirkulationsverhalten	Verstärkung	Abschwächung	Abschwächung	Abschwächung

* Die Veränderung der meteorologischen Wirkgrößen erfolgt nur unter den Solarmodulen. Die nicht überdeckte Seefläche erfährt keine Veränderung.

7 Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit des Untersuchungsgewässers

Gegenstände der Prognose des Gewässerzustandes sind jene Parameter, die durch die Veränderung der Seemorphologie im Rahmen des geplanten Vorhabens betroffen sein können. Zu diesem Zweck werden die Kennwerte für die folgenden Qualitätsparameter ermittelt:

- Temperaturhaushalt und Zirkulationsverhalten
- Sauerstoffhaushalt
- Phosphor als wichtigster Nährstoff
- Algenentwicklung (Algen-Chlorophyll-a)
- Cyanobakterien (Cyanobakterien-Chlorophyll-a)
- Sichttiefe
- Seeverdunstung und Wasserhaushalt

Die Prognosen beziehen sich auf einen 19-jährigen Entwicklungszeitraum und zwei Szenarien (vgl. Tabelle 7.1). Ein 19-jähriger Prognosezeitraum wurde gewählt, da anzunehmen ist, dass sich nach wenigen Prognosejahren das Modell auch in Bezug auf eine Langfristprognose soweit eingependelt hat, dass auf der Grundlage historischer Daten und mittels Zukunftsreferenzdaten damit ein ausreichend langer Prognosezeitraum zur Verfügung steht, um langfristige Entwicklungen der Seewasserqualität zumindest im Zeitrahmen der Anlagenlaufzeit (mindestens 30 Jahre) abzubilden. Dies gilt um so mehr, als sich die Zukunftsreferenzdaten des Jahres TRY 2045 auf die Zeitspanne 2030-2060 beziehen und somit noch weiter in die Zukunft hineinreichen. Der gewählte Beobachtungszeitraum ist somit repräsentativ für die Laufzeit des Vorhabens.

Tabelle 7.1: Prognoseszenarien

Varianten	Kiesgewinnung	Solarnutzung	Seesohle [m. NHN]	Volumen [Mio.m ³]	Fläche [ha]	Ausdehnung PV-Anlage [ha]	Anteil Seeüberdeckung [%]
Istzustand= Vergleichszustand 1	ja	nein	≥ 84	14,4	89,3		
Genehmigungszustand= Vergleichszustand 2	nein	nein	≥ 84	/	110		
Solarvariante 1	ja	ja	≥ 84	14,4	89,3	3,4	3,8 %
Solarvariante 2	ja	ja	≥ 84	ca.	110	3,4	3,1 %

Die Modellsimulationen selbst beschränken sich aus den in den Kapiteln 1 und 2 dargelegten Gründen auf die beiden Prognoseszenarien mit den Kennwerten des Istzustandes (Vergleichszustand 1 und Solarvariante 1).

7.1 Prognosemodell und Modellkonstanten

Zur Modellsimulation des Temperaturhaushaltes und Zirkulationsverhaltens dient das 1-D hydrodynamische Modell DYRESM (Dynamic Reservoir Simulation Model), das für die Prognose der Wasserqualität mit dem Programm CAEDYM gekoppelt wird. DYRESM wird seit 1978 unter stetiger Weiterentwicklung an einer Vielzahl von Seen eingesetzt und entspricht dem Stand der Technik. Das Modell stellt die Turbulenzverhältnisse durch Berücksichtigung der turbulenten kinetischen Energie (TKE) dar, so dass konvektive und advektive sowie durch Reibung an Grenzschichten verursachte Vermischungsvorgänge in die Berechnung einbezogen werden.

Seemodellierungen mittels DYRESM erfordern einen umfangreichen Dateninput, u.a. von Kenngrößen der Seemorphologie, meteorologischen Tages- oder Stundenwerten, Wasserzu- und Wasserabflussmengen sowie betriebsbedingten Kenngrößen, die sich auf die Entwicklung der Wassertemperaturen auswirken. Zusätzlich kommt das Programmpaket CAEDYM in der Version 2.3 zur Anwendung, das aufbauend auf dem hydrodynamischen Modell DYRESM und den damit simulierten Einschichtungs- und Durchflussverhältnissen die Simulation der Stoffflüsse durch die einzelnen Kompartimente eines aquatischen Ökosystems ermöglicht. Dabei werden alle wesentlichen Produktions- und Abbauprozesse in Wasserkörper und Sediment einschließlich der Wechselwirkungen mit den Gewässerorganismen abgebildet sowie in Tagesschritten berechnet.

Da bei der Bewertung des Untersuchungsgewässers einschließlich seiner unterschiedlichen Entwicklungsphasen dem Sauerstoffhaushalt eine zentrale Rolle zukommt, soll hier das diesbezügliche Vorgehen bei der Prognosestellung erläutert werden. Das Sauerstoffmodul berücksichtigt alle Einzelkompartimente einschließlich der Sauerstoffeinträge durch die Photosyntheseaktivität von Algen oder Makrophyten und des Sauerstoffverbrauchs durch biogene Ab- und Umbauvorgänge sowie die Zehrung des Sediments (vgl. Abbildung 7.1).

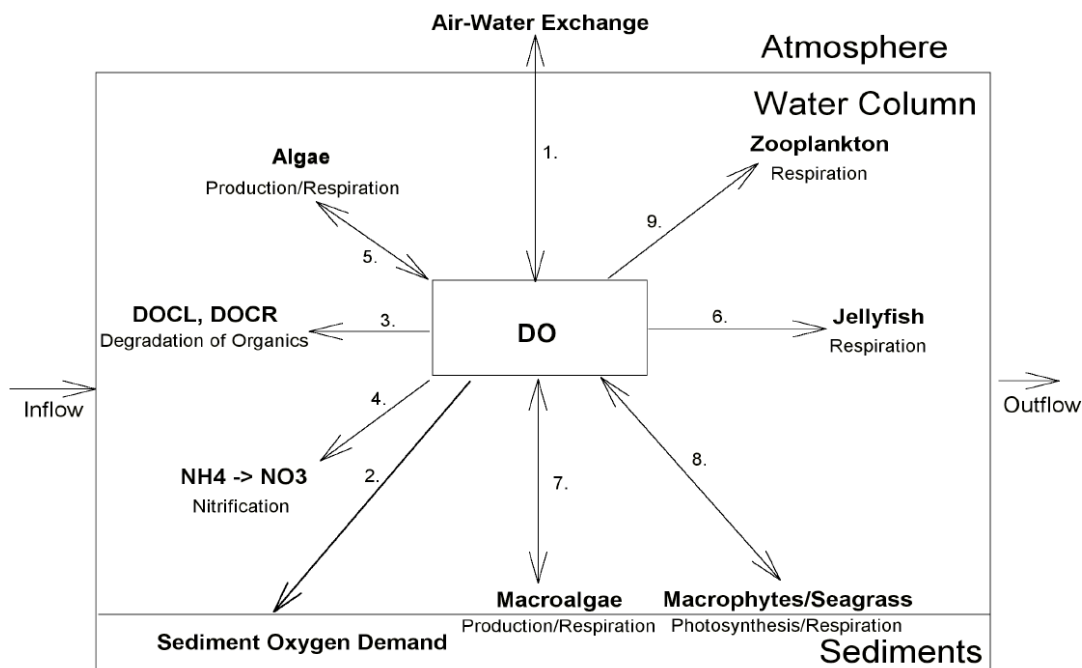


Abbildung 7.1: Abhängigkeit des Sauerstoffhaushaltes von den Einzelkompartimenten (Abb. aus HIP-SEYet. al. 2006)

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

Für die Entwicklung der Wasserqualität ist das Zirkulationsverhalten des Sees, aber auch die Sauerstoffzehrungsrate des Sediments insbesondere in der Langfristperspektive von sehr erheblicher Bedeutung, da sie zumeist entscheidend auf den Zustand des Sauerstoffhaushaltes einwirkt, der seinerseits wesentliche Gütekennwerte bestimmt. Für die Modellierungen wurde auf die Modellkonstanten von ÖZKUNDAKCI et al. (2011) zurückgegriffen, da diese besser zu der Seecharakteristik passen als z.B. die von Hipsey et al. (2006).

Tabelle 7.2: Modellkonstanten

Bezeichnung	Einheit	ÖZKUNDAKCI et al. (2011)
Physical parameters		
Effective surface area coefficient	m ²	1,45*10 ⁺⁶
Critical wind speed	m/s	3
shear production efficiency (eta K)		0,21
potential energy mixing efficiency (eta P)		0,2
wind stirring efficiency (eta S)		0,2
Benthic boundary layer dissipation coefficient	m ² /s	7,5*10 ⁻⁶
vertical mixing coeff.	/	600
Tageszeitpunkt (sec) der Modellierung 36.000 sec oder 10h Sonnenzeit	sec	36.000
Sediment Parameters		
Sediment DO demand	g/m ² /day	0,6* / 1**
Half-saturation coefficient for sediment oxygen demand	mg/l	0,25
Maximum potential PO ₄ g/m ² /day	g/m ² /day	0,016
Oxygen and nitrate half-saturation for release of phosphate from bottom sediments	mg/l	1,5
Maximum potential NH ₄ release rate	g/m ² /day	0,1
Oxygen half-saturation constant for release of ammonium from bottom sediments	mg/l	5
Temperature multiplier for nutrient release		1,05
Nutrient parameters		
Decomposition rate of POPL to DOPL	d ⁻¹	(0,001) 0,0035
Mineralisation rate of DOPL to PO ₄	d ⁻¹	0,025
Decomposition rate of PONL to DONL	d ⁻¹	0,007
Mineralisation rate of DONL to NH ₄	d ⁻¹	0,01

* angepasst während der Auskiesung ** angepasst nach der Auskiesung

7.2 Dateninput

Die Grundlage für den Antrieb des Modells bilden die meteorologischen Daten des Klimareferenzzeitraums einschließlich der durch Überdeckung mit Solarpaneelen entstehende Veränderung der meteorologischen Wirkgrößen, die hydraulischen Kennwert des Untersuchungsgewässers, die externen Stoffeinträge in den See durch den Grundwasserzufluss, die Sauerstoffzehrung des Seesediments und die Auswirkungen des Auskiesungsbetriebs.

7.2.1 Meteorologische Kennwerte

Für die Modellierung der Seewasserbeschaffenheit wird auf meteorologische Daten in Form von Tageswerten mit folgendem Parameterumfang zurückgegriffen:

- Globalstrahlung in W/m²
- Gesamtbedeckung in Achteln

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

- Windgeschwindigkeit in m/s
- Lufttemperatur in °C
- Relative Luftfeuchte in %
- Niederschlagshöhe in mm

Die Datengrundlage bilden meteorologische Kennwerte aus historischen Messreihen und die Test-Referenz-Jahre (TRY) des DWD.

Insgesamt umfasst der Betrachtungszeitraum 19 Jahre mit einem historischen Referenzzeitraum, einem historischen Test-Referenz-Jahr (TRY 2015) des DWD und einem in der Zukunft liegenden Test-Referenz-Jahr (TRY 2045) des DWD (vgl. Tabelle 7.3).

Die ersten 14 Jahre des Betrachtungszeitraums beziehen sich auf historische Daten des DWD, die als Tageswerte im Zeitraum 2009 bis 2022 an der Messstelle Rheinstetten mit der DWD-Stationnummer 4177 (116.10 m NHN; 48.9726; 8.3302) erfasst wurden.

Der folgende 5 Jahre umfassende Teil des Betrachtungszeitraums wird aus einer Kombination der Test-Referenz-Jahre (TRY) 2015 und 2045 des DWD gebildet. Die meteorologischen Werte dieser Test-Referenz-Jahre wurden für das Untersuchungsgebiet (Referenzpunkt WGS84= 48.808446 N; 8.156662 O) auf Basis von 24 regionalen Klimamodellen (RCP 4,5 & RCP 8,5) aus dem Zeitraum 1995 bis 2012 (TRY 2015) und 2031-2060 (Zukunfts-TRY 2045) prognostiziert.

Neben der mittleren klimatischen Entwicklung dieses schon in stärkerem Umfang von der Klimaerwärmung betroffenen Zukunfts-Zeitraums (TRY 2045 ø) wurden auch Datensätze mit einem sehr kalten Winterhalbjahr (Oktober bis März; sehr kalt = TRX 2045 Min) und einem sehr warmen Sommerhalbjahr (April bis September; sehr warm = TRY 2045) berücksichtigt. In der Tabelle 7.3 sind die Klimamittelwerte der Inputdaten angegeben.

Die Windgeschwindigkeiten werden in der Regel bei den Test-Referenz-Jahren überschätzt. Aus diesem Grund erfolgte mittels Bias-Korrekturen eine Anpassung.

Tabelle 7.3: Klimakennwerte der Modelljahre und Referenzzeiträume

Periode	historischer Referenzzeitraum														Zukunfts- Referenzzeitraum				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Modelljahre	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TRY 2015 ø	TRY 2045 ø	TRY 2045 MAX	TRY 2045 ø	TRY 2045 ø
Referenzzeitraum																			
Globalstrahlung* [W/m ²]	128,9	127,1	135,0	127,0	119,1	127,5	127,8	121,5	128,6	137,0	132,1	132,9	121,3	139,2	126,6	130,7	145,1	131,0	131,0
Temperatur [°C]	10,9	9,8	11,5	10,9	10,5	12,2	11,8	11,2	11,4	12,4	11,8	12,2	10,6	12,6	11,1	12,0	12,7	12,0	12,0
Bedeckungsgrad %	68,6	74,3	68,3	72,1	75,6	71,6	70,2	73,4	74,0	65,7	62,9	60,3	65,4	61,5	66,5	64,6	57,6	64,6	64,6
Dampfdruck VP [mb]	11,0	10,4	10,9	10,9	11,0	11,6	11,1	11,2	11,1	11,2	10,9	10,6	10,8	10,9	10,9	11,6	11,8	11,7	11,7
Niederschlag [mm]	752	834	629	757	972	743	544	743	816	573	712	587	819	779	723	675	678	655	675

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

Periode	historischer Referenzzeitraum														Zukunfts- Referenzzeitraum				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Windgeschwindigkeit [m/s]	3,0	3,4	3,3	3,3	3,3	3,1	3,3	3,2	3,4	3,3	3,3	3,4	3,1	3,2	4,1	3,4	3,2	3,4	3,4

*Globalstrahlung berechnet auf der Grundlage der Sonnenscheindauer

In die Modellierung gehen ebenfalls die in Kapitel 6.2.1 unter dem Oberbegriff Faktorenkomplex 1 beschriebenen Veränderungen der primären meteorologischen Wirkgrößen als Inputdaten ein (vgl. Tabelle 7.4). In der Tabelle ist auch angegeben, mit welchem Faktor oder welcher Formel der Wert für den überdeckten Seebereich unter Bezug auf den jeweiligen Ausgangswert, also die Einflussgröße bei nicht überdeckter Seefläche, berechnet wird.

Tabelle 7.4: Vorhabensauswirkungen auf die Wirkgrößen des Faktorenkomplexes 1

Parameter	Einheit	Herleitung	Umrechnungsfaktor																																																							
Globalstrahlung	W/m ²	<p>Aus der Modulbeschreibung ergibt sich ein Überdeckungsgrad von 91%, wobei durch den diffusen Strahlungseintrag die Eintragungswerte etwas höher ausfallen. Auf der Grundlage der folgenden Tabelle und der Ergebnisse u.a. von Bax et. al (2022) wird für die Modellberechnung ein Rückgang der Globalstrahlung von 88% festgelegt</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Solar Boat 9er 4 Floats</th> <th>Width</th> <th>Length</th> <th>Area</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Boat reference area</td> <td>5110 mm</td> <td>10655 mm</td> <td>54,5 m²</td> <td>100%</td> <td>Share</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Modules</td> <td>1134 mm</td> <td>2278 mm</td> <td>45,5 m²</td> <td>84%</td> <td rowspan="3">91%</td> <td rowspan="3">Intransparent</td> </tr> <tr> <td>Floater walkway exposed</td> <td>445 mm</td> <td>5000 mm</td> <td>2,23 m²</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>Steel walkway and Hut Rail</td> <td>442,7 mm</td> <td>5238 mm</td> <td>1,74 m²</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>Holes in Walkway</td> <td></td> <td></td> <td>0,58 m²</td> <td>1%</td> <td rowspan="3">9%</td> <td rowspan="3">Transparent</td> </tr> <tr> <td>Middle Gap</td> <td>93 mm</td> <td>9149 mm</td> <td>0,85 m²</td> <td>2%</td> </tr> <tr> <td>Gap inbetween Modules</td> <td>19 mm</td> <td>4456,44 mm</td> <td>0,59 m²</td> <td>1%</td> </tr> <tr> <td>Free Space surroundings</td> <td></td> <td></td> <td>2,98 m²</td> <td>5%</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Solar Boat 9er 4 Floats	Width	Length	Area				Boat reference area	5110 mm	10655 mm	54,5 m ²	100%	Share		Modules	1134 mm	2278 mm	45,5 m ²	84%	91%	Intransparent	Floater walkway exposed	445 mm	5000 mm	2,23 m ²	4%	Steel walkway and Hut Rail	442,7 mm	5238 mm	1,74 m ²	3%	Holes in Walkway			0,58 m ²	1%	9%	Transparent	Middle Gap	93 mm	9149 mm	0,85 m ²	2%	Gap inbetween Modules	19 mm	4456,44 mm	0,59 m ²	1%	Free Space surroundings			2,98 m ²	5%			Globalstr. x 0,12
Solar Boat 9er 4 Floats	Width	Length	Area																																																							
Boat reference area	5110 mm	10655 mm	54,5 m ²	100%	Share																																																					
Modules	1134 mm	2278 mm	45,5 m ²	84%	91%	Intransparent																																																				
Floater walkway exposed	445 mm	5000 mm	2,23 m ²	4%																																																						
Steel walkway and Hut Rail	442,7 mm	5238 mm	1,74 m ²	3%																																																						
Holes in Walkway			0,58 m ²	1%	9%	Transparent																																																				
Middle Gap	93 mm	9149 mm	0,85 m ²	2%																																																						
Gap inbetween Modules	19 mm	4456,44 mm	0,59 m ²	1%																																																						
Free Space surroundings			2,98 m ²	5%																																																						
Langwellige Strahlung	W/m ²	<ol style="list-style-type: none"> Sind die mittleren Tagestemperaturen der Solarmodule und der Wassertemperatur unter den Modulen bekannt, erfolgt eine Berechnung der langwelligen Strahlung nach der in Kapitel 6.6.4.3 unter Bezug auf die Studie von Yang et al. (2021) angegebenen Formel. Stehen diese Daten nicht zur Verfügung, werden die von Yang et al. (2022) gemachten Angaben genutzt (siehe Kapitel 6.6.4.2). Für mitteleuropäische Verhältnisse heißt das: Keine durch die Temperaturrückstrahlung der Solarmodule verursachte Erhöhung der Lufttemperatur bei Tagesmitteltemperaturen < 18°C. Bei Tagesmitteltemperaturen von 18-25°C Erhöhung der Lufttemperatur um +1,5°C. Bei Tagesmitteltemperaturen ≥ 25 °C Erhöhung der Lufttemperatur um +2°C. 	Entsprechend der Formel (P1) oder durch Erhöhung der Lufttemperatur und Reduktion der langwelligen Rückstrahlung (P2)																																																							
Windgeschwindigkeit	m/s	Für das Ausmaß der Windreduktion unter den Solarpaneelen werden minimale Rückgänge von lediglich 23 % (Ilgen 2021) und ein vollständiger Verlust der Windkraft (Bax et al. 2012 & 2022) angegeben. Beide Werte dürften eher Extremszenarien entsprechen, so dass auf einen plausibleren mittleren Wert mit einem Rückgang von 80 % (Boos 2022) zurückgegriffen wird.	V Wind x 0,2																																																							

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

Dampfdruck	hPa	<p>Unter den Solarmodulen erhöht sich die Luftfeuchte. Damit geht der Wärmeverlust durch Umwandlung in latente Wärme deutlich zurück. Für die Berechnung des Dampfdrucks wurde davon ausgegangen, dass unter den Solarflößen eine Mindestluftfeuchte von 92,3 % (20 % Zunahme der Feuchte) vorherrscht. Unter dieser Annahme erhöht sich der Dampfdruck je nach Bezugsjahr um 20-30%. Der Dampfdruck wird mittels der folgenden Formel aus TVA 1972 (zit. nach Imerito 2014) berechnet:</p> $ea = (h/100) * \text{EXP}^{[2,303((a*qD)/(qD + b)) + c]}$ <p>ea = Dampfdruck [hPa] h = relative Luftfeuchte [%] qD = Lufttemperatur [°C] Koeffizienten: a = 7,5; b = 237,3; c = 0,7858</p>	<p>Feuchte immer über 92,3 %.</p> <p>Korrektur des Dampfdrucks siehe Formel.</p>
-------------------	-----	--	--

Unter Bezug auf die Mittelwerte errechnen sich aus den in der Tabelle 7.4 dargestellten Veränderungen der meteorologischen Wirkgrößen die in der Tabelle 7.5 angegebenen Werte für das Untersuchungsgewässer.

Tabelle 7.5: Veränderungen der meteorologischen Wirkgrößen durch die SPV-Anlage (ø 19 Modelljahre)

	Kiesgewinnung	SPV-Anlage	Überdeckungsgrad	Globalstrahlung [W/m ²]	Bedeckungsgrad [%]*	Temperatur [°C]	Dampfdruck [mb]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Niederschlag
Vergleichszustand 1 & 2	ja	nein	0%	129,97	0,67	11,73	11,12	3,33	719,2
Planvariante 1	ja	ja	ca. 3,8 %	125,59	0,68	11,74	11,24	3,23	719,2
Planvariante 2	nein	ja	ca. 3,1 %	126,40	0,68	11,74	11,22	3,25	719,2

* Als Grundlage zur Umrechnung in langwellige Strahlung

7.2.2 Hydraulische Anbindung des Sees an das Grundwasser

Das Grundwasser fließt dem See in jeweils verschiedenen Mengen über unterschiedliche Tiefenstufen (Schichten 1 bis 3) zu. Als Modellannahme gelten folgende Voraussetzungen:

- Zustrom und Abstrom erfolgt über die mittlere Tiefenlage der jeweiligen Schichten.
- In der tiefsten Schicht (Schicht 3) fließt das Wasser über den Seeboden zu und ab. Diese Annahme beruht auf der Tatsache, dass der Baggersee nicht bis zur Kiesbasis ausgekiest wurde und so der gesamte Seebodenbereich als Zutrittsstelle fungieren kann.

Für den Istzustand (in Betrieb) und den Genehmigungszustand (stillgelegt) ergeben sich die folgenden Grundwasserzufluss- und Abflussmengen in den einzelnen Tiefenlagen der Zuflussbereiche.

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

Tabelle 7.6: Hydraulische Anbindung des Sees in den beiden untersuchten Zuständen

Istzustand						
	Basis	Oberer Bereich	Zutritts- und Abström- bereich im Modell	Mächtigkeit	GW Zu- fluss	GW- Abfluss
Einheit	m NHN	m NHN	m NHN	m	L/s	L/s
Schicht 1 / flach	105	115,3	110	10,3	64,6	64,6
Schicht 2 / flach	95	105	100	10	40,5	40,5
Schicht 3 / tief	≥ 84	95	84	11	22,3	22,3
Gesamtzufluss					127,4	127,4
Genehmigungszustand						
	Basis	Oberer Bereich	Zutritts- und Abström- bereich im Modell	Mächtigkeit	GW- Zufluss	GW- Abfluss
Einheit	m NHN	m NHN	m NHN	m	L/s	L/s
Schicht 1 / flach	105	115,3	110	10,3	65,0	65,0
Schicht 2 / flach	95	105	100	10	39,7	39,7
Schicht 3 / tief	≥ 84	95	84	11	25,6	25,6
Gesamtzufluss					130,4	130,4

7.2.3 Stoffeinträge in den See durch den Grundwasserzufluss

Die Ermittlung der Grundwasserbeschaffenheit im Seezustrom beruht auf mehreren Messkampagnen. Die untersuchten Grundwassermessstellen einschließlich ihrer Lagekoordinaten sind in der Tabelle 7.7 angegeben. Die erhobenen Messwerte verzeichnet die Tabelle 7.8.

Tabelle 7.7: Untersuchte Grundwassermessstellen

Messstelle	WGS84		Gauß-Krüger (Z 3)	
	Rechtswert	Hochwert	Rechtswert	Hochwert
B1 (PET) tief, oberstromig	8°10'35.10"E	48°48'39.73"N		
B1/2010 tief oberstromig (EKS)				
B1 (PET) flach, oberstromig	8°10'34.43"E	48°48'39.58"N		
B1/2010 flach oberstromig (EKS)				

Als Grundlage zur Darstellung der mittleren Belastung des Sees durch das zuströmende Grundwasser dienen die in der Tabelle 7.8 angegebenen Werte, wobei zwischen dem Zustrom aus dem oberen (flach) und dem unteren Grundwasserleiter (tief) unterschieden wird.

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

Tabelle 7.8: Chemisch-physikalische Beschaffenheit des Grundwassers im Zustrom des Untersuchungsgewässers

Parameter	Dim	07.09.15	17.02.17	12.09.17	25.02.21	09.09.21	Mittelwert	08.09.15	18.02.17	13.09.17	25.02.21	09.09.21	Mittelwert
		B1 (PET) flach, oberstromig			B1/2010 flach oberstromig (EKS)		Flach Zustrom	B1 (PET) tief, oberstromig			B1/2010 tief oberstromig (EKS)		ø Tiefzustrom
Endteufe	--	13	13	13	20,86	20,79		36	36	36	44,95	44,9	
Temperatur	° C	13,4	13,6	13,1	13,4	13,6	13,42	13,4	13,2	13	12,9	13,4	13,18
Sauerstoff gelöst (O ₂)	mg/l	7,16	7,78	7,24	0,2	0,2	4,52	3,15	2,98	3	0,67	0,2	2,00
pH-Wert	/	7,14	7,32	7,23	7,46	7,3	7,29	7,12	7,26	7,18	7,23	7,3	7,22
el. Leitfähigkeit bei 25 ° C	µS/cm	650	543	517	617	631	591,60	731	632	609	536	547	611,00
ortho-Phosphat	mg/l	0,06			0,01	0,02	0,030	0,07			0,01	0,03	0,037
ortho-Phosphat -Phosphor	mg/l	0,020			0,003	0,007	0,010	0,023			0,003	0,010	0,012
Phosphor gesamt	mg/l	0,03			0,01	0,014	0,018	0,03			0,005	0,005	0,013
Ammonium	mg/l	0,02			0,102	0,02	0,047	0,02			0,106	0,169	0,098
Nitrit	mg/l	0,0025			0,008	0,0025	0,004	0,0025			0,0025	0,0025	0,003
Nitrat	mg/l	10,4			0,82	1,35	4,19	10,7			0,64	1,68	4,34
Nitrat-N	mg/l	2,35			0,19	0,30	0,95	2,42			0,14	0,38	0,98
Nanorganisch	mg/l	2,4			0,3	0,3	0,98	2,4			0,2	0,5	1,06
DOC	mg/l	0,95			1,29	1,34	1,19	0,88			1,02	1,25	1,05
Hydrogencarbonat	mg/l	293			296	329	306,00	294			255	246	265,00
Sulfat	mg/l	21,2			29,4	28,9	26,50	28,8			23,4	23,5	25,23
Eisen	mg/l	0,031			1,22	0,558	0,60	0,054			0,168	1,67	0,63
Mangan	mg/l	0,004			0,566	0,501	0,36	0,003			0,893	0,874	0,59
Calcium	mg/l	100			96,7	121	105,90	100			76,9	80,5	85,80
Magnesium	mg/l	5,8			6,45	6,03	6,09	7,2			6,81	6,61	6,87
Kalium	mg/l	3,9			4	4,84	4,25	4,4			2,65	2,45	3,17
Natrium	mg/l	34			14,9	13,3	20,73	50			25,9	25,3	33,73
Chlorid	mg/l	50,9			24,1	21,4	32,13	71,9			37,3	33,4	47,53

7.2.4 Zehrungsrate des Sediments

Die Sedimentzehrung kann je nach Gewässertyp und Seebodenbildung ein sehr unterschiedliches Ausmaß annehmen. In der Fachliteratur finden sich Angaben von 0,02 bis 15 O₂ g/m²/d. Der für die Reaktionsgeschwindigkeit und das Ausmaß der tatsächlichen Zehrungsrate sehr wichtige Halbsättigungskoeffizient kann zwischen 0,1 und 1,5 mg/L betragen. Für die hier verwendete Modellkonfiguration zur Berechnung einer mittleren Belastung wird eine Sedimentzehrungsrate von 0,6 g/m²/d während der Auskiesung und 1 g/m²/d nach deren Abschluss vorausgesetzt. Diese übersteigt den von HIPSEY et al. (2006) mit 0,3 g/m²/d angegebenen Wert, bleibt aber deutlich unter den 2 g/m²/d, die ÖZKUNDAKCI et al. (2011) ermittelt haben (vgl. Tabelle 7.2, Seite 44). Für den Halbsättigungskoeffizienten werden entsprechend ÖZKUNDAKCI et al. (2011) 0,25 mg/l angenommen.

Der Zehrungswert von 2 g/m²/d wäre für das Untersuchungsgewässer deutlich zu hoch, da bei einer derart starken Sedimentzehrung bereits im Istzustand trotz Auskiesung ein sauerstoffarmer Tiefenwasserkörper entstanden wäre. Dies wurde aber in keiner Messung nachgewiesen. Auch Untersuchungen am Lichtenbroicher Baggersee bei Düsseldorf, der seit vielen Jahren nicht mehr ausgekieset wird, zeigen, dass Zehrungsraten von 2 g/m²/d als zu hoch anzusehen sind (Boos 2021).

Der angenommene Zehrungswert von 1 g/m²/d in Verbindung mit dem Halbsättigungskoeffizienten von 0,25 mg/L kann für die Darstellung des oberen Niveaus einer mittleren Belastung als realistisch gelten, da dieser Wert selbst unter deutlich zehrungsintensiveren Bedingungen kaum überschritten wird. Nach den in der TGL 27 885/04 angegebenen Formeln für die Berechnung der Sauerstoffzehrung von Flachspeichern nach Ersteinstau ist eine Sedimentzehrungsrate von 1 g/m²/d als hoch anzusehen. Dieser Wert wird nach der Erstüberstauung einer bewachsenen Wiese bereits nach ca. 100 Tagen unterschritten (vgl. Abbildung 7.2).

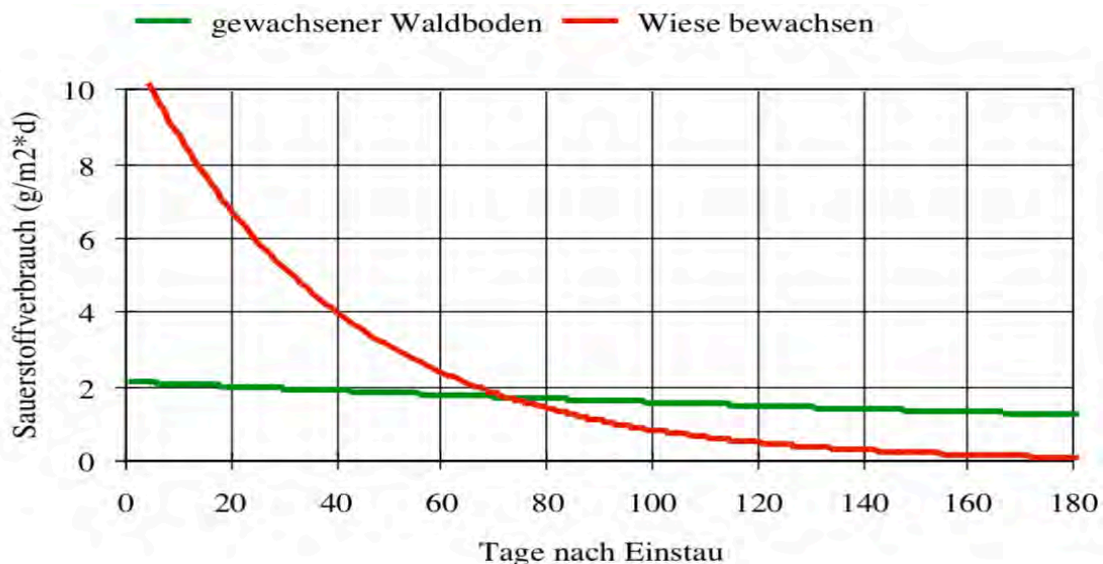


Abbildung 7.2: Verlauf der O₂-Zehrungsraten bei unterschiedlichem Bewuchs (T 20°C) nach TGL 27 885/04

7.2.5 Betriebsbedingte Faktoren

Im Rahmen der Kiesgewinnung ergeben sich betriebsbedingte Effekte, welche die Seewasserbeschaffenheit beeinflussen und nach Abschluss der Kiesgewinnung, also im Genehmigungszustand, als güterelevante Faktoren wegfallen. Dabei handelt es sich insbesondere um:

- Die Intensivierung der Wasserzirkulation durch den Baggerbetrieb
- Den durch die Kieswäsche verursachten Wasserumschlag (Man rechnet bei der Kies- und Sandwäsche je t Sand und Kies zumindest mit der ca. 2,5-fachen Wassermenge, die für den Klassierungsprozess benötigt wird.)
- Die Freisetzung von Feinsedimenten durch Kieswäsche und Baggerbetrieb (Der Schwebstoffanteil ist dabei meist kleiner als 2 kg/m^3 .)

7.2.5.1 Zirkulationseffekte durch die Auskiesungstätigkeit

Die Auskiesungstätigkeit intensiviert das Zirkulationsverhalten erheblich und setzt damit die Schichtungsstabilität deutlich herab. Dieser Prozess ist vergleichbar mit hydromechanischen Effekten durch Rührwerke zur Destratifikation, die im Modell berücksichtigt werden können, so dass auf diese Weise eine Simulation der auskiesungsverursachten Beeinflussungen des Schichtungsverhaltens möglich wird (LEWIS et al. 2001).

Die Zirkulationswirksamkeit der Baggertätigkeit kann anhand der eingesetzten Baggertechnik (Seilbagger), der täglichen Hebezyklen (Seilbagger), der umgeschlagenen Wassermenge (Kieswäsche), der Zahl der Betriebstage und Betriebsstunden, der Baggertiefe und der Schaufelgeometrie ermittelt werden.

Aufgrund von Erfahrungswerten bezüglich der üblicherweise in vergleichbaren Baggerseen eingesetzten Gewinnungstechnik wird dabei von einer mittleren Wasserumwälzung durch den Hebevorgang ausgegangen, die einem Volumenstrom von $1 \text{ m}^3/\text{s}$ entspricht.

Diese Umwälzung wird an 12 Stunden eines Tages (daytime) wirksam, wobei der Anlagenbetrieb, der zu der Umwälzung führt, an 228 Tagen innerhalb eines Jahres erfolgt. Sonntags und samstags, während der Betriebsferien und im Winter (5.12. bis 31.1.) findet meistens kein Betrieb statt. Die Tagesverteilung der Wasserumwälzung ist der Abbildung 7.3 zu entnehmen.

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

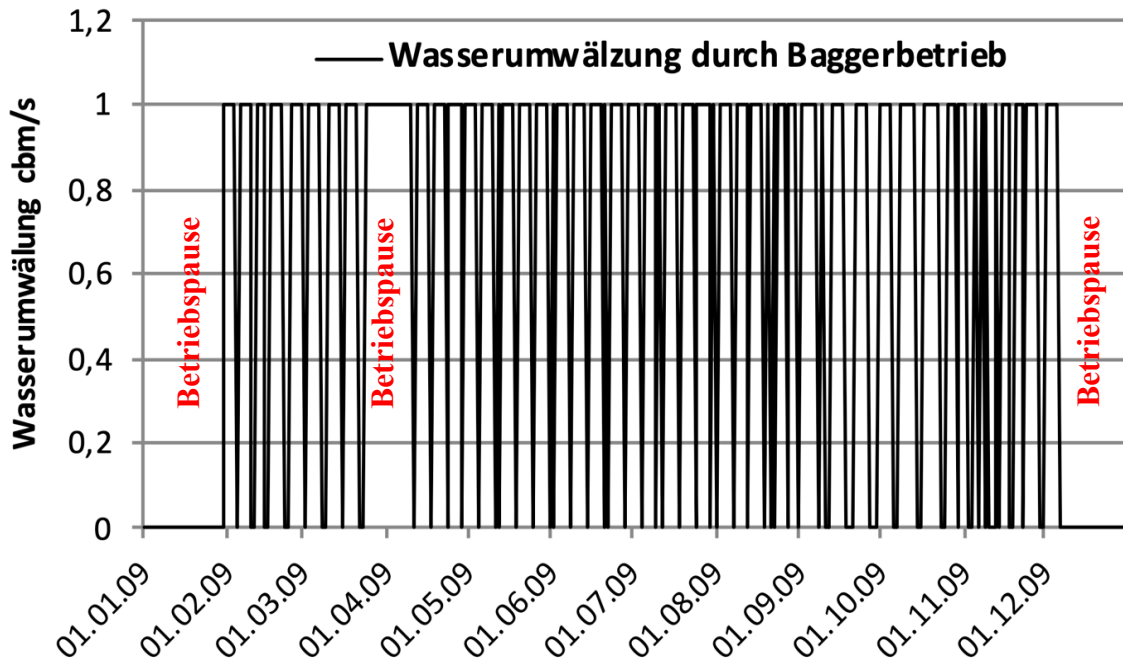


Abbildung 7.3: Wasserumwälzung im Tagesbetrieb (12 h)

7.2.5.2 Durch Kieswäsche verursachter Wasserumschlag

Die durch die Kieswäsche umgewälzte Wassermenge nimmt ein Ausmaß von ca. 1,6 Mio. m³/Jahr an.

7.2.5.3 Eintrag von Suspensa aus der Kieswäsche und dem Baggerbetrieb

Für die Einleitungen von Kieswaschwasser werden identische Betriebsphasen vorausgesetzt wie für den Baggerbetrieb. Das entscheidende Kriterium zur Bestimmung der Güterelevanz des in den See zurückgeleiteten Kieswaschwassers ist sein Anteil an mineralischen Feinmaterialien aus Ton, Schluff und Sand. Dieser Partikeleintrag beeinflusst die Wassertrübung und den Dichtegrad des Wassers.

Im Rahmen der Kieswaschwassereinleitung wird von einem mittleren Eintrag an abfiltrierbaren Stoffen von 1 g/L ausgegangen. Bei einer Rückleitmenge von 1,6 Mio. m³/Jahr entspricht dies einer Einleitmenge von ca. 1.600 t Feinstschlamm pro Jahr. Nicht berücksichtigt werden die im direkten Baggerbetrieb freigesetzten Feinstmaterialien, die noch einmal in der gleichen Größenordnung liegen dürften.

Die Trübungseffekte werden für die Varianten mit Kiesgewinnung (Vergleichszustand 1 und Solarvariante 1) mit den folgenden Korngrößenanteilen und Konzentrationen abfiltrierbarer Stoffen (Kieswaschwasserrückleitung und Baggerbetrieb) berücksichtigt:

Bezeichnung	Korngrößendurchmesser	Konzentration
SSOL1	≤ 0,003 mm	1000 mg/L
SSOL2	> 0,003 und ≤ 0,01 mm	1000 mg/L

7.3 Beurteilung der Modellgenauigkeit

Die Modellgenauigkeit wurde am benachbarten Baggersee der KBI herausgearbeitet und geprüft (Boos 2023). Dabei ergab sich eine für die Fragestellung als gut zu bezeichnende Genauigkeit (vgl. Tabelle 7.9). Für das Untersuchungsgewässer konnten identische Einstellungen der Modellparameter verwendet werden (vgl. Kapitel 1), so dass ebenfalls von einer guten Prognosegenauigkeit auszugehen ist.

Tabelle 7.9: Beurteilung der Modellgenauigkeit in Bezug auf die einzelnen Güteparameter

Parameter	Übereinstimmung Mess-/ Modellwert	Erläuterung
Temperatur	Gut	Uneingeschränkte Beurteilung des Temperaturhaushaltes möglich.
Sauerstoff	Gut	Die Zehrungsrate des Sediments im Istzustand mit Auskiesung (Vergleichszustand 1) dürfte etwas geringer ausfallen als die im Modell vorausgesetzten 1g/m ² d. Für den Zustand nach Einstellung der Auskiesungstätigkeit dürfte diese Sedimentzehrungsrate aber sehr gut die Verhältnisse wiedergeben.
Phosphor	Gut	Das Modell ermöglicht die uneingeschränkte Beurteilung des Phosphorhaushaltes ohne Einschränkungen ist.
Chlorophyll-a	Gut	Auch für die Chlorophyll-a Gehalte besteht eine gute Prognosegenauigkeit.
Sichttiefe	Gut	Die Übereinstimmung zwischen Modell- und Messwerten ermöglicht eine uneingeschränkte Beurteilung der Wassertransparenz mit dem Modell.

7.4 Variantenprüfung 1

Im Rahmen der Variantenprüfung 1 werden die Maßnahmenauswirkungen untersucht, die durch die Installation der SPV-Anlage (Solarvariante 1) während der Auskiesung entstehen. Zum Vergleich wird die Entwicklungsprognose für den Gewässerzustand mit den Kennwerten des Istzustandes (Vergleichszustand 1) herangezogen. Eine Beschreibung des Vorhabens findet sich in Kapitel 2, die hier relevanten Kennwerte sind in der Tabelle 7.10 dargestellt.

Tabelle 7.10: Kennwerte von Vergleichszustand und Solarvariante (Variantenprüfung 1)

Varianten	Kurzbeschreibung*	Volumen [m ³]	Seefläche [m ²]	Seeüberdeckung durch Solarmodule [%]
Vergleichszustand 1	In Auskiesung ohne SPV-Anlage. Morphologie des Istzustandes	14.398.220	893.000	0 %
Solarvariante 1	In Auskiesung mit SPV-Anlagentyp klein. Morphologie des Istzustandes	14.398.220	893.000	3,8 %

* Detaillierte Beschreibung der morphologischen Kennwerte und der Anlagengestaltung in Kapitel 2

7.4.1 Temperaturhaushalt – Variantenprüfung 1

Die maßnahmenbedingte Überdeckung von 3,8% der Seefläche verursacht keine Veränderung des Zirkulationsgeschehens (vgl. Abbildung 7.4). Im Winter erfolgt während des gesamten Beobachtungszeitraums stets eine Vollzirkulation.

In den Sommermonaten zeigt das Untersuchungsgewässer eine deutlich thermische Schichtung, die durch den Baggerbetrieb nur mäßig abgeschwächt wird.

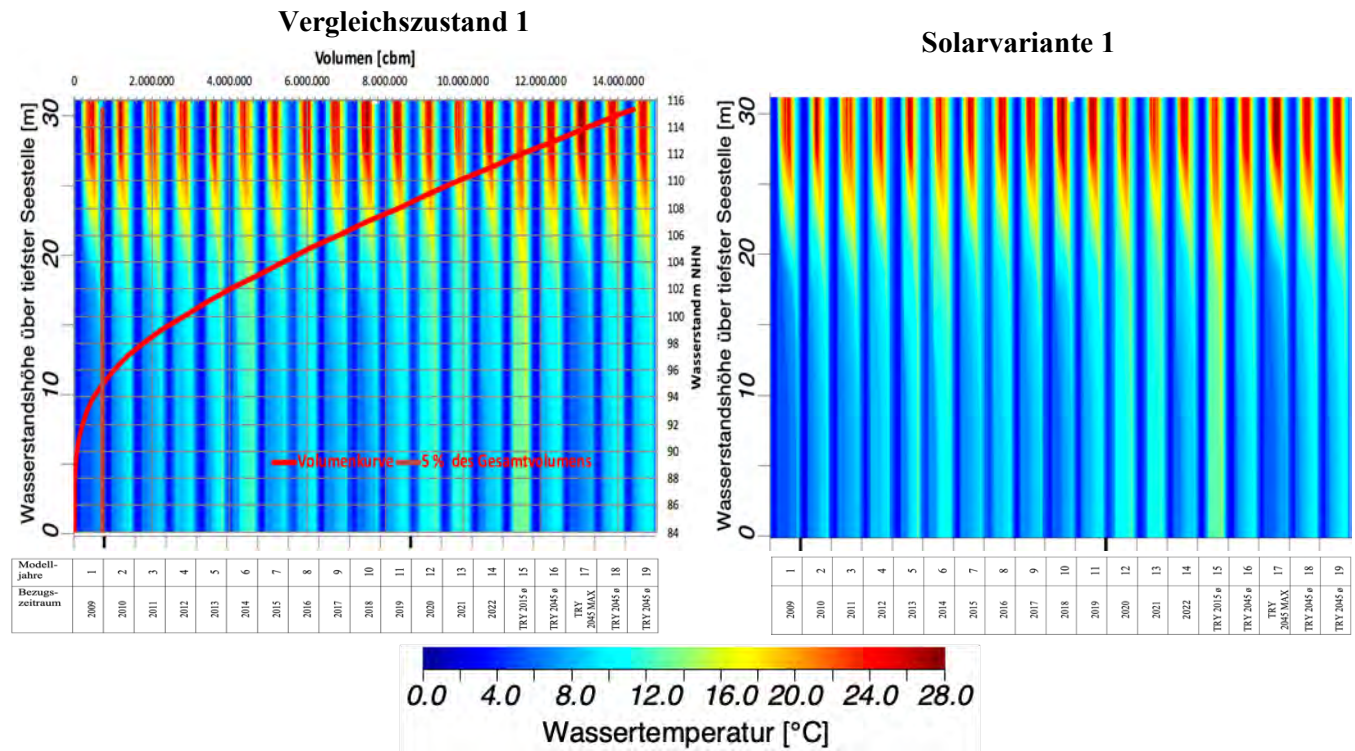


Abbildung 7.4: Temperatursimulation der Variantenprüfung 1 (Tageswerte)

Die Maßnahmenauswirkungen bleiben in allen Gewässertiefen gering (vgl. Abbildung 7.5). Zu relevanten Veränderungen der Wassertemperaturen kommt es weder im Epilimnion noch im tiefen Hypolimnion.

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

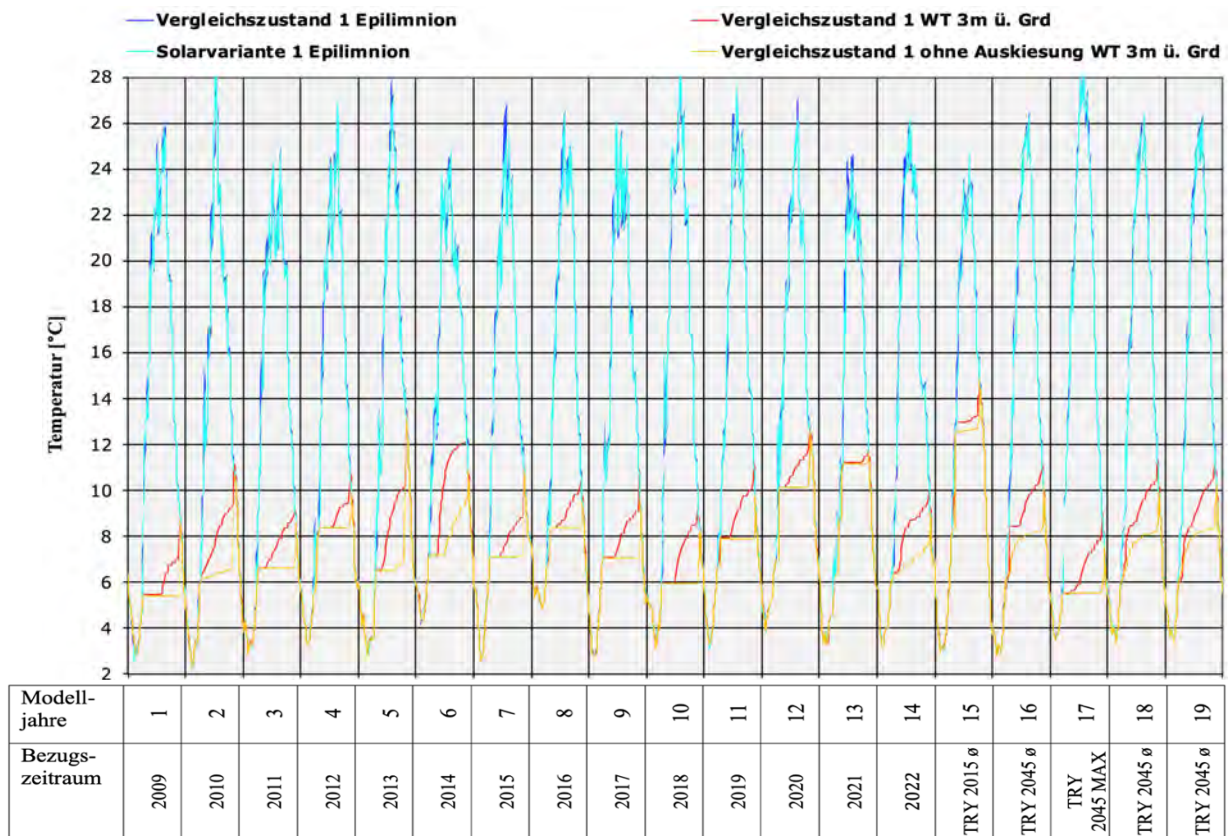


Abbildung 7.5: Temperaturwerte der Variantenprüfung 1 in unterschiedlichen Tiefenstufen

Die Reduzierung der Wassertemperaturen von 0,5% (historischer Zeitraum) bzw. 0,4% (Zukunftszeitraum) im Epilimnion und von 3,0% (historischer Zeitraum) bzw. 3,9% (Zukunftszeitraum) im grundnahen Bereich (vgl. Tabelle 7.11) zeigt, dass die Maßnahmenfolgen für den Temperaturhaushalt als sehr gering einzustufen sind.

Tabelle 7.11: Wassertemperaturen im Epilimnion und über Grund für die Variantenprüfung 1

	Vergleichszustand 1		Solarvariante 1	
	historischer Zeitraum*		historischer Zeitraum*	
	Epilimnion	3m ü. Grd.	Epilimnion	3m ü. Grd.
Mittelwert [°C]	13,26	7,40	13,19	7,18
Minimum [°C]	2,25	2,25	2,10	2,26
Maximum [°C]	29,20	13,57	28,81	13,40
	Zukunftszeitraum**		Zukunftszeitraum**	
	Epilimnion	3m ü. Grd.	Epilimnion	3m ü. Grd.
Mittelwert [°C]	13,62	7,78	13,56	7,48
Minimum [°C]	2,78	2,78	2,79	2,79
Maximum [°C]	28,72	15,30	28,70	14,88

*Modelljahre 1-14 (Klimareferenzzeitraum 2009–2022) **Modelljahre 15-19 (Testreferenzjahre des DWD)

Neben dem niedrigen Überdeckungsgrad ergeben sich die nur sehr geringen Auswirkungen der Maßnahmen auf den Temperaturhaushalt auch infolge der in Kapitel 6.2.1 beschriebenen Effekte. Durch die Exposition von Solarpaneelen wird zwar die Sonneneinstrahlung reduziert, zugleich aber verringern sich die langwellige Rückstrahlung und die Windschwwindigkeit.

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

Dies vermindert die Abkühlung des Sees durch Ausstrahlung und Verluste, die mit dem Übergang in latente Wärme (Verdunstung) entstehen. Die Erhöhung des Dampfdruckes unter den Solarmodulen und die verminderte Windgeschwindigkeit reduziert die Verdunstungsrate und damit der Übergang in latente Wärme, so dass Temperaturverluste durch die verminderte Sonneneinstrahlung zumindest teilweise ausgeglichen werden.

7.4.2 Sauerstoffhaushalt – Variantenprüfung 1

Auch der Sauerstoffhaushalt des Sees spiegelt die geringe Eingriffsstärke der Maßnahme wider (vgl. Abbildung 7.6).

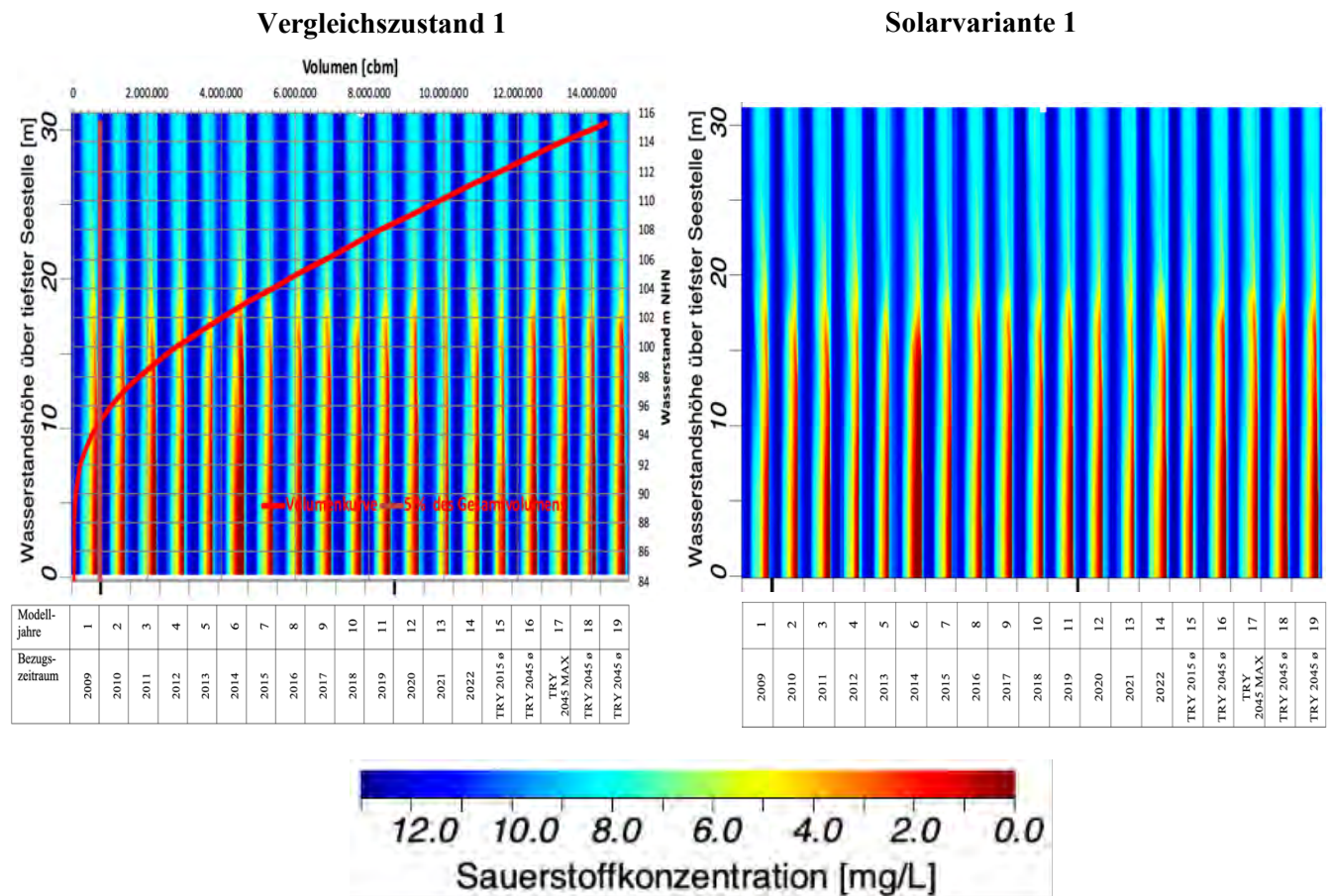


Abbildung 7.6: Sauerstoffsimulation der Variantenprüfung 1 (Tageswerte)

Die Sauerstoffgehalte des Epilimnions werden durch die geringe Überdeckung der Seefläche kaum verändert. (vgl. Abbildung 7.7).

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

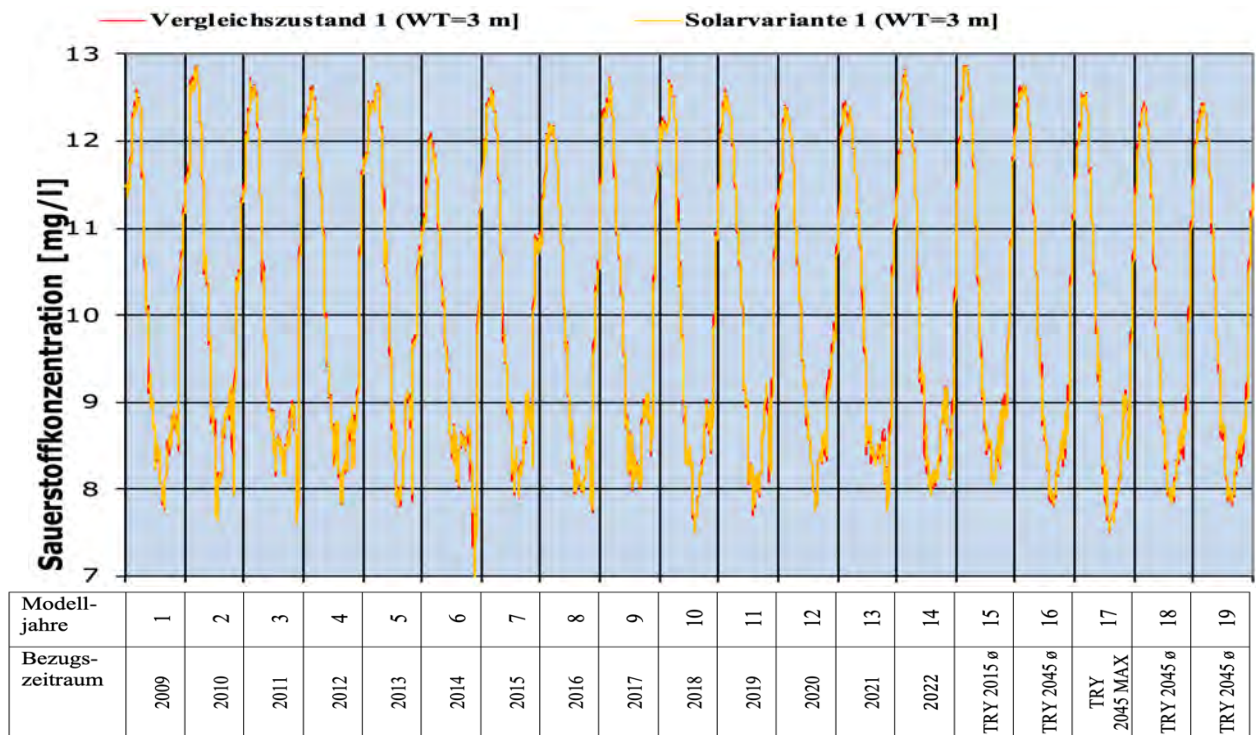


Abbildung 7.7: Sauerstoffwerte der Variantenprüfung 1 im Epilimnion (3 m Wassertiefe)

Im Mittel verändern sich die Sauerstoffgehalte im Epilimnion unter Bezug auf die historischen Klimadaten (2009 bis 2022) maßnahmenbedingt nicht (vgl. Tabelle 7.12). Die zu erwartende Erwärmung infolge des Klimawandels im Zukunftszeitraum verursacht eine zu vernachlässigende Verminderung der epilimnischen Sauerstoffgehalte um lediglich 0,1%.

Tabelle 7.12: Sauerstoffgehalte im Epilimnion (3 m Wassertiefe) für die Variantenprüfung 1

	Vergleichszustand 1	Solarvariante 1
	historischer Zeitraum*	historischer Zeitraum*
Mittelwert [mg/l]	10,02	10,02
Minimum [mg/l]	6,85	6,94
Maximum [mg/l]	12,87	12,85
	Zukunftszeitraum**	Zukunftszeitraum**
Mittelwert [mg/l]	9,99	9,98
Minimum [mg/l]	7,51	7,51
Maximum [mg/l]	12,87	12,85

*Modelljahre 1-14 (Klimareferenzzeitraum 2009–2022) **Modelljahre 15-19 (Testreferenzjahre des DWD)

Die maßnahmenbedingten Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt bleiben auch im hypolimnischen Wasserkörper gering (vgl. Abbildung 7.8). Das Modell weist aber sowohl für den Vergleichszustand 1 als auch für die Solarvariante 1 deutliche Sauerstoffverluste in der Gewässertiefe während der Stagnationsphasen aus, wobei die Mächtigkeit der grundnahen sauerstoffarmen Wasserschicht (< 2 mg / l) zeitweise eine Ausdehnung von mehr als 30 % der größten Wassertiefe erreicht und damit nicht mehr dem leitbildadäquaten Zustand (mesotropher Status) entspricht (vgl. Kapitel 3.1).

Allerdings umfasst dieser tiefste Wasserkörper nur ein sehr geringes Volumen von nur 2,3% des Gesamtvolumens (vgl. Kapitel 4.1).

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

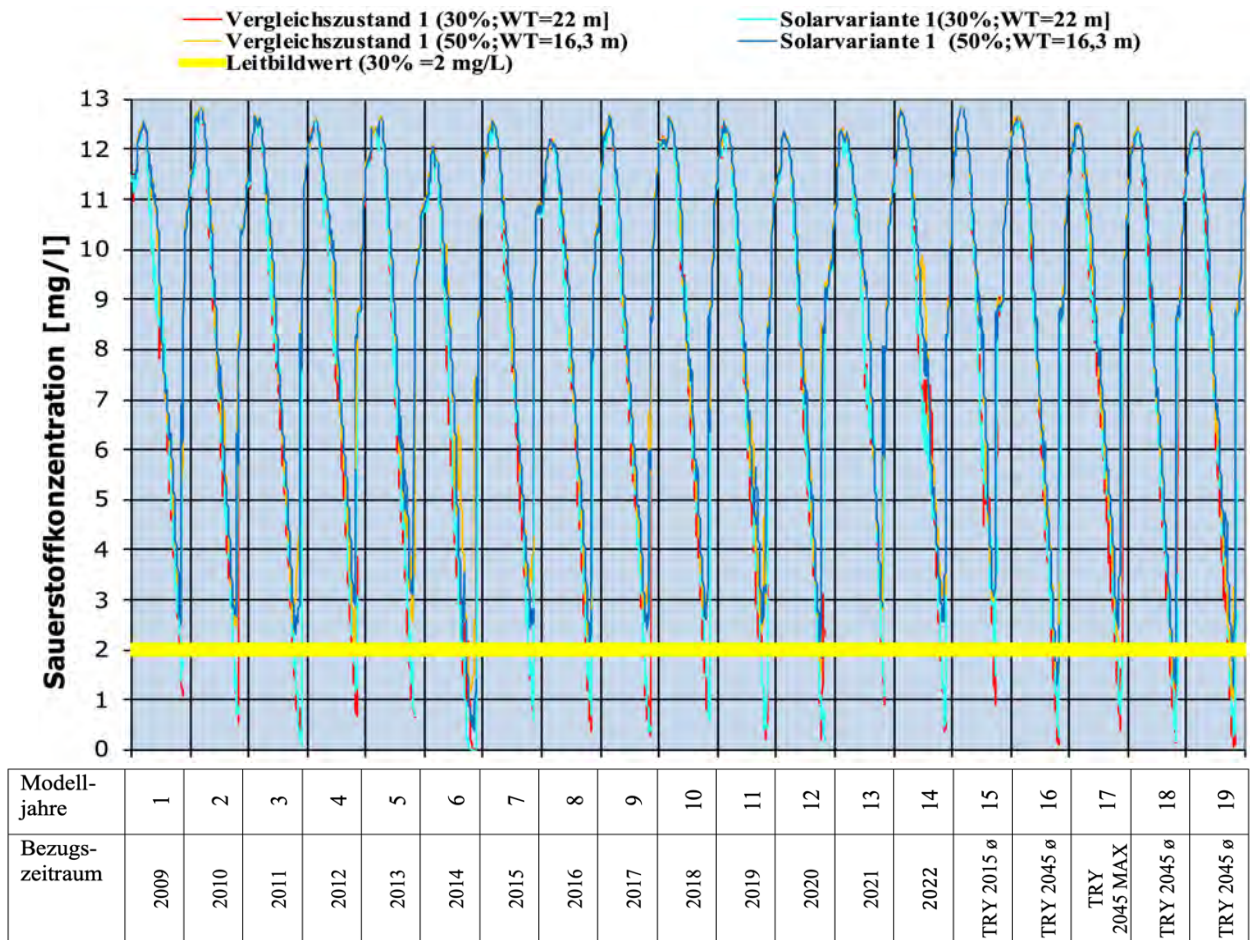


Abbildung 7.8: Sauerstoffwerte der Variantenprüfung 1 im Hypolimnion

Die Installation der Solaranlage verursacht keine relevante Veränderung der Sauerstoffverhältnisse im Hypolimnion (vgl. Tabelle 7.13). Die Berechnung mit den historischen Klimadaten weist einen maßnahmenbedingten Anstieg der Mittelwerte um 0,5% aus. Für die klimatischen Zukunftsreferenzdaten ergibt sich eine Verringerung von 0,9% im Mittel.

Tabelle 7.13: Sauerstoffgehalte im Hypolimnion für die Variantenprüfung 1

	Vergleichszustand 1	Solarvariante 1
	historischer Zeitraum*	historischer Zeitraum*
	Hypolimnion Wassertiefe (WT) 22 m (30%)	Hypolimnion Wassertiefe (WT) 22 m (30%)
Mittelwert [mg/l]	8,18	8,22
Minimum [mg/l]	0,00	0,00
Maximum [mg/l]	12,86	12,84
	Zukunftszeitraum**	Zukunftszeitraum**
	Hypolimnion Wassertiefe (WT) 22 m (30%)	Hypolimnion Wassertiefe (WT) 22 m (30%)
Mittelwert [mg/l]	8,15	8,08
Minimum [mg/l]	0,03	0,16
Maximum [mg/l]	12,86	12,84

*Modelljahre 1-14 (Klimareferenzzeitraum 2009–2022) **Modelljahre 15-19 (Testreferenzjahre des DWD)

7.4.3 Nährstoffsituation (Phosphorgehalt) – Variantenprüfung 1

Die sehr geringen Phosphorgehalte im Seewasser werden auch nach Installation der Solaranlage weiter bestehen bleiben (vgl. Abbildung 7.9).

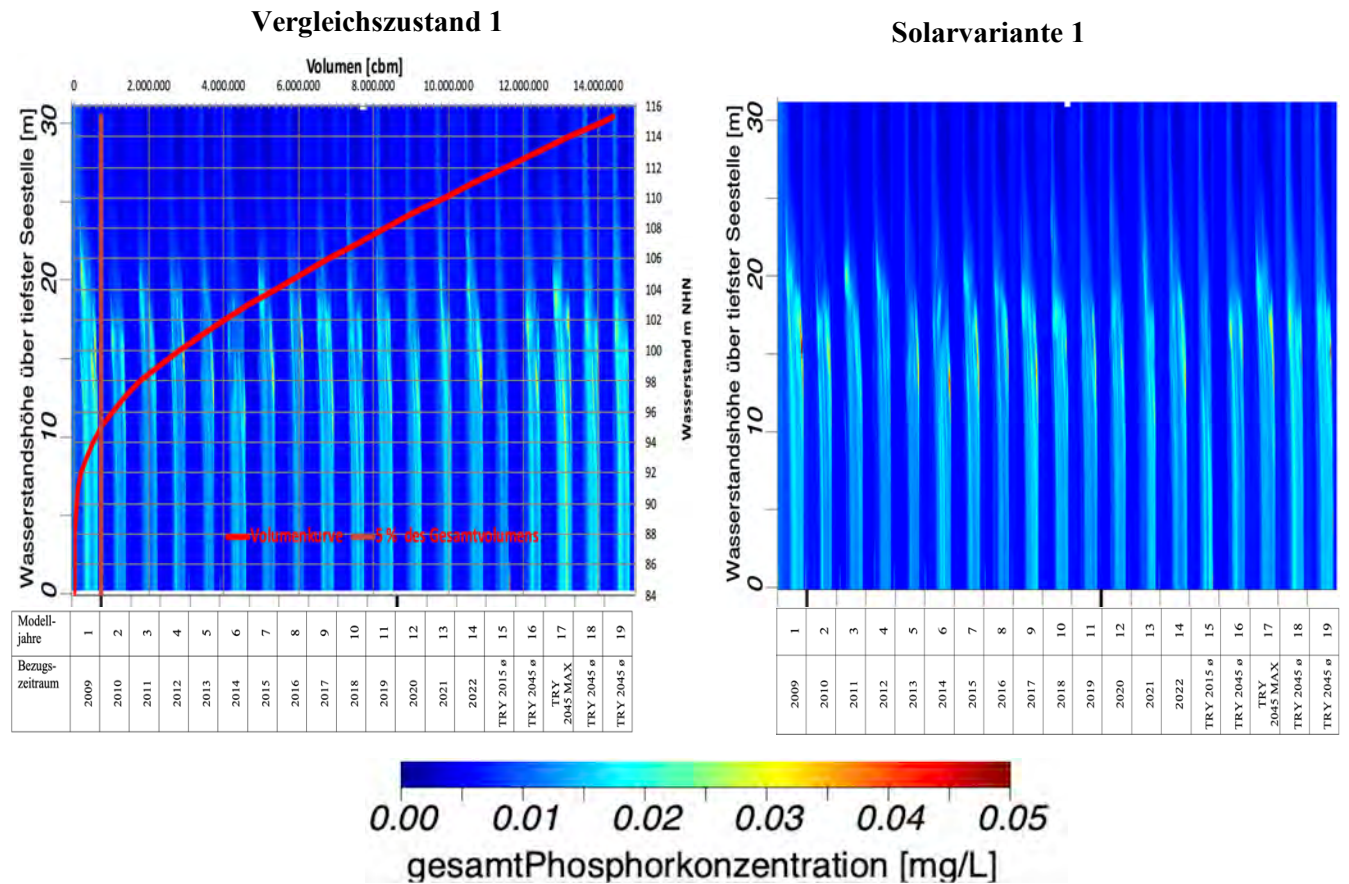


Abbildung 7.9: Phosphorsimulation der Variantenprüfung 1

Im Jahresverlauf bildet sich ein für tiefe Seen typisches Schwankungsmuster mit Maximalwerten im Frühjahr aus.

Der Orientierungswert (mesotroph, vgl. Kapitel 3.2) für die Saisonmittelwerte (April bis Oktober) wird dauerhaft sehr deutlich erreicht (vgl. Abbildung 7.10).

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

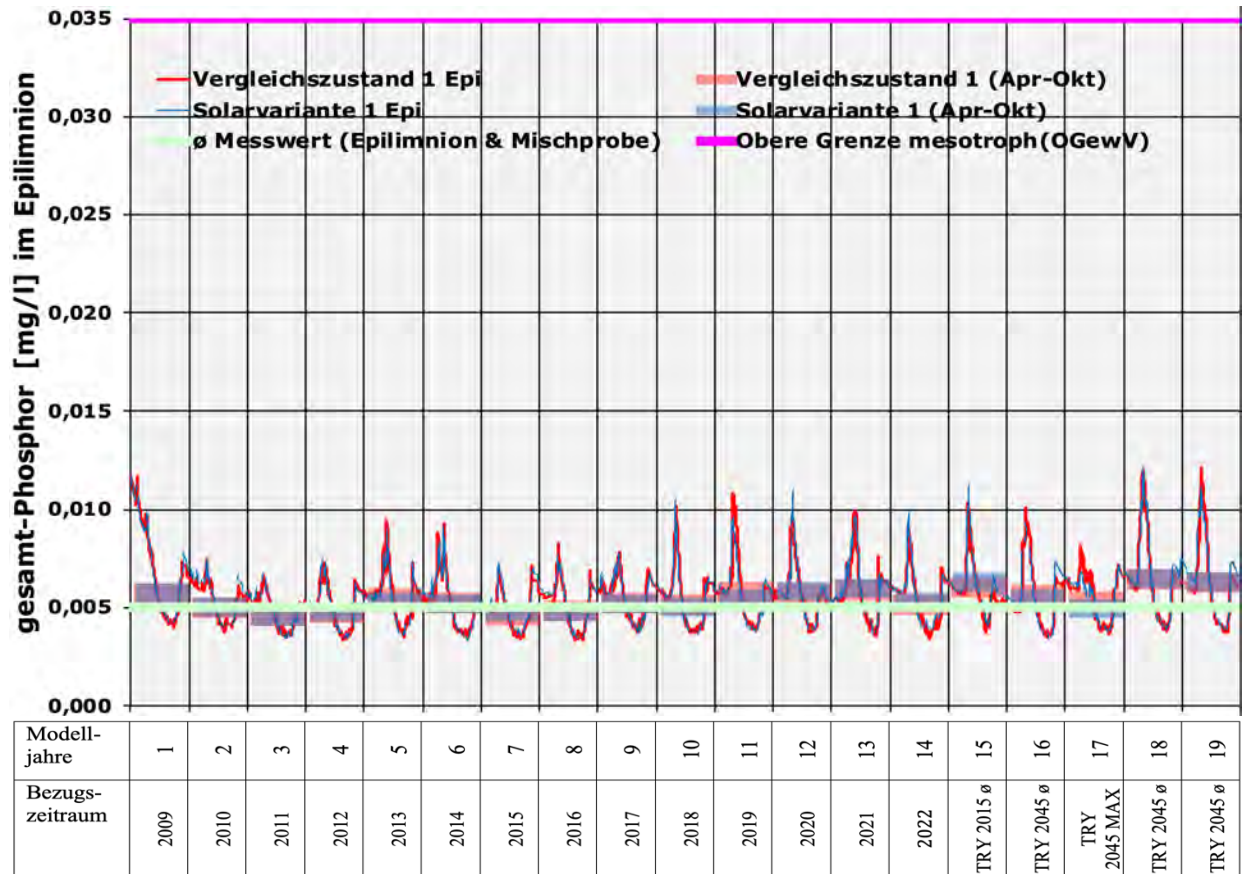


Abbildung 7.10: Phosphorgehalte im Epilimnion (3 m WT) für die Variantenprüfung 1 unter Bezug auf die leitbildkonformen Orientierungswerte

Die statistischen Lageparameter in der Tabelle 7.14 zeigen ebenfalls, dass nicht mit einer maßnahmenbedingten Veränderung der Phosphorgehalte des Seewassers zu rechnen ist.

Tabelle 7.14: Statistische Lageparameter der prognostizierten Phosphorgehalte der Variantenprüfung 1 im Epilimnion

	Vergleichszustand 1		Solarvariante 1		Güteanforderung OgewV 2016
	Historischer Zeitraum*	Zukunftszeitraum**	Historischer Zeitraum*	Zukunftszeitraum**	
Mittelwert [P mg/l]	0,005	0,006	0,006	0,006	0,035
Minimum [P mg/l]	0,003	0,003	0,003	0,003	
Maximum [P mg/l]	0,012	0,012	0,012	0,012	

*Modelljahre 1-14 (Klimareferenzzeitraum 2009–2022) **Modelljahre 15-19 (Testreferenzjahre des DWD)

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

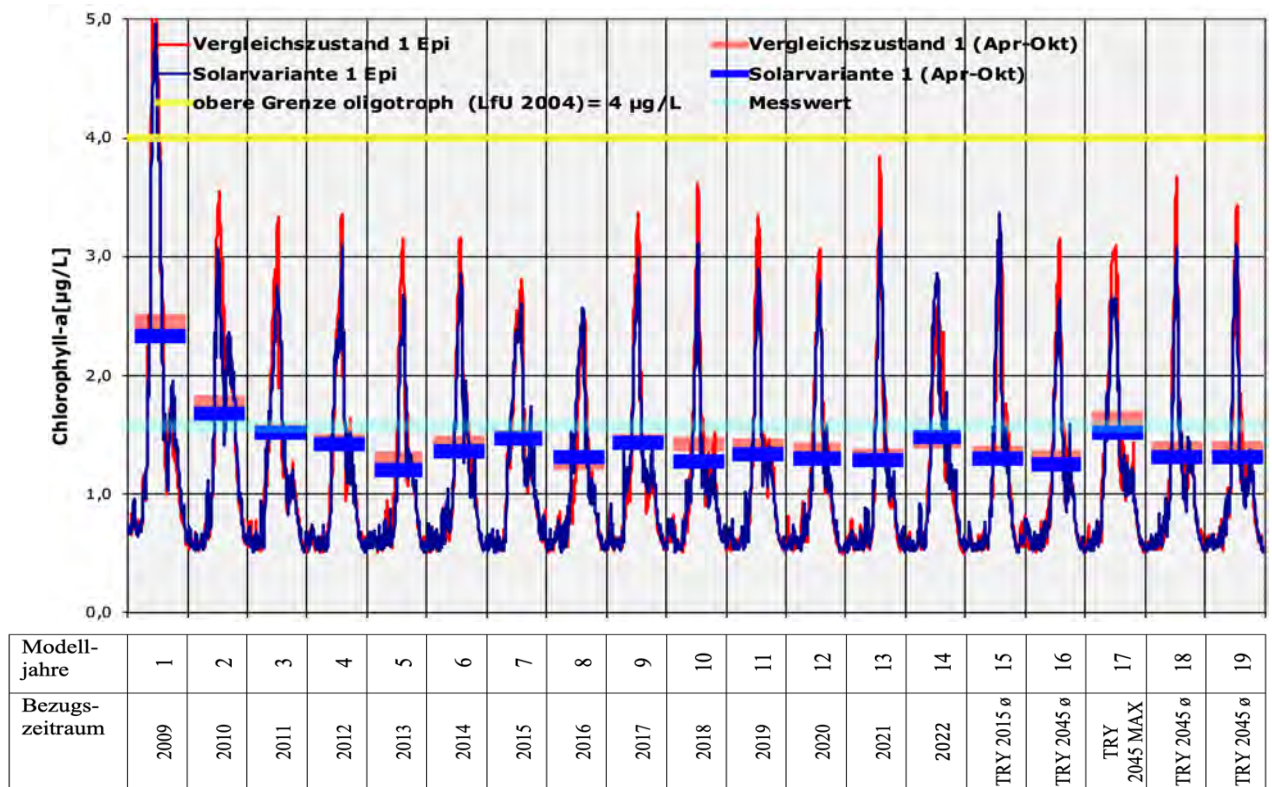


Abbildung 7.12: Chlorophyll-a Gehalte in der trophogenen Zone (WT=0-12 m) für die Variantenprüfung 1 unter Bezug auf den oligotrophen Orientierungswert

Im Mittel ist nach der Installation der SPV-Anlage von einem leichten Rückgang der ohnehin sehr niedrigen Chlorophyll-a Gehalte um ca. 3,3% (historischer Zeitraum) bzw. 5,0% (Zukunftszeitraum) auszugehen (vgl. Tabelle 7.15), da durch die Überdeckung der Beschattungsgrad und die Epilimnionmächtigkeit geringfügig zunehmen.

Tabelle 7.15: Statistische Lageparameter der prognostizierten Chlorophyll-a Werte für die Variantenprüfung 1

Saisonmittelwerte	Vergleichszustand 1		Solarvariante 1		Orientierungswert mesotroph
	Historischer Zeitraum*	Zukunftszeitraum**	Historischer Zeitraum*	Zukunftszeitraum**	
Mittelwert [Chl-a µg/l]	1,51	1,41	1,46	1,34	< 12 (LfU 2004)
Minimum [Chl-a µg/l]	1,26	1,32	1,20	1,25	
Maximum [Chl-a µg/l]	2,46	1,64	2,33	1,52	

*Modelljahre 1-14 (Klimareferenzzeitraum 2009–2022) **Modelljahre 15-19 (Testreferenzjahre des DWD)

7.4.5 Cyanobakterien (Blaualgen) – Variantenprüfung 1

Während der Auskiesung ergibt sich sowohl für den Vergleichszustand 1 als auch für die Solarvariante 1 ein sehr geringes Wachstumspotential für Cyanobakterien (Blaualgen). Die berechneten Werte liegen generell sehr deutlich unter den Belastungsschwellen (vgl. Abbildung 7.13).

Allerdings ist mit einer Zunahme der Cyanobakterien-Biomasse als Folge der Erwärmung durch den Klimawandel zu rechnen. Diese nimmt jedoch kein relevantes Ausmaß an.

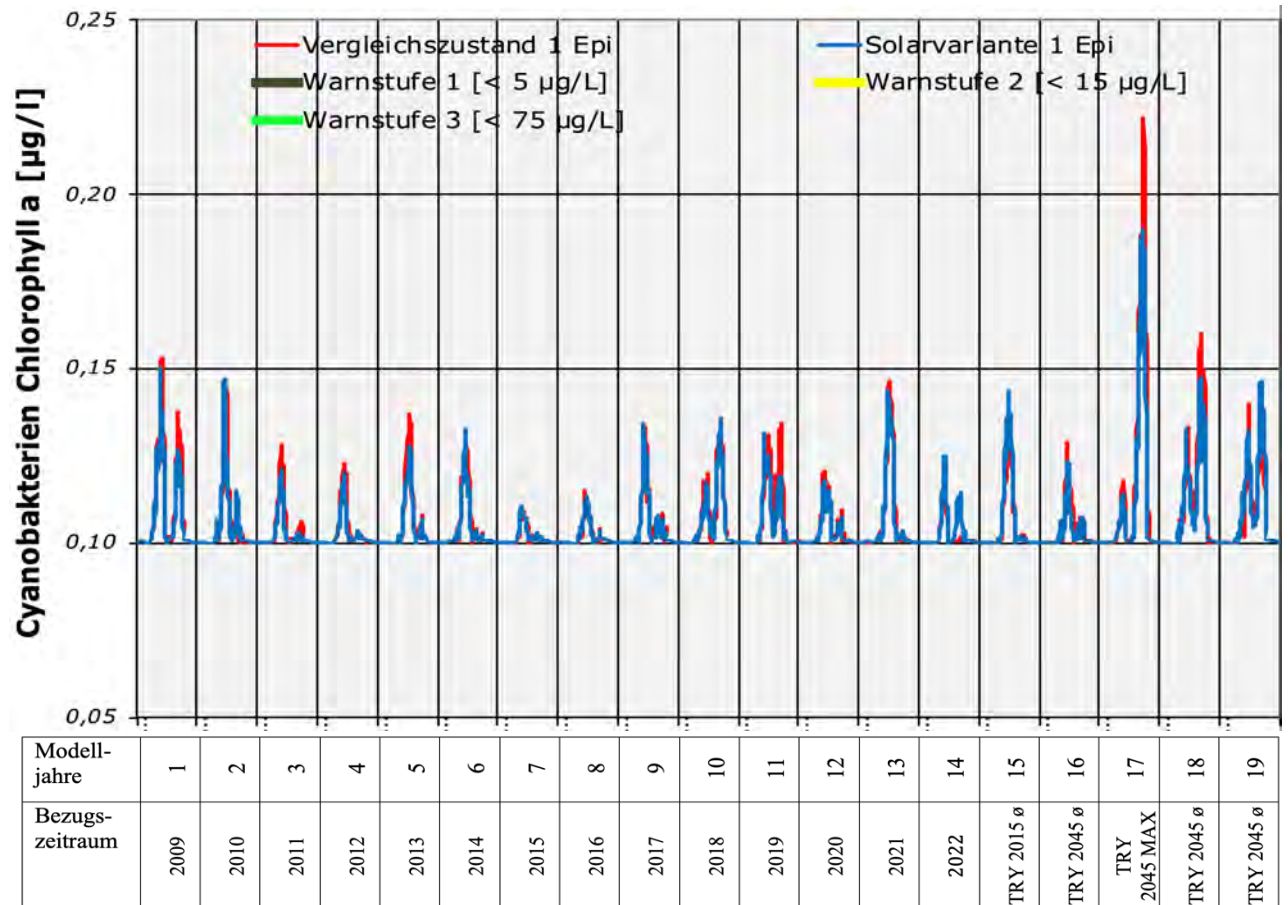


Abbildung 7.13: Simulation der Cyanobakteriendichte in der trophogenen Zone (WT=0-8 m) in der Variantenprüfung 1

7.4.6 Sichttiefenwerte – Variantenprüfung 1

Die Sichttiefe im Untersuchungsgewässer wird auch nach der Installation der SPV-Anlage von der Kiesgewinnung und den dadurch eingetragenen Trübstoffen bestimmt. Demzufolge kann dieser Parameter nicht als Trophieindikator genutzt werden. Für die Solarvariante 1 werden ebenso wie für den Vergleichszustand 1 Sichttiefenwerte unter dem Orientierungswert für einen mesotrophen Status prognostiziert (vgl. Abbildung 7.14).

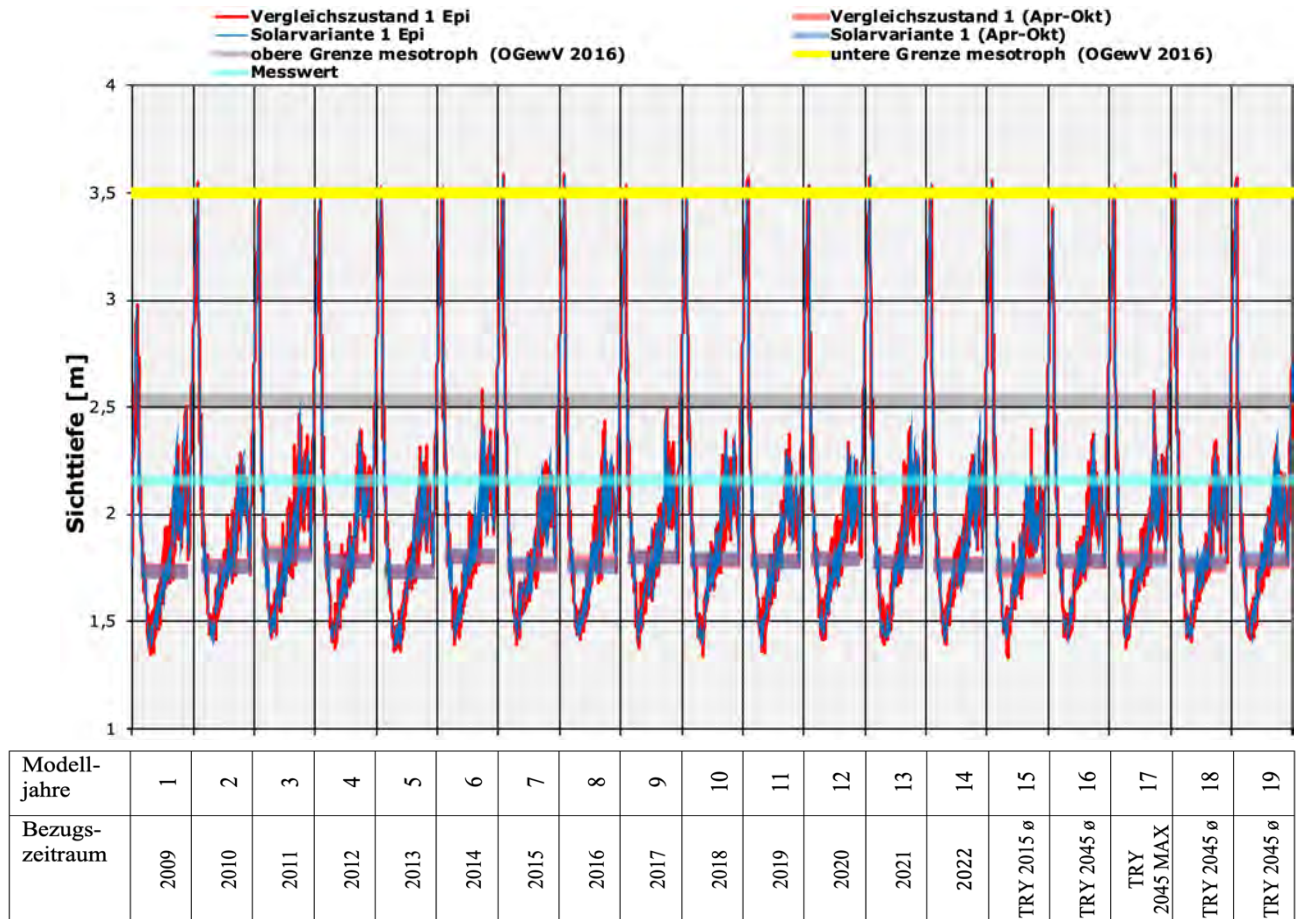


Abbildung 7.14: Simulation der Sichttiefenwerte in der Variantenprüfung 1

Wie aus der Tabelle 7.16 hervorgeht, verursacht die Installation der SPV-Anlage nahezu keine Veränderung der Sichttiefenwerte. Auch mögliche Einflüsse durch den Klimawandel werden vom Feinmineralien-Eintrag durch die Kiesgewinnung überlagert.

Tabelle 7.16: Statistische Lageparameter der prognostizierten Sichttiefenwerte für die Variantenprüfung 1

Saisonmittelwerte	Vergleichszustand		Solarvariante		Orientierungswert
	Historischer Zeitraum*	Zukunftszeitraum**	Historischer Zeitraum*	Zukunftszeitraum**	
Mittelwert (m)	2,00	2,00	2,00	2,00	≥ 2,5 m (OGewV 2016; Seetyp 13k)
Minimum (m)	1,34	1,33	1,34	1,39	
Maximum (m)	3,59	3,58	3,59	3,58	

*Modelljahre 1-14 (Klimareferenzzeitraum 2009–2022) **Modelljahre 15-19 (Testreferenzjahre des DWD)

7.4.7 Wasserhaushalt – Variantenprüfung 1

Mit der maßnahmenbedingten Überdeckung eines Teils der Seeoberfläche geht eine Verringerung der Verdunstungsverluste einher (vgl. Abbildung 7.15), die allerdings wegen des geringen Überdeckungsgrades nur ein niedriges Ausmaß von im Mittel 5,7% annimmt.

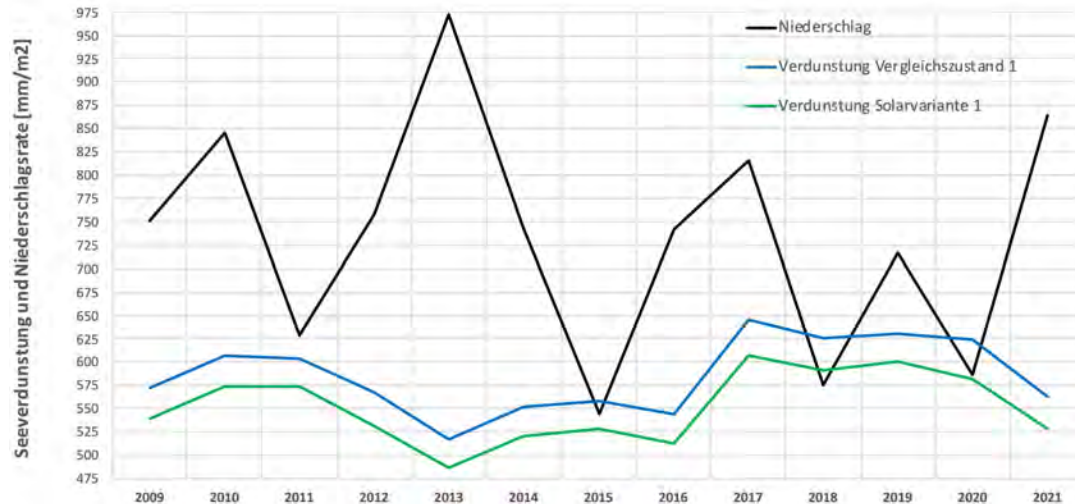


Abbildung 7.15: Verdunstung und Niederschlag in der Variantenprüfung 1

Damit ergibt sich ein maßnahmenbedingter Anstieg der Grundwasserneubildung unter der gesamten Seefläche von ca. 135.281m³/Jahr auf ca. 165.287 m³/Jahr an (vgl. Tabelle 7.17). Die Umsetzung der Solarvariante hat demnach eine Entlastung des Wasserhaushaltes zur Folge.

Tabelle 7.17: Niederschlag, Verdunstung und Grundwasserneubildung in der Variantenprüfung 1

	Einheit	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Ø
Niederschlag		752	846	629	757	972	743	544	743	816	575	717	587	865	629	727
Vergleichszustand 1																
Verdunstung Vergleichszustand	mm/m²	573	607	604	568	517	551	559	544	645	625	630	624	563	442	575
Grundwasserneubildung		179	239	24	189	455	192	-14	198	170	-51	87	-37	302	186	151
Grundwasserneubildung gesamte Seefläche	m³	160.148	213.383	21.698	168.851	406.636	171.644	-12.902	177.006	152.013	-45.151	77.445	-32.829	269.470	166.525	135.281
Solarvariante 1																
Verdunstung Vergleichszustand	mm/m²	540	574	574	531	487	521	528	513	607	592	600	581	529	406	542
Grundwasserneubildung		212	272	55	226	486	223	17	229	209	-17	117	6	336	222	185
Grundwasserneubildung gesamte Seefläche	m³	189.288	242.842	48.864	201.749	433.820	198.948	14.801	204.819	186.279	-15.345	104.204	5.028	300.393	198.332	165.287

7.5 Variantenprüfung 2

Die Variantenprüfung 2 ermittelt die Auswirkungen der Solarvariante 2 unter den Bedingungen einer abgeschlossenen Kiesgewinnung und den dann eingetretenen morphologischen und hydraulischen Bedingungen. Für die Modellierung gelten die in der Tabelle 7.18 dargestellten Kennwerte (vgl. auch Kapitel 2).

Tabelle 7.18: Kennwerte der in Variantenprüfung 2 untersuchten Varianten

Varianten	Kurzbeschreibung*	Volumen [m ³]	Seefläche [m ²]	Tiefe max. [m]	Überdeckungsgrad durch Solarmodule [%]
Vergleichszustand 2	Stillgelegt (keine Auskiesung) und ohne SPV-Anlage. Morphologie des Genehmigungszustandes.	Nicht abschätzbar, da einige Erweiterungsflächen wegen der PFC_Problematik nicht nutzbar sind.	1.100.000	31,3	0 %
Solarvariante 2	Stillgelegt mit SPV-Anlagentyp klein. Morphologie des Genehmigungszustandes.		1.100.000	31,3	3,1%

* Detaillierte Beschreibung der morphologischen Kennwerte und der Anlagengestaltung in Kapitel 2

Im Vergleich zur Variantenprüfung 1 hat sich die Seefläche nach dem Ende der Auskiesung von 893.000 auf 1.100.000 m² vergrößert. Die Wassertiefe bleibt voraussichtlich bei 31,3 m.

Das Ausmaß der SPV-Anlage wird wie in der Solarvariante 1 ebenfalls 3,4 ha betragen, wegen der Flächenvergrößerung nun aber nur noch 3,1% (Solarvariante 1 = 3,8%) der Seefläche überdecken.

Auf eine Modellierung der Vorhabensauswirkungen bei der Solarvariante 2 wird aus den folgenden Gründen verzichtet:

- Die als Modellinput erforderliche genaue Festlegung der Volumenkurve für die weitere Auskiesung des Sees ist nicht möglich, da Teile der bereits planfestgestellten Auskiesungsbereiche aufgrund der PFC-Problematik nicht zur Verfügung stehen.
- Die schon bei der Solarvariante 1 feststellbaren sehr geringen maßnahmenbedingten Auswirkungen auf den Gewässerzustand werden durch die Abnahme des Überdeckungsgrades von 3,8% (Solarvariante 1) auf 3,1 % (Solarvariante 2) noch weiter zurückgehen, so dass eine umfangreiche Modellierung als unangemessen erscheint.

Allerdings erfolgt eine Modellierung des Temperatur- und Sauerstoffhaushaltes unter der Voraussetzung des Alterungsprozesses ohne Einwirkungen durch den Auskiesungsbetrieb. Damit soll geprüft werden, ob die Einstellung der Auskiesungstätigkeit negative Auswirkungen für die Gewässerökologie bewirkt. Als morphologische Inputdaten dienen die Werte des Vergleichszustandes 1 unter Weglassung der Einflussgrößen aus der Kiesgewinnung. Auf dieser Basis kann festgestellt werden, ob nach Einstellung der Auskiesungstätigkeit mit einer Zirkulation des Wasserkörpers und einer Oxidation des Tiefenwasserkörpers zu rechnen ist.

7.5.1 Temperaturhaushalt – Variantenprüfung 2

Auch nach Abschluss der Auskiesung wird das Untersuchungsgewässer in den Wintermonaten vollständig durchzirkulieren (vgl. Abbildung 7.16). Auffallend sind die nach Abschluss der Auskiesung relativ hohen Wassertemperaturen im Tiefenwasserkörper, was auf die starke Grundwasseranbindung zurückzuführen ist.

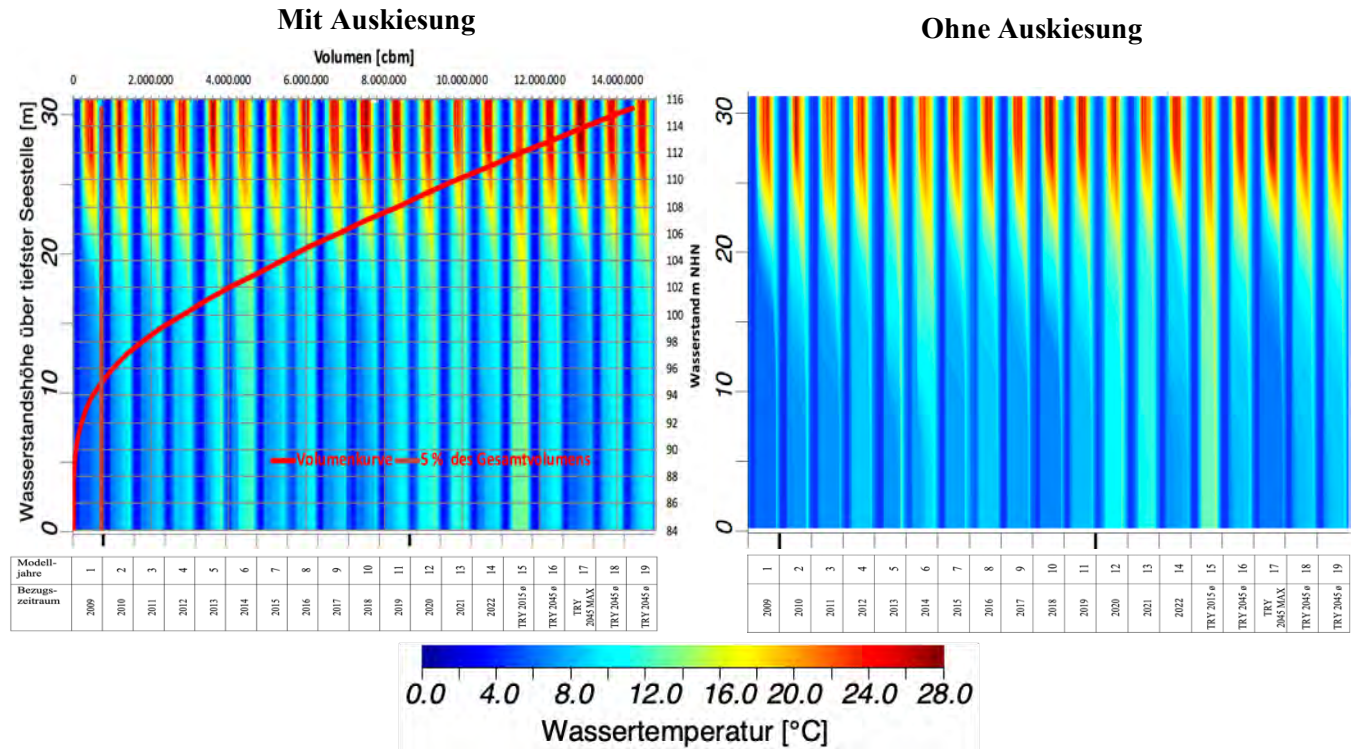


Abbildung 7.16: Temperatursimulationen bei bestehender Auskiesung (links) und nach deren Abschluss (rechts) in Tageswerten

Die mittleren Wassertemperaturen erreichen bei bestehender Auskiesung im August und September in einer Wassertiefe von 3 m über Grund 9,13 °C (historischer Zeitraum) bzw. bei 9,93 °C (Zukunftszeitraum). Ohne Auskiesungstätigkeit beträgt die mittlere Wassertemperatur im gleichen Zeitraum und in der gleichen Tiefe 7,6 °C (historischer Zeitraum) bzw. 8,5 °C (Zukunftszeitraum). Damit verringert sich die hypolimnische Wassertemperatur nach dem Wegfall des betriebsbedingten Energieeintrages um durchschnittlich 1,50 bzw. 1,41 °C.

Tabelle 7.19: Wassertemperaturen im Epilimnion (3m Tiefe) und über Grund für die Variantenprüfung 2

	In Auskiesung	Auskiesung beendet	Δ °C
	historischer Zeitraum*	historischer Zeitraum*	
	3m ü. Grd.	3m ü. Grd.	
Mittelwert [°C] ø August & September	9,13	7,63	Δ 1,5
Minimum [°C] ø August & September	5,52	5,39	
Maximum [°C] ø August & September	11,94	11,16	
	Zukunftszeitraum**	Zukunftszeitraum**	
	3m ü. Grd.	3m ü. Grd.	
Mittelwert [°C] ø August & September	9,93	8,52	Δ 1,41
Minimum [°C] ø August & September	6,40	5,53	
Maximum [°C] ø August & September	13,29	12,73	

*Modelljahre 1-14 (Klimareferenzzeitraum 2009–2022) **Modelljahre 15-19 (Testreferenzjahre des DWD)

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

Aufgrund des sehr geringen Überdeckungsgrades von 3,1 % sind für die Solarvariante 2, also nach dem Ende der Auskiesungstätigkeit, ebenso wie für die Solarvariante 1 erhebliche vorhabensbedingte Beeinflussungen auszuschließen.

7.5.2 Sauerstoffhaushalt– Variantenprüfung 2

Auch nach Stilllegung des Sees erfolgt eine Oxidation des gesamten Wasserkörpers während der Zirkulationsphasen (vgl. Abbildung 7.17). Da schon bei der Solarvariante 1 keine Maßnahmenauswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt zu erkennen waren, sind aufgrund der geringeren Seeflächenüberdeckung von 3,1 % auch für die Solarvariante 2 vorhabensbedingte Beeinflussungen auszuschließen.

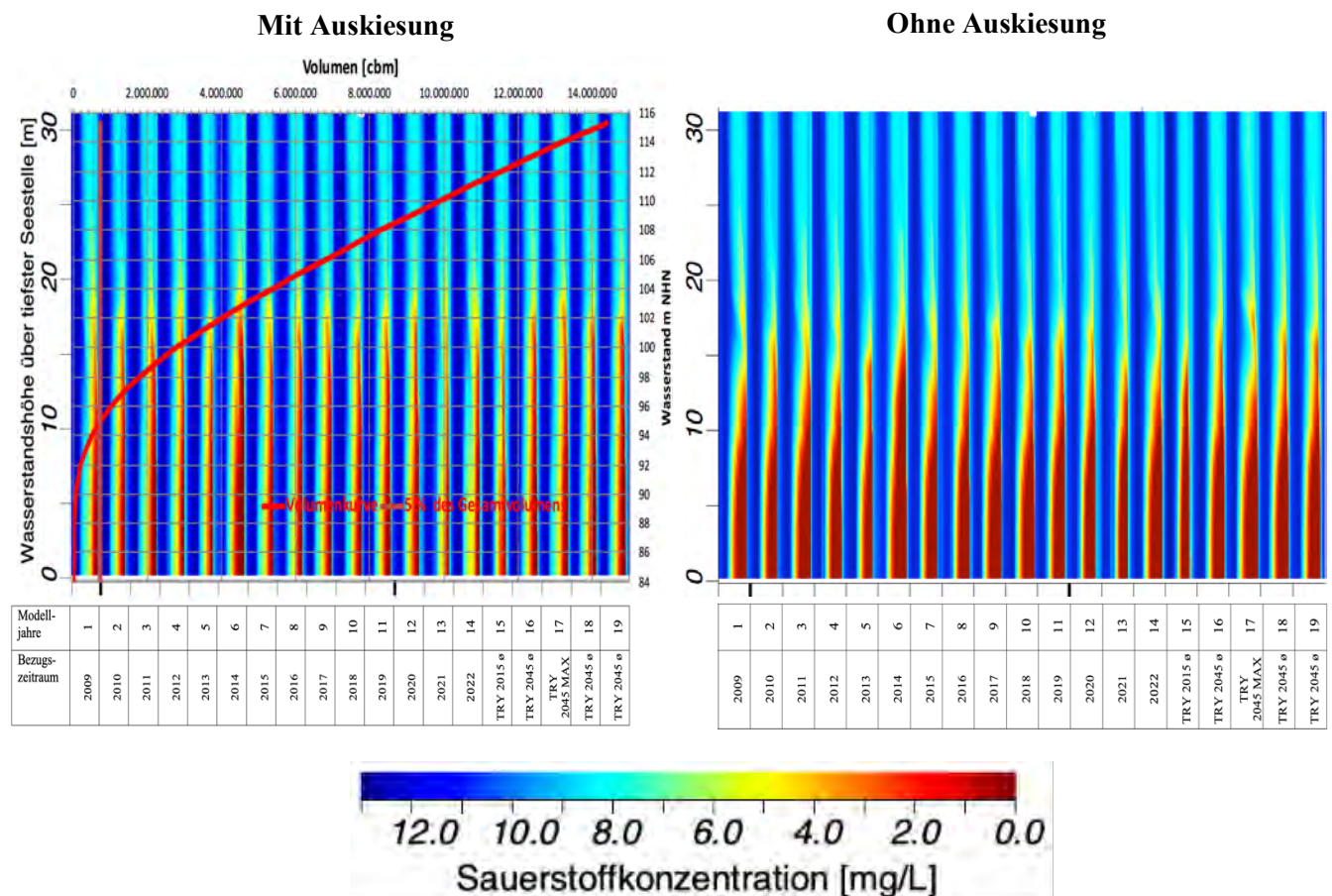


Abbildung 7.17: Sauerstoffsimulationen bei bestehender Auskiesung (links) und nach deren Abschluss (rechts) in Tageswerten

7.5.3 Phosphor, Chlorophyll-a, Cyanobakterien und Sichttiefe – Variantenprüfung 2

Nach der Einstellung der Auskiesung wird die Vermischungsdynamik im Seewasser abnehmen, und die von der Auskiesungstätigkeit verursachten Trübungseffekte entfallen. Dabei ergeben sich für die Parameter Phosphor, Chlorophyll-a, Cyanobakterien und Sichttiefe die in der Tabelle 7.20 beschriebenen Veränderungen und Maßnahmenauswirkungen.

Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Untersuchungsgewässer

Tabelle 7.20: Phosphor, Chlorophyll-a, Cyanobakterien und Sichttiefe in der Variantenprüfung 2

Parameter	Zustand	Vorhabensbedingte Veränderungen	Maßnahmenauswirkung
Phosphor	Oligotroph und damit besser als Leitbild	Durch die Einstellung der Auskiesungstätigkeit und die Verringerung des Überdeckungsgrades von 3,9 auf 3,1 % ergeben sich keine vorhabensbedingten negativen Effekte für den Phosphorhaushalt.	Keine
Chlorophyll-a	Oligotroph und damit besser als Leitbild	Durch die Einstellung der Auskiesungstätigkeit und die Verringerung des Überdeckungsgrades von 3,9 auf 3,1 % ergeben sich keine vorhabensbedingten negativen Effekte für die Algenentwicklung	Keine
Cyanobakterienentwicklung (Plankton)	Sehr niedrig aufgrund der geringen Nährstoffgehalte	Durch die Einstellung der Auskiesungstätigkeit und die Verringerung des Überdeckungsgrades von 3,9 auf 3,1 % wird die Cyanobakterienentwicklung nicht gefördert.	Keine
Sichttiefe	Leitbildkonform	Nach Einstellung der Auskiesungstätigkeit nimmt die Sichttiefe deutlich zu. Die Verringerung des Überdeckungsgrades von 3,9 auf 3,1 % hat keinen Einfluss auf die Sichttiefenentwicklung.	Keine

Aufgrund der günstigen Nährstoffverhältnisse und des geringen Trophie-Niveaus ist in Verbindung mit dem sehr niedrigen Überdeckungsgrad ebenso wie bei der Solarvariante 1 auch hier in Bezug auf die vier dargestellten Parameter nicht mit erheblichen, vorhabensbedingten Auswirkungen zu rechnen.

7.5.4 Wasserhaushalt – Variantenprüfung 2

Auch bei der Variantenprüfung 2 ist davon auszugehen, dass die Solarnutzung zu einer Verminderung der Verdunstungsrate beiträgt. Diese wird, da der Bedeckungsgrad von 3,8% auf 3,1 % zurückgeht, etwas geringer ausfallen als bei der Variantenprüfung 1, aber dennoch zu einer relativen Verbesserung der Bestandssituation beitragen.

8 Weitere Beeinflussungsfaktoren

8.1 Entwicklung benthischer (am Substrat haftender) Cyanobakterien

Die Schwimmkörper einer SPV-Anlage werden von benthischen Gewässerorganismen als Substrat (Aufwuchsflächen) genutzt. Neben den in den Baggerseen dominanten Muscheln, hier insbesondere den beiden Dreissena- oder Zebrauschelarten (*Dreissena polymorpha* und *Dreissena rostriformis bugensis*), bieten die Schwimmkörper auch anderen Gewässerorganismen Aufwuchsflächen. Von besonderer Bedeutung sind dabei benthisch lebende Cyanobakterienarten (u.a. Oszillatoria-Arten). In diesem Zusammenhang sind Arten der Gattungen *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Phormidium* und *Tychonema* zu nennen, da diese zur Beeinträchtigung der Badegewässernutzung führen können.

Aufgrund der sehr geringen Nährstoffgehalte im Untersuchungsgewässer und der verschlechterten Lichtverhältnisse unter den abschattenden Schwimmkörpern ist nicht mit einem erheblichen Aufkommen benthischer Cyanobakterien zu rechnen.

8.2 Beeinflussung des Grundwassers durch Cyanotoxine

Ebenso wie in den beiden Vergleichszuständen ist auch für die beiden Solarvarianten nur ein sehr geringes Cyanobakterienaufkommen zu erwarten. Eine Belastung des Grundwassers ist folglich auszuschließen. Da sich Cyanotoxine sehr schnell abbauen und die Fließzeit des seabstromigen Grundwassers entsprechend gering ist, ergibt sich keine Belastungsfunktion.

Der Abbau von Microcystinen erfolgt innerhalb weniger Tage (<https://toxische-cyanobakterien.de/hintergrundinformation/cyanotoxine/>). Bei Cylindrospermopsin kann der biochemische Abbau deutlich länger dauern. Diese Toxine treten allerdings in Europa sehr selten auf. Auch hier stellt die lange Fließzeit des Grundwassers eine sichere Barrierefunktion dar.

Für weitere Toxine wie Anatoxin, Lyngbiatoxin und Nodularin (primär brackisch) stehen derzeit keine Angaben in Bezug auf die Abbaurate zur Verfügung.

8.3 Belastung des Wassers durch Mikroplastik

Veröffentlichte Untersuchungen zur Belastung von Seen durch Mikroplastik, das aus Schwimmkörpern von Solaranlagen freigesetzt wird, gibt es bislang nicht. Eine Angabe zur Stofffreisetzung aus Bojen und Fendern, die am ehesten mit den Schwimmkörpern vergleichbar sind, findet sich bei Bertling et al. (2018). Danach ergibt sich nur eine minimale Belastung durch die entsprechenden Materialien.

In einer für den Schwimmkörperhersteller (Zimmermann PV-Floating) durchgeführten Untersuchung konnte im Rahmen von Abrasionstests keine Mikroplastikfreisetzung festgestellt werden.

9 Zusammenfassende Darstellung der Vorhabensauswirkungen

Mittels eines Vergleichs von insgesamt vier Varianten wurden die Auswirkungen untersucht, die aus der Installation einer schwimmenden Photovoltaik (SPV) Anlage für die Wasserqualität des Untersuchungsgeewässers entstehen (vgl. Kapitel 7). Die Prüfung erfolgte im Rahmen von zwei Variantenprüfungen, die Darstellungen der maßnahmenbedingten Auswirkungen während der Auskiesung (Variantenprüfung 1) und für die Zeit danach (Variantenprüfung 2) zum Gegenstand haben. Hinsichtlich der Auswirkungen klimatischer Einflüsse wurden zwei Zeiträume getrennt ausgewiesen: Mit historischen Daten von 2009 bis 2022 berechnete Werte und Werte, die unter Bezug auf die Testreferenzjahre des DWD für zukünftige Klimaveränderungen berechnet wurden.

Die Tabelle 9.1 fasst die dabei gewonnenen Ergebnisse zusammen. Außerdem erfolgt, auch unter Einschluss von Beurteilungsmaßstäben aus der gesichteten Literatur, eine Bewertung, ob und inwieweit maßnahmenverursachte Auswirkungen als erheblich einzustufen sind.

Tabelle 9.1: Zusammenfassende Bewertung vorhabensbedingter Auswirkungen

	Variantenprüfung 1		Variantenprüfung 2	
	Vergleichszustand	Solarvariante 1	Vergleichszustand 2	Solarvariante 2
Seefläche [ha]	89,3	89,3	ca. 110	ca. 110
Seevolumen [Mio. m ³]	14,39	14,39	/***	/***
Nutzungsart	in Auskiesung	in Auskiesung	stillgelegt	stillgelegt
Seeflächenüberdeckung durch SPV-Anlage	/	3,8 % 3,4 ha	/	3,1 % 3,4 ha
Anlagenbedingte Effekte (Modellberechnungen)				
Zirkulationsverhalten	positiv/ zirkuliert	positiv/ zirkuliert	positiv/ zirkuliert	positiv/ zirkuliert
Temperaturhaushalt Epilimnion	positiv	-0,07*/ -0,06** [Δ°C]	positiv	-0,07*/ -0,06** [Δ°C]
Temperaturhaushalt Hypolimnion	positiv	-0,22*/ -0,3** [Δ°C]	positiv	-0,22*/ -0,3** [Δ°C]
Sauerstoffhaushalt Epilimnion	positiv	±0*/ -0,01** [Δ°C]	positiv	±0*/ -0,01** [Δ°C]
Sauerstoffhaushalt Hypolimnion	beeinträchtigt	+0,04*/ -0,07** [Δ mg/l O ₂]	beeinträchtigt	+0,04*/ -0,07** [Δ mg/l O ₂]
Phosphorhaushalt	positiv	+0,001*/ ±0** [Δ mg/l P]	positiv	+0,001*/ ±0** [Δ mg/l P]
Algen (Chlorophyll-a)	positiv	-0,05*/ -0,07** [Δ µg/l Chl-a]	positiv	-0,05*/ -0,07** [Δ µg/l Chl-a]
Cyanobakterienbiomasse (Chlorophyll-a)	positiv	leichter Rückgang	positiv	leichter Rückgang
Sichttiefe	Beeinflusst durch Kiesgewinnung	±0*/ ±0** [Δ m]	Positiv (hohe Sichttiefe)	Hoch
Seeverdunstung	seetypisch	Abnahme	seetypisch	Abnahme

Zusammenfassende Darstellung der Vorhabensauswirkungen

	Variantenprüfung 1		Variantenprüfung 2	
	Vergleichszustand	Solarvariante 1	Vergleichszustand 2	Solarvariante 2
Anlagenbedingte Effekte (Modell & Literatur)				
Entwicklung benthischer Cyanobakterien als Aufwuchs auf den Schwimmkörpern	unerheblich (Modell & Literatur)	keine Änderung	unerheblich (Modell & Literatur)	keine Änderung
Entwicklung von Schwachlicht-Cyanobakterien-Arten (z.B. <i>Planktothrix rubescens</i>) im abgeschatteten Bereich	unerheblich (Modell & Literatur)	keine Änderung	unerheblich (Modell & Literatur)	keine Änderung
Darstellung möglicher sekundärer Belastungen z.B. durch Antifouling, Leaching etc.	unerheblich (Literatur)	keine Änderung	unerheblich (Literatur)	keine Änderung

Signaturen

Im Vergleichszustand beeinträchtigt	Keine oder positive, vorhabensbedingte Einflüsse	Relevante vorhabensbedingte Verschlechterung	Unerheblich laut Fachliteratur
-------------------------------------	--	--	--------------------------------

* Klimareferenzzeitraum 2009–2022 ** Testreferenzjahre des DWD *** Noch nicht bestimmbar, da einige Bereiche wegen einer PFC-Belastung der Oberböden geblockt sind.

Für keinen der untersuchten Parameter ist von relevanten vorhabensbedingten Verschlechterungen im Untersuchungsgewässer auszugehen. Maßnahmenbedingte Veränderungen bleiben in Bezug auf beide Varianten gering. Auch mit nennenswerten Veränderungen infolge des Klimawandels ist nicht zu rechnen.

10 Bewertung der Maßnahmenauswirkungen nach EU-WRRL

Das Untersuchungsgewässer ist mit einer Seeflächenausdehnung von mehr als 50 ha ein EU-WRRL Gewässer. Die Bewertung von EU-WRRL Gewässern erfolgt unter Bezug auf die in Abbildung 10.1 dargestellten Qualitätskomponenten.

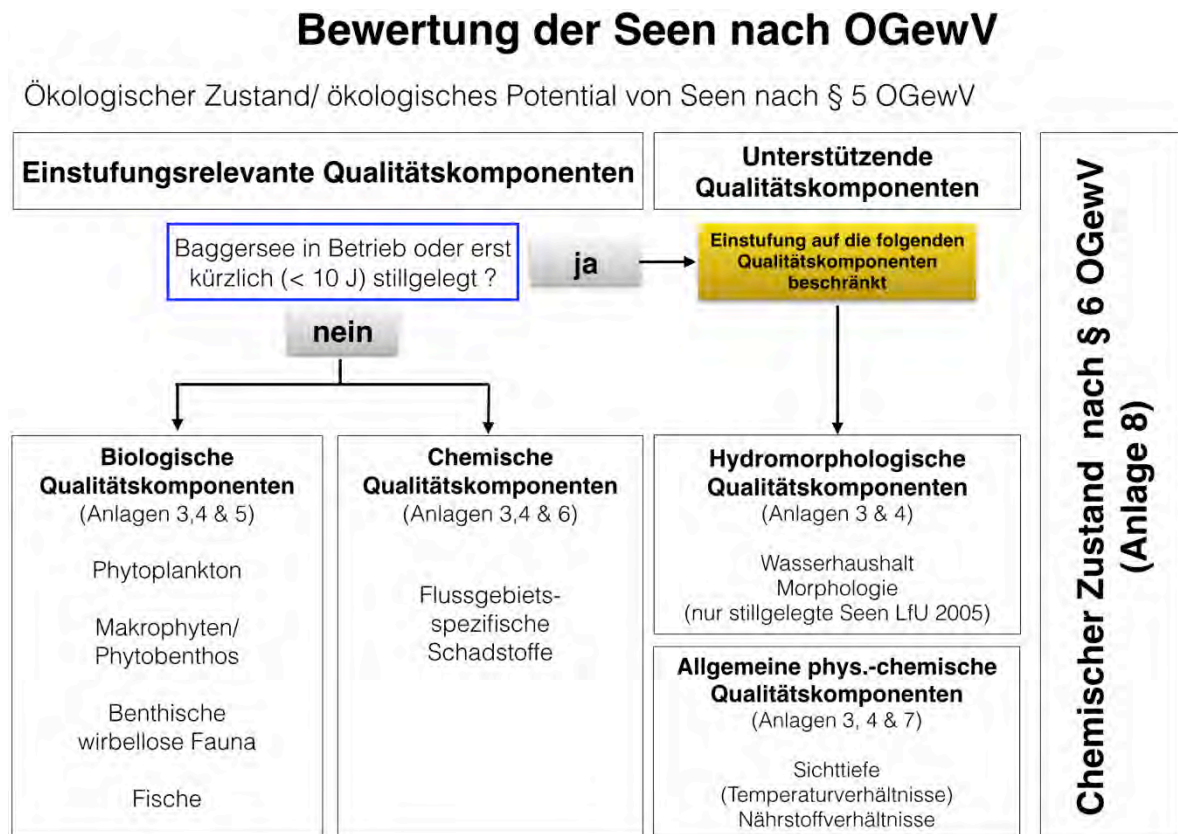


Abbildung 10.1: Schema zur Beurteilung des betriebenen Abgrabungsgewässers nach EU-WRRL

Leider ist die Beurteilung der geplanten Eingriffe mittels der EU-WRRL und der mit ihr beschriebenen Verfahrenstechniken nicht möglich, da keine Methodik zur Verfügung steht, mit der die vorhabensbedingten Effekte nach EU-WRRL- oder OgewV-Vorgaben beurteilt werden könnten.

Viele Qualitätskomponenten lassen sich erst ca. 10 Jahre nach Beendigung der Auskiesung bewerten. Aus diesem Grunde müssen die Effekte auf die biologischen Qualitätskomponenten aus den allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten abgeleitet werden.

10.1 Bewertung des Untersuchungsgewässers entsprechend dem Kiesleitfaden (LfU 2004) und dem Methodenhandbuch (LfU 2005)

Die Bewertung nach Kiesleitfaden (LfU 2004) oder Methodenhandbuch (LfU 2005) basiert auf den folgenden Parametern und Orientierungsgrößen, die bereits in Kapitel 3.1 dargestellt wurden, hier aber noch einmal angeführt werden, um den Zusammenhang zu wahren.

Tabelle 10.1: Qualitätskomponenten nach LfU (2004) und LfU (2005)

	gesamt Phosphor (Frühjahr / Zirkulationsphase)	Chl-a (Sommer / Stagnationsphase)	O₂-Verhältnisse* (Sommer / Stagnationsphase)
mesotroph = Referenzzustand	15 – 45 µg/l	4 – 12 µg/l	10 – 30 %
eutroph	45 -150 µg/l	12-35 µg/l	30-50 %
polytroph	> 150 µg/l	35-103 µg/l	> 50 %

* Mächtigkeit der sauerstoffarmen Wasserschicht (< 2 mg / l) über dem Seeboden im Verhältnis zur Gesamttiefe

Bezogen auf diese Parameter werden für Baggerseen bei einer Punkteinstufung nach dem folgenden Schema ø 70 Punkte gefordert:

- Zustand entspricht trophischem Referenzzustand: 100 Punkte
- Zustand weicht um eine Bewertungsstufe ab: 80 Punkte
- Zustand weicht um zwei Bewertungsstufen ab: 50 Punkte
- Zustand weicht um mehr als zwei Stufen ab: 0 Punkte

Der Referenzwert von 70 Punkten errechnet sich als Mittelwert aus allen drei Qualitätskomponenten. Als trophischer Referenzzustand für das Untersuchungsgewässer gilt der mesotrophe Status.

Das in der Tabelle 10.2 dargestellte Ergebnis zeigt, dass der See mit einer Einstufung von 80 Punkten den Anforderungen entspricht. Die Qualitätskomponenten Gesamt-Phosphor und Chlorophyll-a erreichen den leitbildkonformen Zustand, der Sauerstoffhaushalt zeigt aber Defizite in der Gewässertiefe. Der Anforderung, dass die Mächtigkeit der sauerstoffarmen Wasserschicht (< 2 mg / l) über dem Seeboden im Verhältnis zur Gesamttiefe nicht mehr als 30% betragen sollte, entspricht das Untersuchungsgewässer nicht. Dies gilt sowohl für die Entwicklung des Sees nach der Installation der Solaranlage als auch in Bezug auf die Entwicklungsprognose ohne Solarnutzung.

Die in der Tabelle 10.2 für die Solarvariante 1 dargestellten Ergebnisse können, wie oben in Kapitel 7.5 ausgeführt wurde, unverändert auf die Solarvariante 2 übertragen werden.

Bewertung der Maßnahmenauswirkungen nach EU-WRRL

Tabelle 10.2: Bewertung der allgemeinen chemisch-physikalischen Qualitätskomponenten nach LfU (2004) und LfU (2005)

Modelljahre	Vergleichszustand 1				Solarvariante 1			
	gesamt P [mg/L]	Chl-a [µg/L]	O ₂ - Gehalt* [mg/L]	Bewer- tung [Punkte]	gesamt P [mg/L]	Chl-a [µg/L]	O ₂ - Gehalt* [mg/L]	Bewer- tung [Punkte]
2009	0,0070	2,5	< 2	80	0,0071	2,3	< 2	80
2010	0,0054	1,8	< 2	80	0,0056	1,7	< 2	80
2011	0,0049	1,5	< 2	80	0,0049	1,5	< 2	80
2012	0,0050	1,4	< 2	80	0,0051	1,4	< 2	80
2013	0,0056	1,3	< 2	80	0,0055	1,2	< 2	80
2014	0,0052	1,4	< 2	80	0,0053	1,4	< 2	80
2015	0,0049	1,5	< 2	80	0,0052	1,5	< 2	80
2016	0,0052	1,3	< 2	80	0,0052	1,3	< 2	80
2017	0,0056	1,4	< 2	80	0,0056	1,4	< 2	80
2018	0,0055	1,4	< 2	80	0,0054	1,3	< 2	80
2019	0,0058	1,4	< 2	80	0,0057	1,3	< 2	80
2020	0,0056	1,4	< 2	80	0,0058	1,3	< 2	80
2021	0,0058	1,3	< 2	80	0,0060	1,3	< 2	80
2022	0,0054	1,4	< 2	80	0,0056	1,5	< 2	80
TRY 2015 ø	0,0059	1,3	< 2	80	0,0061	1,3	< 2	80
TRY 2045 ø	0,0056	1,3	< 2	80	0,0057	1,2	< 2	80
TRY 2045 MAX	0,0057	1,6	< 2	80	0,0056	1,5	< 2	80
TRY 2045 ø	0,0064	1,4	< 2	80	0,0066	1,3	< 2	80
TRY 2045 ø	0,0062	1,4	< 2	80	0,0066	1,3	< 2	80
Mittelwert	0,0056	1,5		80	0,0057	1,4		80
Orientierungswert	<0,0450	< 12	≥ 2	70	<0,0450	< 12	≥ 2	70
	Entspricht trophischem Referenzzustand		Entspricht nicht trophischem Referenzzustand		Genügt dem Referenzwert (70 Punkte)			

* Mächtigkeit der sauerstoffarmen Wasserschicht (< 2 mg / l) über dem Seeboden im Verhältnis zur Maximaltiefe

10.2 Bewertung des Untersuchungsgewässers entsprechend den Qualitätsmerkmalen der OGewV (2016)

Die auf der Grundlage der OGewV (2016) abgeleiteten Qualitätsmerkmale wurden bereits im Kapitel 3.2 thematisiert und werden in diesem Zusammenhang nochmals in der Tabelle 10.3 dargestellt. Vorzugsweise ist der Seetyp 13 (Geschichteter Tieflandsee mit relativ kleinem Einzugsgebiet) als Referenzgewässer zugrunde zu legen, da Baggerseen in der Rheinebene ohne Fließgewässeranbindung eher einem See in der norddeutschen Tiefebene als im Mittelgebirgsbereich ähneln.

Tabelle 10.3: Qualitätskomponenten nach OGewV (2016)

Seetyp	Maximaler Trophiestatus	P-gesamt Saisonmittel [$\mu\text{g/l}$]	Sichttiefe Saisonmittel [m]
		Grenzbereich gut/mäßig	
13 k	mesotroph 1 (1,75)	20-35	3,5- 2,5

Hinsichtlich dieser Kriterien weist das Untersuchungsgewässer in Abhängigkeit vom Betriebsstatus (in Auskiesung / Auskiesung eingestellt) deutliche Unterschiede auf (vgl. Tabelle 10.4).

Im Fall der Solarvariante 1 beeinflusst die Auskiesungstätigkeit durch Freisetzung mineralischer Trübstoffe aus Schluffen und Tonen die Sichttiefe des Gewässers. Dadurch erhält der See nutzungsbedingt eine schlechtere Einstufung. Diese stellt aber nur eine zeitweilige, durch die Auskiesung verursachte Beeinträchtigung dar, die nach Beendigung der Auskiesung entfällt und nicht in Zusammenhang mit Beeinträchtigungen durch Algenmassenentwicklungen steht. Aus diesem Grunde kann dieses Merkmal während der Auskiesung nur eingeschränkt zur Gewässerbewertung herangezogen werden.

Bei der Solarvariante 2 erfolgt keine Verminderung der Wassertransparenz durch die Kiesgewinnung. Entsprechend günstiger fällt die Bewertung aus. Nach Einstellung der Auskiesung ist mit Sichttiefenwerten deutlich über 2,5 m zu rechnen.

Die Phosphorgehalte bleiben in beiden Solarvarianten sehr gering. Veränderungen gegenüber dem Vergleichszustand ohne Solarnutzung sind marginal.

Tabelle 10.4: Bewertung der allgemeinen chemisch-physikalischen Qualitätskomponenten nach OGewV (2016)

Modelljahr	Vergleichszustand		Solarvariante 1		Solarvariante 2	
	gesamt P mg/L	Sichttiefe* m	gesamt P mg/L	Sichttiefe* m	gesamt P mg/L	Sichttiefe m
2009	0,0070	1,74	0,0071	1,73	0,0071	>2,5
2010	0,0054	1,76	0,0056	1,76	0,0056	>2,5
2011	0,0049	1,82	0,0049	1,81	0,0049	>2,5
2012	0,0050	1,79	0,0051	1,78	0,0051	>2,5
2013	0,0056	1,73	0,0055	1,74	0,0055	>2,5
2014	0,0052	1,80	0,0053	1,81	0,0053	>2,5
2015	0,0049	1,76	0,0052	1,77	0,0052	>2,5
2016	0,0052	1,78	0,0052	1,76	0,0052	>2,5
2017	0,0056	1,80	0,0056	1,80	0,0056	>2,5
2018	0,0055	1,78	0,0054	1,79	0,0054	>2,5
2019	0,0058	1,78	0,0057	1,78	0,0057	>2,5
2020	0,0056	1,79	0,0058	1,79	0,0058	>2,5
2021	0,0058	1,78	0,0060	1,78	0,0060	>2,5

Bewertung der Maßnahmenauswirkungen nach EU-WRRL

Modelljahr	Vergleichszustand		Solarvariante 1		Solarvariante 2	
	gesamt P	Sichttiefe*	gesamt P	Sichttiefe*	gesamt P	Sichttiefe
	mg/L	m	mg/L	m	mg/L	m
2022	0,0054	1,77	0,0056	1,76	0,0056	>2,5
TRY 2015 ø	0,0059	1,74	0,0061	1,76	0,0061	>2,5
TRY 2045 ø	0,0056	1,78	0,0057	1,78	0,0057	>2,5
TRY 2045 MAX	0,0057	1,80	0,0056	1,79	0,0056	>2,5
TRY 2045 ø	0,0064	1,76	0,0066	1,78	0,0066	>2,5
TRY 2045 ø	0,0062	1,78	0,0066	1,79	0,0066	>2,5
Mittelwert (J)	0,0056	1,78	0,0057	1,78	0,0057	>2,5
Seetyp 13	≤ 0,035	> 2,5	≤ 0,035	> 2,5	≤ 0,035	> 2,5
		sehr guter Zustand/ Potential				
		Wegen mineralischer Trübung eingeschränkt, keine Indikatorfunktion				

*Die Qualitätskomponente Sichttiefe ist bei Gewässern in Auskiesung nur eingeschränkt nutzbar, da diese nicht ein Eutrophierungsmerkmal darstellt, sondern primär von der Freisetzung mineralischer Trübstoffe im Rahmen der Rohstoffgewinnung beeinflusst wird.

10.3 Zusammenfassende Bewertung der Maßnahmenauswirkungen für die einzelnen Qualitätskomponenten

Tabelle 10.5: Beurteilung der Maßnahmenauswirkungen nach EU-WRRL

Gegenstand	Beurteilung
Biologische Qualitätskomponenten	Aufgrund der geringen Vorhabensauswirkungen für die im Modell berechneten allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten ist auch von geringen Beeinflussungen der biologischen Qualitätskomponenten auszugehen.
Chemische Qualitätskomponenten	<p>In der Anlage werden für die Schwimmkörper Kunststoffe aus High-Density Polyethylen (HDPE/ PE-HD) benutzt. Diese gelten als lebensmittelecht und werden auch bei der Trinkwassergewinnung/Aufbereitung eingesetzt. Sie gelten als unbedenklich. Insofern lassen sich hieraus keine Belastungen ableiten.</p> <p>Bei den Metallgestellen kommen unterschiedliche Legierungen in Frage. Der Hersteller (Zimmermann PV-Floating) geht für die gesamte Anlage von einer Freisetzung je ha Anlage von ca. 1,5 kg/J*ha Zink aus. Die OGeV gibt als Zinkkonzentration im Sediment einen Wert von 800 mg/kg an, der nicht überschritten werden soll. Die Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV; Anlage 1, Tabelle 3) legt für Baggergut mit der Bodenart Lehm/Schluff als Hintergrundbelastung (BG-0) einen Wert von 150 mg/kg TS fest, der nicht überschritten werden sollte. In Bezug auf die Seefläche von 89,3 ha und einem Betrieb der Anlage von 30 Jahren ist mit einer mittleren autochthonen Sedimentbildungsrate von 10 bis 20 cm zu rechnen (vgl. BOOS 1998). Die Sedimentbildungsrate aus Feinmaterialablagerungen der Kieswäsche und damit der diesbezügliche Verdünnungseffekt in Auskiesung ist deutlich höher, soll aber hier nicht berücksichtigt werden.</p> <p>In dieser aus natürlichen Seebildungsprozessen gebildeten Sedimentauflage mischt sich das eluierte Zink bei. Bei 89,3 ha Seefläche und einer Sedimentmächtigkeit aus Neubildung von 0,15 m ergibt sich bei einer Lagerungsdichte von 1,3 t/m³ eine Menge von 174.135 t, die sich über 30 Jahre bildet. Nach Umrechnung der Einheiten ergibt sich damit eine mittlere Sedimentkonzentration von 3,25 mg/kg TS Zink für die Solarvariante. Bei der Planvariante 2 mit einer identischen Flächenbelegung (3,4 ha) und einer Seefläche von voraussichtlich 110 ha verringert sich der Wert entsprechend auf 0,88 mg/kg. Folglich entsteht bei keiner der Varianten eine Belastung des Sediments durch Zinkfreisetzung, wenn man diese Werte zur maximalen Hintergrundbelastung von 150 mg/kg TS in Beziehung setzt. Für die Solarvariante 1 ergibt sich aufgrund der um ein Vielfaches höheren Sedimentbildungsrate durch auskiesungsbedingte Feinmaterialumlagerung noch ein deutlich höheres Verdünnungspotential und damit erheblich geringere Konzentrationswerte.</p>

Zusammenfassende Darstellung der Vorhabensauswirkungen

<p>Hydromorphologische Qualitätskomponenten</p>	<p>Die Uferform nimmt eine maßgebliche Rolle bei der hydromorphologischen Bewertung von Untersuchungsgewässern ein. Verschattungseffekte, welche zu einer Beeinträchtigung der Unterwasservegetation führen können, sind auf Tiefenbereiche beschränkt, die ca. der 2,5-fachen Sichttiefe entsprechen. Bei einer für den Vergleichszustand und die Solarvariante 1 prognostizierten Sichttiefe von 1,78 m entspricht dies einem Tiefenbereich von 4,5 Metern Wassertiefe, der noch der trophogenen (durchlichteten) Zone zuzuordnen ist und Wasserpflanzenbestände (Makrophyten) aufweisen kann.</p> <p>Bei einer Uferneigung von 1:2,5 wird ab einer Uferentfernung von ca. 12,5 Metern eine Wassertiefe von mehr als 5 Metern erreicht, so dass sich hier für Vergleichszustand und Solarvariante keine Beschattungseffekte mehr auswirken können.</p> <p>Geht man nach Abschluss der Auskiesungstätigkeit von einer Zunahme der Sichttiefe auf 4-5 Metern und einer Ausdehnung der trophogenen Zone von 10-13 m aus, wird der von Unterwasservegetation weitgehend freie Bereich in einer Uferentfernung von 25-30 m erreicht.</p> <p>Im Rahmen des Vorhabens ist eine Mindestentfernung der Anlage zum Ufer von 40 m vorgesehen, so dass diesbezügliche vorhabenbedingte Effekte auf die Uferbereiche (Seelitoral) auszuschließen sind.</p>
<p>Allgemeine chemisch-physikalische Qualitätskomponenten</p>	<p>Aufgrund der geringen Vorhabensauswirkungen in Bezug auf die im Modell ermittelten allgemeinen chemisch-physikalische Qualitätskomponenten ergeben sich bezüglich dieser Parameter keine negativen Veränderungen der Wasserbeschaffenheit. Dies gilt insbesondere für den Temperatur-, Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sowie die Algenentwicklung.</p>

11 Zusammenfassung

Auf dem Baggersee Sandweier (Baggersee Nord) ist die Installation und der Betrieb einer schwimmenden Photovoltaik (SPV)-Anlage im Abgrabungsbereich der EKS Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG geplant. Der vorliegende Bericht erarbeitet die erforderlichen limnologischen und gewässerökologischen Unterlagen für die Genehmigungsprüfung zu Erstellung und Betrieb dieser Anlage. Neben der Darstellung möglicher Auswirkungen auf der Basis einer Literatursauswertung erfolgt eine Betrachtung und Einstufung der Veränderungen auf der Grundlage von Modellberechnungen auch unter Nutzung der für den unmittelbar benachbarten Baggersee Iffezheim der Kieswerk und Baustoff-Industrie Kern GmbH & Co. KG und der Peter Beton GmbH & Co. KG erstellten Ergebnissen einer umfangreichen Modellstudie (Boos 2023).

Das Untersuchungsgewässer weist derzeit bei einer Fläche von 89,3 ha und einer maximalen Tiefe von 31,3 m ein Volumen von 14,4 Mio. m³ auf. Durch die weitere Abgrabung wird sich der Seefläche bei identischer Maximaltiefe auf ca. 110 ha vergrößern. Das Volumen am Ende der Auskiesung ist noch nicht eindeutig bestimmbar, da einige der zur Auskiesung nutzbaren Flächen wegen einer PFC-Belastung der Oberböden geblockt sind.

Mit einem Ausmaß von 3,4 ha bleibt die SPV-Anlage weit unter der durch die WHG erlaubte Maximalüberdeckung von ca. 14 ha (15 %). Im Istzustand würden 3,8% der 89,3 ha umfassenden Seefläche überdeckt (Solarvariante 1). Nach der Vergrößerung des Sees durch die weitere Abgrabung (Genehmigungszustand) wird der Überdeckungsgrad auf ca. 3,1% zurückgehen (Solarvariante 1).

Der Wasserhaushalt des Sees wird durch das mit einem mittleren Gefälle von 1,43 ‰ zuströmende Grundwasser bestimmt. Die Grundwasserverweilzeit im See beträgt 5,06 Jahre im Istzustand und ca. 5,7 Jahre im Genehmigungszustand.

Die Beschreibung der aktuellen Wasserbeschaffenheit des Baggersees fußt auf einem Datenmaterial, das in den Jahren 2015 bis 2021 erhoben wurde. Zur Bewertung des Gewässerzustandes und der maßnahmenbedingten Auswirkungen für die Gewässergüte wurde auf die Angaben des Kiesleitfadens (LfU 2004) bzw. des diesbezüglich weitgehend deckungsgleichen Methodenhandbuchs (LfU 2005) sowie der OGeV (2016) zurückgegriffen. Als Orientierungswerte dienten die Kenngrößen für einen mesotrophen Status. Die Beurteilung der Cyanobakterien Problematik beruht auf den Empfehlungswerten des UBA (2015).

Temperaturhaushalt und Gewässerschichtung zeigen das typische Erscheinungsbild tiefer Baggerseen mit einer Temperaturschichtung in den sommerlichen Stagnationsphasen, die im Untersuchungsgewässer durch den betriebsbedingten Energieeintrag weniger stark abgeschwächt wird als in vergleichbaren Seen, und einer Volldurchmischung des Seewassers in den winterlichen Zirkulationsphasen. Die Sauerstoffgehalte des Seewassers erreichen in den Zirkulationsphasen hohe Werte bis zum Gewässergrund. In den Stagnationsphasen kommt es zu deutlichen Sauerstoffverlusten in der Tiefe, wobei teilweise ein Wert von 2 mg/l unterschritten wird. Für die elektrische Leitfähigkeit als Indikator für die Menge der im Wasser gelösten Ionen wurden mittlere, der geogenen Grundbelastung des Naturraums entsprechende Werte gemessen. Infolge der Stoffaufnahme in Pflanzenbiomasse (vor allem Algen) kommt es während der Vegetationsperiode zu einer Abnahme der Leitfähigkeitswerte in der oberen Wasserschicht und zu einer Zunahme in der untern Wasserschicht durch die Sedimentation abgestorbener Biomasse. Die Messwerte Sulfat, Chlorid, Hydrogencarbonat, Calcium, Magnesium, Silicium, Kalium und Natrium verweisen aber weder

im Hinblick auf die absoluten Konzentrationen noch bezüglich des tiefendifferenzierten Verteilungsmusters auf Gütedefizite im Untersuchungsgewässer.

Die derzeitigen Nährstoffgehalte des Seewassers sind sehr gering und indizieren einen nährstoffarmen Zustand im mesotrophen oder oligotrophen Bereich. Auch die Stickstoffkonzentrationen im Seewasser erreichten niedrige Werte. Gleiches gilt für die Gehalte des organischen Kohlenstoffs und die Chlorophyll-a Werte als Kenngrößen zur Darstellung der Algenentwicklung. Die Sichttiefenwerte werden derzeit durch den vom Baggerbetrieb verursachten Eintrag mineralischer Trübung vermindert und können nicht als Trophieindikator dienen. Die Biomasseanteile und Nährstoffgehalte im Sediment verwiesen auf ein geringes Belastungsniveau.

Insgesamt ist der gegenwärtige Gewässerzustand als gut zu bezeichnen.

Durch die Installation einer SPV-Anlage auf Seen ist mit Veränderungen zahlreicher Faktoren zu rechnen, die in drei Faktorenkomplexe gegliedert werden können. Unmittelbare und auch die stärksten Beeinflussungen ergeben sich durch Veränderungen der meteorologischen Wirkgrößen (= Faktorenkomplex 1): Globalstrahlung (Abschwächung durch SPV-Anlage), langwellige Rückstrahlung (Verstärkung), Windgeschwindigkeit (Abschwächung), Lufttemperatur (Verstärkung) und Dampfdruck (Verstärkung).

Einzelne Einflussfaktoren können die Auswirkungen anderer Einflussfaktoren abschwächen. So wird z.B. die Verringerung der Zirkulationsintensität infolge der stärkeren Windabschattung teilweise (oder auch ganz) durch den verminderten Wärmeeintrag (Globalstrahlung) und die damit verbundene Abnahme der Schichtungsstabilität kompensiert. Weitere maßnahmenverursachte Beeinflussungen der Wasserqualität können durch Freisetzung von Stoffen aus den Schwimmkörpern und den Solarmodulen, Antifouling oder Eintrag von Mikroplastik entstehen (Faktorenkomplex 2). Durch mittelbare bau-, anlagen- und betriebsbedingte Effekte sind Auswirkungen auf die Seewasserbeschaffenheit, das Besiedlungsbild und ggf. die Lebensraumtypen möglich (Faktorenkomplex 3). Dazu gehören unter anderem Veränderung des Sauerstoffaustauschs zwischen Seeoberfläche und Wasserkörper durch die Überdeckung, Beeinträchtigungen der Sediment- und Besiedlungsstruktur durch Verankerungssysteme (Schwoikreise) oder auch eine Beeinflussung der Emergenz von Insektenlarven (Chironomiden).

In Abhängigkeit von der jeweiligen morphologischen Ausgestaltung, der hydraulischen Anbindung oder dem Betriebsstatus der Baggerseen entstehen unterschiedlich starke Auswirkungen durch die Installation von SPV-Anlagen. Die höchste Empfindlichkeit ist bei flachen, grundwasserdominierten Seen ohne Auskiesungstätigkeit zu erwarten. Eine sehr geringe Empfindlichkeit weisen hingegen betriebene, grundwasserangebundene Baggerseen mit einer Wassertiefe von deutlich mehr als 10 m und ohne Fließgewässerzufluss auf, wie sie dem Typus des Untersuchungsgewässers entsprechen.

Bei der allgemeinen Darstellung und Quantifizierung maßnahmenverursachter Effekte im Rahmen einer Literaturlauswertung wurde die gesichtete Literatur in drei Kategorien gefasst:

1. Empirische Studien an bestehenden Gewässern mit Messungen der von SPV-Anlagen ausgehenden Effekte.
2. Modellstudien zu den erwartbaren Auswirkungen von SPV-Anlagen auf der Grundlage mathematischer Verfahren.

3. Eine Kombination von empirischen Erhebungen und Modellberechnungen, die eine Modell-Kalibrierung ermöglichen, um mittels des validierten Modells übertragbare Aussagen für unterschiedliche Seen mit verschiedenen Nutzungsintensitäten (Ausbau-stufen) machen zu können.

Voruntersuchungen zur Wasserbeschaffenheit und ein begleitendes Monitoring zu vorha-bensbedingten Einflüssen von SPV-Anlagen auf die Seewasserqualität sind derzeit noch eher die Ausnahme. Die im Folgenden zusammengefassten Angaben zu möglichen Erheb-lichkeitsschwellen werden häufig durch die zufällig gewählte Flächenausdehnung des je-weiligen Vorhabens bestimmt.

Aus der gesichteten Literatur können Erheblichkeitsschwellen in Bezug auf die Nutzung von SPV-Anlagen in Baggerseen für einen Überdeckungsgrad zwischen 25-40 % abgeleitet werden. Beeinträchtigungen des Sauerstoffhaushaltes und Belastungen durch Stofffreiset-zung aus den Solarmodulen wurden bis zu Überdeckungsgraden von 30 % nicht ermittelt. Veränderungen des Nährstoffhaushaltes und des Entwicklungspotentials von Algen und Cyanobakterien sind erst bei einer Überdeckung von mehr als 40% zu erwarten.

Numerische Angaben zur Veränderung der meteorologischen Wirkgrößen unter den Solar-paneeelen bewegen sich in Bezug auf die Globalstrahlung zwischen -73 und -97 %. Für den anlagenbedingten Rückgang der Windgeschwindigkeit findet sich Angaben zwischen -23 und -100 %. Generell ist davon auszugehen, dass die Temperatur des Seewassers infolge der verminderten Globalstrahlung abnimmt, während die Veränderungen der langwelligen Strahlung, der Windgeschwindigkeit und des Dampfdrucks unter den Solarpaneeelen eine Zunahme der Wassertemperatur bewirken. Für das Zirkulationsverhalten gilt entsprechend, dass der verminderte Wärmeeintrag durch die reduzierte Globalstrahlung die Schichtungs-stabilität vermindert und das Zirkulationsverhalten intensiviert, im Gegenzug aber die maß-nahmenbedingten Veränderungen der drei andern Wirkgrößen die Schichtungsstabilität wiederum erhöhen und die Zirkulation des Wasserkörpers abschwächen.

Zur Darstellung der maßnahmenverursachten Auswirkungen auf die Wasserqualität des Baggersees wurde eine Prognose der Qualitätsparameter Temperaturhaushalt und Zirkulati-onsverhalten, Sauerstoffhaushalt, Phosphor, Algenentwicklung, Cyanobakterienaufkom-men, Sichttiefe sowie Seeverdunstung und Wasserhaushalt in Bezug auf einen für das Planvorhaben repräsentativen Betrachtungszeitraum durchgeführt. Die Modellsimulation des Temperaturhaushaltes und Zirkulationsverhaltens erfolgte mit dem 1-D hydrodynamischen Modell DYRESM (Dynamic Reservoir Simulation Model), das für die Prognose der Wasserqualität mit dem Programm CAEDYM gekoppelt wurde. Die Grundlage für den An-trieb des Modells bildeten die meteorologischen Daten des Klimareferenzzeitraums ein-schließlich der durch Überdeckung mit Solarpaneeelen entstehende Veränderung der meteo-rologischen Wirkgrößen, die hydraulischen Kennwert des Untersuchungs-gewässers, die ex-ternen Stoffeinträge in den See durch den Grundwasserzufluss, die Sauerstoffzehrung des Seesediments und die Auswirkungen des Auskiesungsbetriebs.

Der Klimareferenzzeitraum umfasste einen historischen Referenzzeitraum auf Basis von Daten der DWD-Messstelle Rheinstetten mit den Klimareferenzwerten der Jahre 2009 bis 2022 und einen Zukunftsreferenzzeitraum, der die mit der Klimaveränderung einhergehen-de Erwärmung berücksichtigt und auf den Test-Referenz-Jahren (TRY) 2015 und 2045 des DWD fußt. Damit ist eine Übertragbarkeit der Daten auch auf einen längeren Zeitraum, zum Beispiel den der Anlagenlaufzeit (mindestens 30 Jahre) möglich. Zumal die Zukunfts-referenzdaten des Jahres TRY 2045 sich auf die Zeitspanne 2030-2060 beziehen.

Modellläufe zur Ermittlung von güterelevanten Auswirkungen der SPV-Anlage wurden für einen Vergleichszustand unter den Bedingungen des Istzustandes bei bestehender Baggertätigkeit (Vergleichszustand 1) durchgeführt, der die Entwicklung des Baggersees im Verlauf eines repräsentativen Prognosezeitraums ohne Solarnutzung simuliert und zur Erstellung von Bezugsgrößen für die Bewertung vorhabensverursachten Auswirkungen durch die Installation einer SPV-Anlage während der Auskiesungsphase (Solarvariante 1) dient. Zur Ermittlung der Auswirkungen durch die Solarvariante 2 wurden diese Ergebnisse unter Bezug auf Analogien zu Modellergebnissen für das benachbarte Gewässer Baggersees Süd genutzt. Insbesondere im Hinblick auf die noch ungewisse Flächenausdehnung des Untersuchungsgebäwes im Genehmigungszustand dürften mit dieser Vorgehensweise zutreffende Ergebnisse zu erreichen sein. Zusätzlich wurden aber Modellläufe zur Ermittlung der Auswirkungen durchgeführt, die infolge des Wegfalls der betriebsbedingten Beeinflussungen für den Temperatur- und Sauerstoffhaushalt entstehen. Demnach ergeben sich zwei Variantenprüfungen:

- Variantenprüfung 1: Veränderungen der Güteparameter durch die Umsetzung der Solarvariante 1 (= Überdeckungsgrad von 3,8%) bei bestehender Auskiesung unter den morphologischen Bedingungen des Istzustandes.
- Variantenprüfung 2: Veränderungen der Güteparameter durch die Umsetzung der Solarvariante 2 (= Überdeckungsgrad von 3,1%) nach Abschluss der Auskiesung unter den morphologischen Bedingungen des Genehmigungszustandes.

Als Ergebnis der beiden Variantenprüfungen ist festzustellen, dass für keinen der untersuchten Parameter relevante vorhabensbedingte Verschlechterungen der Gewässerqualität ausgewiesen wurden. Von nennenswerten Veränderungen infolge des Klimawandels ist ebenfalls nicht auszugehen.

Auch nach dem Ende der Auskiesung wird der See sowohl bei Solarnutzung als auch ohne diese vollständig zirkulieren. Die geringe Nährstoffbelastung des Sees und der niedrige Trophiestatus bleiben erhalten, so dass mit einem güterelevanten Anstieg des derzeit schwachen Besiedlungspotentials für Algen und Cyanobakterien nicht zu rechnen ist. Der Sauerstoffhaushalt im tiefen Hypolimnion zeigt allerdings Beeinträchtigungen durch deutliche Sauerstoffverluste während kurzer Zeitabschnitte in der sommerlichen Stagnationsphase. Dieses Phänomen ist bereits im Istzustand vorhanden und erfährt durch die Solarnutzung keine Verstärkung, so dass daraus kein Argument gegen die Installation der SPV-Anlage abgeleitet werden kann.

Während der Auskiesung bleiben die Sichttiefenwerte infolge des Eintrags mineralischer Feinmaterialien auch nach der Teilüberdeckung mit Solarmodulen gering. Nach der Stilllegung des Baggersees werden sich hohe Sichttiefenwerte einstellen, die durch die Umsetzung der Solarvariante 2 keine Einschränkung erfahren.

Die seetypische Verdunstung über die Seefläche wird infolge der Teilüberdeckung zurückgehen. Dies verursacht eine Erhöhung der Grundwasserneubildung und ist als positiver Effekt, insbesondere im Hinblick auf die künftige Erwärmung durch den Klimawandel, anzusehen.

Eine Bewertung der Maßnahmenauswirkungen nach EU-WRRL ergab unter Bezug auf die biologischen und die allgemeinen chemisch-physikalischen Qualitätskomponenten nach OGeWV (2016) einen leitbildkonformen Zustand für die Qualitätskomponenten Gesamtphosphor und Chlorophyll-a. Den Anforderungen an die Sauerstoffgehalte im Hypolimnion entsprach das Untersuchungsgebäwes aber nicht, wobei wiederum darauf hinzuweisen ist,

dass sich für diesen Parameter durch die die Installation der SPV-Anlage keine Verschlechterung ergibt. In Bezug auf den Mittelwert der drei Qualitätskomponenten erreicht das Untersuchungsgewässer 80 Punkte und entspricht damit dem geforderten trophischer Referenzzustand für einen mesotrophen Status von mindestens 70 Punkten.

Beeinträchtigungen der chemischen Qualitätskomponenten entstehen durch die zum Anlagenbau verwendeten Materialien nicht. Auch die hydromorphologischen Qualitätskomponenten werden nicht negativ beeinflusst, da die Mindestentfernung der Anlage vom Ufer 40 m beträgt, so dass aufgrund der hohen Wassertiefe unter der Anlage Beeinträchtigung der Unterwasservegetation durch Verschattungseffekte auszuschließen sind.

12 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1.1: DAS UNTERSUCHUNGSGEWÄSSER UND DER BENACHBARTE BAGGERSEE SÜD	4
ABBILDUNG 2.1: DARSTELLUNG DER SCHWIMMENDEN PV-ANLAGE AUF DEM UNTERSUCHUNGSGEWÄSSER (ABBILDUNGSGRUNDLAGE ARGUPLAN).....	5
ABBILDUNG 4.1: FLÄCHENKURVEN IM ISTZUSTAND.....	10
ABBILDUNG 4.2: VOLUMENKURVE IM ISTZUSTAND	11
ABBILDUNG 5.1: TIEFENPROFILE DER WASSERTEMPERATUR.....	14
ABBILDUNG 5.2: TIEFENPROFILE DER SAUERSTOFFGEHALTE	15
ABBILDUNG 5.3: TIEFENPROFILE DER ELEKTRISCHEN LEITFÄHIGKEIT.....	16
ABBILDUNG 6.1: VERÄNDERUNG DER WASSERTEMPERATUR UND GEWÄSSERSCHICHTUNG DURCH SOLARMODULE (ABB. AUS EXLEY ET AL. 2021)	23
ABBILDUNG 6.2: AUSBREITUNG DER GEWÄSSERTRÜBUNG IN EINEM BAGGERSEE DER OBERRHEINEBENE (FOTO BOOS) 25	
ABBILDUNG 6.3: UNTERSUCHUNG DER VORHABENAUSWIRKUNGEN AM BOMHOFSPLAS SEE IN ZWOLLE (DE LIMA ET AL. 2021).	26
ABBILDUNG 6.4: TEICHLINSENÜBERDECKUNGEN AN DER UNTEREN GROOV (BILDVORLAGE GOOGLE)	26
ABBILDUNG 6.5: DIREKTER AUSWIRKUNGSBEREICH DER BAGGERTÄTIGKEIT IN EINEM BAGGERSEE	27
ABBILDUNG 6.6: VERTEILUNG MINERALISCHER TRÜBUNG IM PETERSEE BEI ACHERN DURCH AUSGLEICHSTRÖMUNGEN ÜBER DEN UNMITTELBAREN EINWIRKUNGSBEREICH HINAUS (LUFTBILD BOOS 2006).....	28
ABBILDUNG 6.7: SCHWIMMENDE PHOTOVOLTAIK-ANLAGE AUF DEM TENGEH RESERVOIR IN SINGAPUR (BILD: YANG ET AL. 2022)	36
ABBILDUNG 6.8: AUSWIRKUNGEN AUF DIE TEMPERATURWERTE DURCH SOLARFLÖßE (YANG ET AL. 2021)	37
ABBILDUNG 6.9: EINFLUSS DER EXPOSITION EINER SPV-ANLAGE AUF DEN WASSERSTAND (STOWA 2018).....	39
ABBILDUNG 7.1: ABHÄNGIGKEIT DES SAUERSTOFFHAUSHALTES VON DEN EINZELKOMPARTIMENTEN (ABB. AUS HIPSEY ET AL. 2006).....	43
ABBILDUNG 7.2: VERLAUF DER O ₂ -ZEHRUNGSRATEN BEI UNTERSCHIEDLICHEM BEWUCHS (T 20°C) NACH TGL 27 885/04.....	50
ABBILDUNG 7.3: WASSERUMWÄLZUNG IM TAGESBETRIEB (12 H)	52
ABBILDUNG 7.4: TEMPERATURSIMULATION DER VARIANTENPRÜFUNG 1 (TAGESWERTE).....	54
ABBILDUNG 7.5: TEMPERATURWERTE DER VARIANTENPRÜFUNG 1 IN UNTERSCHIEDLICHEN TIEFENSTUFEN.....	55
ABBILDUNG 7.6: SAUERSTOFFSIMULATION DER VARIANTENPRÜFUNG 1 (TAGESWERTE).....	56
ABBILDUNG 7.7: SAUERSTOFFWERTE DER VARIANTENPRÜFUNG 1 IM EPILIMNION (3 M WASSERTIEFE).....	57
ABBILDUNG 7.8: SAUERSTOFFWERTE DER VARIANTENPRÜFUNG 1 IM HYPOLIMNION	58
ABBILDUNG 7.9: PHOSPHORSIMULATION DER VARIANTENPRÜFUNG 1	59
ABBILDUNG 7.10: PHOSPHORGEHALTE IM EPILIMNION (3 M WT) FÜR DIE VARIANTENPRÜFUNG 1 UNTER BEZUG AUF DIE LEITBILDKONFORMEN ORIENTIERUNGSWERTE.....	60
ABBILDUNG 7.11: CHLOROPHYLL-A SIMULATION DER VARIANTENPRÜFUNG 1.....	61
ABBILDUNG 7.12: CHLOROPHYLL-A GEHALTE IN DER TROPHOGENEN ZONE (WT=0-12 M) FÜR DIE VARIANTENPRÜFUNG 1 UNTER BEZUG AUF DEN OLIGOTROPHEN ORIENTIERUNGSWERT	62
ABBILDUNG 7.13: SIMULATION DER CYANOBAKTERIENDICHTE IN DER TROPHOGENEN ZONE (WT=0-8 M) IN DER VARIANTENPRÜFUNG 1	63
ABBILDUNG 7.14: SIMULATION DER SICHTTIEFENWERTE IN DER VARIANTENPRÜFUNG 1.....	64
ABBILDUNG 7.15: VERDUNSTUNG UND NIEDERSCHLAG IN DER VARIANTENPRÜFUNG 1	65
ABBILDUNG 7.16: TEMPERATURSIMULATIONEN BEI BESTEHENDER AUSKIESUNG (LINKS) UND NACH DEREN ABSCHLUSS (RECHTS) IN TAGESWERTEN.....	67

ABBILDUNG 7.17: SAUERSTOFFSIMULATIONEN BEI BESTEHENDER AUSKIESUNG (LINKS) UND NACH DEREN ABSCHLUSS
(RECHTS) IN TAGESWERTEN..... 68

ABBILDUNG 10.1: SCHEMA ZUR BEURTEILUNG DES BETRIEBENEN ABGRABUNGSGEWÄSSERS NACH EU-WRRL 73

13 Tabellenverzeichnis

TABELLE 2.1: MORPHOLOGISCHE KENNWERTE DES BAGGERSEES UND ÜBERDECKUNGSGRAD DURCH DIE SPV-ANLAGE 6	
TABELLE 3.1: QUALITÄTSKOMPONENTEN NACH LFU (2004) UND LFU (2005)	7
TABELLE 3.2: QUALITÄTSKOMPONENTEN NACH OGEV (2016)	8
TABELLE 3.3: WARNSTUFEN DES UBA (2015) ZUR BEURTEILUNG DER BLAUALGENENTWICKLUNG IN BADEGEWÄSSERN	9
TABELLE 4.1: MORPHOLOGISCHE KENNWERTE DES BAGGERSEES	10
TABELLE 4.2: WASSERVERWEILZEITEN DES BAGGERSEES AUF BASIS HYDRAULISCHER KENNWERTE (STATIONÄR).....	12
TABELLE 4.3: GRUNDWASSERZUSTROM UND WASSERVERWEILZEIT	12
TABELLE 5.1: DATENERHEBUNGEN ZUM GEWÄSSERZUSTAND DES BAGGERSEES	13
TABELLE 5.2: VERTEILUNG AUSGESUCHTER IONEN IM SEEWASSER	17
TABELLE 5.3: PHOSPHORGEHALTE IM SEEWASSER	19
TABELLE 5.4: STICKSTOFFGEHALTE IM SEEWASSER	19
TABELLE 5.5: WEITERE INDIKATORWERTE DES NÄHRSTOFFHAUSHALTES IM SEE	20
TABELLE 5.6: NÄHRSTOFFGEHALTE IM SEDIMENT DES BAGGERSEES	20
TABELLE 5.7: ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DES GEWÄSSERZUSTANDES	21
TABELLE 6.1: VORHABENSBEDINGTE BEEINFLUSSUNG METEOROLOGISCHER WIRKGRÖßEN	24
TABELLE 6.2: VERÄNDERUNG VON BESCHAFFENHEITSKENNWERTE BEI TEILWEISER ÜBERDECKUNG MIT TEICHLINSEN	27
TABELLE 6.3: EMPFINDLICHKEIT UNTERSCHIEDLICHER BAGGERSEETYPEN GEGENÜBER DER INSTALLATION EINER SPV- ANLAGE	29
TABELLE 6.4: AUSWERTUNG EINER LITERATURQUELLE (BEISPIEL).....	31
TABELLE 6.5: GEGENÜBERSTELLUNG DES WÄRMEHAUSHALTES DER OFFENEN UND DER DURCH SOLARFLÖßE ÜBERDECKTEN WASSERFLÄCHE IM TENGEH RESERVOIR (DATEN AUS YANG ET AL. 2021)	38
TABELLE 6.6: VERÄNDERUNG METEOROLOGISCHER WIRKGRÖßEN DURCH NATÜRLICHE ÜBERDECKUNG DER SEE OBERFLÄCHE.....	39
TABELLE 6.7: VORHABENSBEDINGTE AUSWIRKUNGEN AUF DIE SEEWASSERBESCHAFFENHEIT (LITERATURANGABEN) .	40
TABELLE 6.8: VORHABENSBEDINGTE BEEINFLUSSUNG METEOROLOGISCHER WIRKGRÖßEN (LITERATURANGABEN).....	41
TABELLE 7.1: PROGNOSESZENARIEN.....	42
TABELLE 7.2: MODELLKONSTANTEN	44
TABELLE 7.3: KLIMAKENNWERTE DER MODELLJAHRE UND REFERENZZEITRÄUME	45
TABELLE 7.4: VORHABENS AUSWIRKUNGEN AUF DIE WIRKGRÖßEN DES FAKTORENKOMPLEXES 1	46
TABELLE 7.5: VERÄNDERUNGEN DER METEOROLOGISCHEN WIRKGRÖßEN DURCH DIE SPV-ANLAGE (Ø 19 MODELLJAHRE).....	47
TABELLE 7.6: HYDRAULISCHE ANBINDUNG DES SEES IN DEN BEIDEN UNTERSUCHTEN ZUSTÄNDEN	48
TABELLE 7.7: UNTERSUCHTE GRUNDWASSERMESSSTELLEN	48
TABELLE 7.8: CHEMISCH-PHYSIKALISCHE BESCHAFFENHEIT DES GRUNDWASSERS IM ZUSTROM DES UNTERSUCHUNGSGEWÄSSERS	49
TABELLE 7.9: BEURTEILUNG DER MODELLGENAUIGKEIT IN BEZUG AUF DIE EINZELNEN GÜTEPARAMETER	53
TABELLE 7.10: KENNWERTE VON VERGLEICHSZUSTAND UND SOLARVARIANTE (VARIANTENPRÜFUNG 1).....	53
TABELLE 7.11: WASSERTEMPORATUREN IM EPILIMNION UND ÜBER GRUND FÜR DIE VARIANTENPRÜFUNG 1	55
TABELLE 7.12: SAUERSTOFFGEHALTE IM EPILIMNION (3 M WASSERTIEFE) FÜR DIE VARIANTENPRÜFUNG 1.....	57
TABELLE 7.13: SAUERSTOFFGEHALTE IM HYPOLIMNION FÜR DIE VARIANTENPRÜFUNG 1	58

TABELLE 7.14: STATISTISCHE LAGEPARAMETER DER PROGNOSTIZIEREN PHOSPHORGEHALTE DER VARIANTENPRÜFUNG 1 IM EPILIMNION	60
TABELLE 7.15: STATISTISCHE LAGEPARAMETER DER PROGNOSTIZIEREN CHLOROPHYLL-A WERTE FÜR DIE VARIANTENPRÜFUNG 1	62
TABELLE 7.16: STATISTISCHE LAGEPARAMETER DER PROGNOSTIZIEREN SICHTTIEFENWERTE FÜR DIE VARIANTENPRÜFUNG 1	64
TABELLE 7.17: NIEDERSCHLAG, VERDUNSTUNG UND GRUNDWASSERNEUBILDUNG IN DER VARIANTENPRÜFUNG 1	65
TABELLE 7.18: KENNWERTE DER IN VARIANTENPRÜFUNG 2 UNTERSUCHTEN VARIANTEN.....	66
TABELLE 7.19: WASSERTEMPERATUREN IM EPILIMNION (3M TIEFE) UND ÜBER GRUND FÜR DIE VARIANTENPRÜFUNG 2	67
TABELLE 7.20: PHOSPHOR, CHLOROPHYLL-A, CYANOBAKTERIEN UND SICHTTIEFE IN DER VARIANTENPRÜFUNG 2	69
TABELLE 9.1: ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG VORHABENSBEDINGTER AUSWIRKUNGEN	71
TABELLE 10.1: QUALITÄTSKOMPONENTEN NACH LFU (2004) UND LFU (2005)	74
TABELLE 10.2: BEWERTUNG DER ALLGEMEINEN CHEMISCH-PHYSIKALISCHEN QUALITÄTSKOMPONENTEN NACH LFU (2004) UND LFU (2005).....	75
TABELLE 10.3: QUALITÄTSKOMPONENTEN NACH OGEWV (2016)	76
TABELLE 10.4: BEWERTUNG DER ALLGEMEINEN CHEMISCH-PHYSIKALISCHEN QUALITÄTSKOMPONENTEN NACH OGEWV (2016)	76
TABELLE 10.5: BEURTEILUNG DER MAßNAHMEN AUSWIRKUNGEN NACH EU-WRRL.....	78

14 Literaturverzeichnis

- Bax V. et al. (2022): Floating photovoltaic pilot project at the Oostvoornse lake: Assessment of the water quality effects of three different system designs. Department of Technology, Water & Environment. Energy Reports 9 (2023) 1415–1425. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.12.080>
- Bertling, J. et al. (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik Umsicht (hrsg.), Oberhausen, Juni 2018)
- Boos, K.-J. (2023): Auswirkungen durch die Anlage und den Betrieb einer schwimmenden PV-Anlage auf die Quarzsand- und Quarzkies-Abbaustätte Iffezheim der Kieswerk und Baustoff-Industrie Kern GmbH & Co. KG), unveröffentlichter Bericht
- Boos, K.-J. (2022): Auswirkungen durch die Anlage und den Betrieb einer schwimmenden PV-Anlage auf dem Baggersee Langenbrücken (Fa. Philipp & Co. KG), unveröffentlichter Bericht
- Boos, K.-J. (2021): Limnologisches und hydrogeologisches Gutachten zur Bewertung der geothermischen Nutzung des Lichtenbroicher Baggersees), unveröffentlichter Bericht
- Boos, K.-J. (1998): Zustandsbeschreibung und Restaurierungsvorschläge für den Aalkistensee bei Maulbronn, unveröffentlichter Bericht, erstellt im Auftrag der BNL-Karlsruhe
- Chorus, I. et al. (2011): Oligotrophication of Lake Tegel and Schlachtensee, Berlin - Analysis of system components, causalities and response thresholds compared to responses of other waterbodies, UBA Texte 45/2011, <http://www.uba.de/uba-info-medien-e/4144.html>.
- De Lima, R.L.P et al. (2021): In-Situ Water Quality Observations under a Large-Scale Floating Solar Farm Using Sensors and Underwater Drones. Sustainability 2021, 13, 6421. <https://doi.org/10.3390/su13116421>
- ErsatzbaustoffV: Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung), Version v. 13.7.2023
- Essak.L & A. Ghosh (2022): Floating Photovoltaics: A Review. Clean Technol. 2022, 4, 752–769. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol4030046>
- Exley, G. et al. (2021): Floating photovoltaics could mitigate climate change impacts on water body temperature and stratification. Solar Energy 219 (2021) 24–33
- Haas, J. et al. (2020): Floating photovoltaic plants: Ecological impacts versus hydropower T operation flexibility. *Energy Conversion and Management* Volume 206, 15 February 2020, 112414. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112414>
- 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. Masters thesis. Universität Stuttgart

- Ilgen, K. (2021): Der Einfluss eines schwimmenden Solarkraftwerks auf die Thermik und Ökologie eines Baggersees. Masterarbeit im Fach Hydrologie der Universität Freiburg in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme.
- LAWA-AO (2017): Rakon VI Bewertung des ökologischen Potenzials- Seen. LAWA- Arbeitsprogramm Flussgebietsbewirtschaftung. Fortschreibung des Produktdatenblatts 2.6.1. Bund/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“
- Lewis, D.M. et al. (2001): Numerical simulation of surface mixers used for destratification of reservoirs, International Congress on Modelling and Simulation, MODSIM 2001, 311-317
- 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.
- LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2005): Methodenband - Bestandsaufnahme der WRRL in Baden-Württemberg
- LGRB (2001): Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (Hrsg.) Wechselwirkungen zwischen Baggerseen und Grundwasser (Informationen 10), Freiburg
- Mathijssen, D. et al. (2020): Water Practice & Technology Vol 15 No 3. doi: 10.2166/wpt.2020.062. <http://iwaponline.com/wpt/article-pdf/15/3/807/745404/wpt0150807.pdf>
- Niemeyer, R. (1978): Hydrologische Untersuchungen an Baggerseen und Alternativen der Folgenutzung, Mitt. des Inst. f. Landwirtschaftl. Wasserbau der Univ. Bonn 1978
- Özkundakci, D. et al. (2011): Modelling the response of a highly eutrophic lake to reductions in external and internal nutrient loading, New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 45:2, 165-185, DOI: 10.1080/00288330.2010.548072
- OGewV (2016): Verordnung zum Schutz von Oberflächengewässern (Oberflächengewässerverordnung) vom 20. Juni 2016
- Stowa (2018): Handreiking voor vergunningverlening drijvende zonnenparken op water . Rapport 2018 / 73.
- TGL 27 885/04 (1985): Fachbereichsstandart, Nutzung und Schutz der Gewässer, Stehende Binnengewässer – Wassergütebewirtschaftung wasserwirtschaftlicher Speicher, Leipzig: Verlag für Standardisierung, 6 S.
- TrinkwV (2001): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV 2001)
- UBA (2015): Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien-Toxinen. Bundesgesundheitsbl 2015· 58: 908–920 DOI 10.1007/s00103-015-2192-8 Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015
- Yang, P et al. (2021): Radiation and energy budget dynamics associated with a floating photovoltaic system. Water Research 206 (2021) 117745

Yang, P et al. (2022): Impacts of a floating photovoltaic system on temperature and water quality in a shallow tropical reservoir. *Limnology* (2022) 23:441–454
<https://doi.org/10.1007/s10201-022-00698-y>

**Auswirkungen durch die Anlage und den Betrieb
einer schwimmenden PV-Anlage auf dem
Baggersee Sandweier
der EKS Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG**

—

**Mögliche Effekte auf den vorkommenden Fisch- und
Wasserpflanzenbestand**



angefertigt für die Firma

EKS Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG
Nelkenstr. 14
76532 Baden-Baden

angefertigt von

Pätzold- Gewässerökologie
Frank Pätzold, Diplom - Biologe
Winzerstr. 50, 76532 Baden-Baden



Inhalt

1. Veranlassung und Vorhabensbeschreibung	3
2. Grundlagen und Methoden	4
2.1 Bearbeitung der Fischfauna	4
2.2 Bearbeitung Wasserpflanzen	5
3. Allgemeine Beschreibung	6
3.1 Limnologische Rahmenbedingungen	7
3.2 Schutzgebietskulisse	8
3.3 Zu erwartende Auswirkungen	9
4. Ergebnisse	10
4.1 Strukturen im Baggersee	10
4.2 Zum Fischbestand	11
4.3 Wasserpflanzenaufkommen	14
5. Schutzgutbezogene Leitbilder/Zielsysteme	17
6. Bewertung des betroffenen Lebensraums	18
6.1 Fische	18
6.2 Wasserpflanzen	16
7. Vorbelastung	19
8. Auswirkungen des Vorhabens	20
8.1 Einschätzung nach BGL (2023)	20
8.2 Einschätzung zum Einfluss auf die submerse Vegetation und den Fischbestand	19
9. Maßnahmen zur Minimierung und Kompensation	22
9.1 Minimierung	22
9.2 Kompensation	23
10. Zusammenfassung	23
11. Literatur	24
12. Anhang	27

1. Veranlassung und Vorhabensbeschreibung

Die EKS Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG plant die Installation einer schwimmenden Photovoltaik Anlage mit 3,4 ha Fläche auf dem Baggersee bei Sandweier. Der vorliegende Bericht betrachtet die möglichen limnologischen und gewässerökologischen Veränderungen für den vorhandenen Fisch- und Wasserpflanzenbestand auf Grundlage vorhandener Daten.

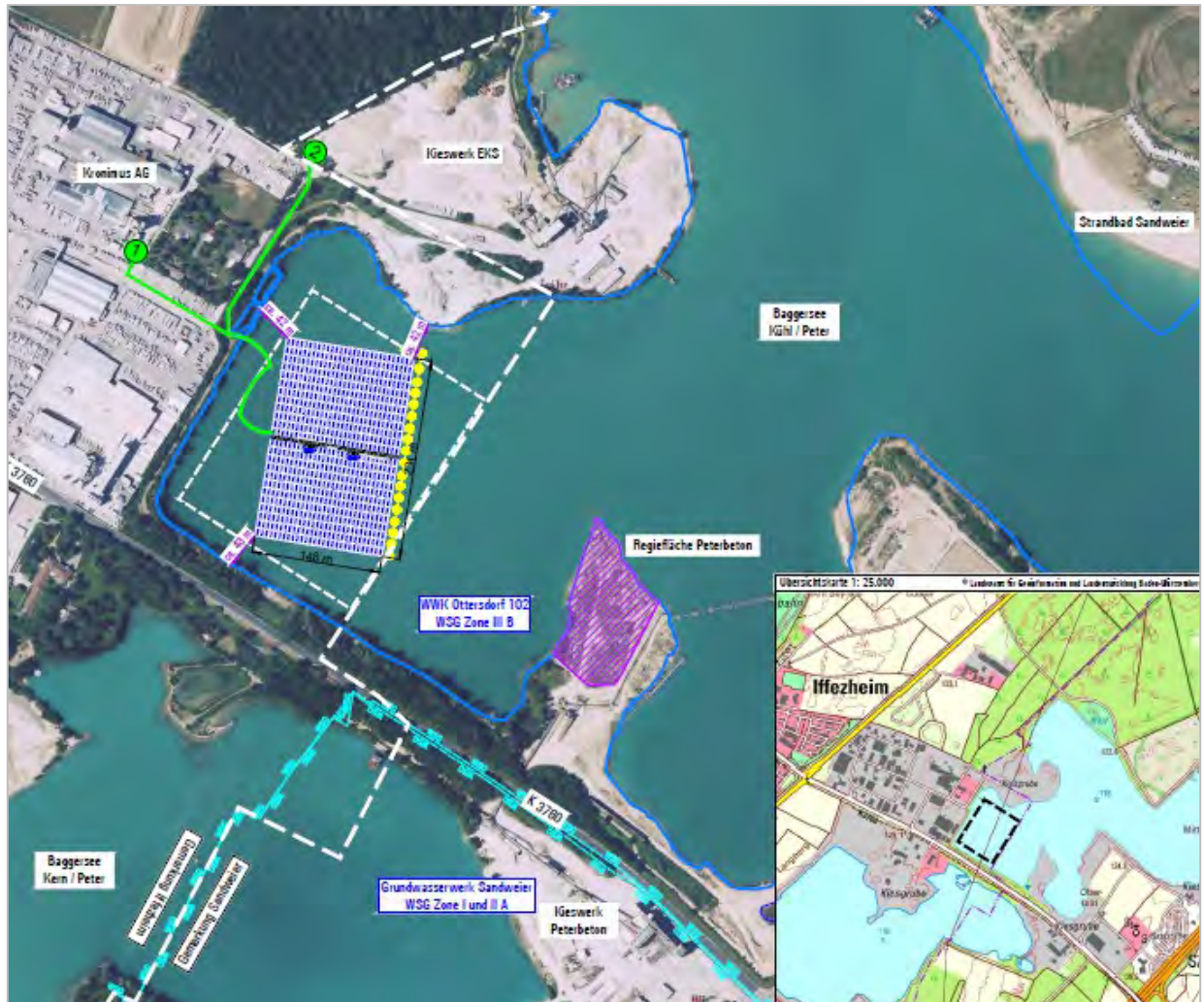


Abbildung 1: Lage der geplanten PV-Anlage (Quelle: arguplan GmbH)

Aktuell beträgt die Seefläche 89,3 ha und die maximale Tiefe 31,3 m. Mit Erreichen des bisher genehmigten Zustands wird sich die Seefläche auf ca. 110 ha vergrößern. Die maximale Tiefe überschreitet dabei 31,3 m nicht.

Die Ausbringung der schwimmenden Solarmodule (Anlagenfläche 3,4 ha) verursacht eine weitgehende Abschattung der Seeoberfläche im Expositionsbereich und belegt etwa 3,8 % der aktuellen Seefläche sowie 3,1 % der künftigen Seefläche von 110 ha.

2. Grundlagen und Methoden

Um den Einfluss des Eingriffs auf die Fischpopulation und die aquatische Flora abschätzen zu können, muss der vorhandene Lebensraum auf seine für Fische und die submersen Makrophyten (Wasserpflanzen) wichtigen ökologisch relevanten Habitateigenschaften sowie der Bestand an Fischen und Wasserpflanzen erhoben werden. Die Grundlage stellen die limnologischen Begleitgutachten des Büros BGL (2023) sowie die Erhebungen von PÄTZOLD (2011-2019) dar.

2.1 Bearbeitung der Fischfauna

Zur Bearbeitung der Fischfauna dienen zur Verfügung gestellte Daten des ASV Sandweier e.V. (2023) sowie frühere Untersuchungen von PÄTZOLD (2019). Die im Kühlsee vorkommenden Arten wurden ökologischen Gruppen (Gilden) zugeordnet, bei der folgende zwei allgemein anerkannte Einteilungen herangezogen wurden.

Die Arten wurden folgenden Gruppierungen zugeordnet:

Ökologische Gruppierung der Arten

Die nach BALON (1975, 1985, 1991) entwickelte Klassifizierung hinsichtlich der Reproduktionsbiologie (reproductive guilds) der Arten, berücksichtigt die Nutzung bestimmter Laichsubstrate, die Form der Eiablage usw. Meistens wird diese Gilden-Einteilung dazu verwendet, die Bevorzugung eines bestimmten Laichsubstrates zu kennzeichnen. Dabei werden folgende Gruppen unterschieden:

- ***lithophile Arten*** = Arten, die auf kiesigem Substrat ablaichen (Kieslaicher). Typische bei uns vorkommende Arten sind z.B. Barbe, Nase und Hasel.
- ***phyto-lithophile Arten*** = Arten, die sowohl auf sandigem, kiesig-steinigem als auch auf pflanzlichem Substrat oder auf Holz ablaichen. Diese Arten sind recht indifferent (unspezifisch) in der Wahl ihres Laichsubstrates. Typische Vertreter dieser Gruppe sind Rotaugen, Flussbarsch und Zander.
- ***phytophile Arten*** = Arten, die auf pflanzlichem Substrat (submerse und emerse Vegetation, überflutete terrestrische Vegetation) ablaichen und speziell daran angepasst sind. Hecht, Wildkarpfen, Schleie und Rotfeder sind typische Vertreter dieser Gruppe.
- ***psammophile Arten*** = Arten, die auf sandigem Substrat ablaichen, z.B. Gründling und Bachschmerle.
- ***ostracophile Arten*** = Arten, die ihre Eier in die Kiemen von Muscheln legen, z.B. Bitterling
- ***speleophile Arten*** = Arten, die in Höhlungen laichen z.B. die Groppe

In dieser Einteilung werden die Fischarten hinsichtlich ihrer Nutzung von Habitaten im Flusssystem folgendermaßen gruppiert:

- ***rhithrale Arten*** = Arten, die wenigstens bei der Reproduktion an sauerstoffreiche, sommerkalte Gewässer des Rhithrals gebunden sind.
- ***rheophile Arten (A)*** = strömungsliebende Arten, deren gesamter Lebenszyklus im Fluss abläuft.
- ***rheophile Arten (B)*** = strömungsliebende Arten, die phasenweise an strömungsberuhigte Nebengewässer gebunden sind.

- ***eurytopye Arten*** = Arten, die anpassungsfähig sind und sich strömungsindifferent verhalten. Sie können ein großes Spektrum von Habitaten besiedeln. (entspricht indifferent)
- ***stagnophile Arten*** = Arten deren gesamter Lebenszyklus in stehenden und vegetationsreichen (Auen-) Gewässern abläuft.

Die Lebensräume und ihre fischrelevanten Strukturen (Substrat, Wasserpflanzenbestände, Totholz, Flachwasserbereiche) wurden im See während der Presslufttauchgänge und einer Bootsbefahrung erfasst.

2.2 Bearbeitung der Wasserpflanzen

Die Beurteilung der Makrophyten-Vegetation basiert auf bereits vorhandenen Daten. So fand am 19.8.2019 eine Tauchkartierung entlang von 5 Transekten im See statt (s. PÄTZOLD 2019). Die Untersuchung erfolgte in Anlehnung an das Verfahren zur Erfassung des Makrophytenindex (MELZER & SCHNEIDER 2001) in Tiefenstufen von 0-1 m, 1-2 m, 2-4 m sowie 4 m und tiefer (hier wurde die Bearbeitung in 2 m Schritten bis zur „Unteren Makrophytengrenze“ beibehalten).

Einen entscheidenden Einfluss auf die Besiedlung der Gewässer hat die Nährstoffverfügbarkeit. Im Vergleich zur limnologischen Analytik über dem tiefsten Punkt, zeigen Wasserpflanzenbestände die Gegebenheiten in ihrem Siedlungsbereich auf. Sie differenzieren aufgrund ihrer artspezifischen Ansprüche Ufer- (Litoral-) abschnitte.

Mit Hilfe ausgewählter Indikatorarten werden so eine abschnittsweise sowie eine Gesamtindizierung der Nährstoffsituation der Baggerseen ermöglicht. Die dafür notwendigen vegetationskundlichen Kartierungen werden durch zusätzliche gewässermorphologische und abiotische Daten ergänzt und die Auswirkungen der aktuellen Nutzung festgehalten.

Innerhalb der Kartierungsabschnitte wurde das Vorkommen jeder Art nach einer fünfstufigen Bewertungsskala geschätzt. Es handelt sich hierbei um die Feststellung des Deckungsgrades (entspricht der Pflanzenmenge) der Individuen. Der Begriff Pflanzenmenge wurde von TÜXEN & PREISING 1942 für die pflanzensoziologische Aufnahme von Wasser- und Sumpfpflanzengesellschaften beschrieben und kombiniert die Abundanz mit dem Deckungsgrad.

- 1 = sehr selten, Einzelfunde
- 2 = selten
- 3 = verbreitet
- 4 = häufig
- 5 = sehr häufig, flächendeckend

Diese an Braun-Blanquet angelehnte Methode kombiniert die Abundanzschätzung mit der Feststellung des Deckungsgrades der Einzelarten. Hierfür wurde der Begriff „Pflanzenmenge“ geprägt. Gerade im aquatischen Bereich stellt die verbindende Schätzung von Häufigkeit und Deckungsgrad eine gute Möglichkeit dar, einen Bewertungsausgleich zwischen den groß- und kleinblättrigen Wasserpflanzen zu schaffen (Beispiel: Flächendeckende Armelechtralgen-Rasen, die von Hecken großblättriger Laichkräuter durchsetzt sind).

Submerse Makrophyten (MELZER 1988, MELZER & SCHNEIDER 2001) erlauben eine Beurteilung der Gewässerqualität von Stillgewässern, da sie oft eine enge Bindung an bestimmte Verhältnisse der Wasserqualität aufweisen. Insgesamt wurden bisher 46 Arten auf 9 Indikatorgruppen verteilt. Indikatorgruppe 1.0 fasst solche Arten zusammen, welche die geringste Nährstoffbelastung (oligotroph) anzeigen. Arten der Indikatorgruppe 5.0 zeigen dagegen sehr hohe Nährstoffkonzentrationen (eutroph) des Wassers an. Die dazwischenliegenden Indikatorgruppen stellen Übergänge zwischen den beiden Extremen dar. Diese Zuordnungen basieren teils auf experimentellen Befunden hinsichtlich der Phosphatbelastbarkeit von

Characeen (FORSBERG 1965, SCHMIDT ET AL. 1996) und bezüglich der Stickstoffernährung von Makrophyten, teils auf empirischen Beobachtungen und Korrelationen zwischen dem Vorkommen bestimmter Arten und der Wasserchemie der jeweiligen Gewässer (MELZER ET AL. 1986).

In der folgenden tabellarischen Übersicht werden die Indikatorarten aufgelistet.

Tabelle 1: Einteilung der Indikatorgruppen.

Gruppe 1,0	Gruppe 1,5	Gruppe 2,0
<i>Chara hispida</i>	<i>Chara aspera</i>	<i>Chara delicatula-</i>
Gruppe 2,5	Gruppe 3,0	Gruppe 3,5
<i>Chara contraria</i>	<i>Chara vulgaris</i>	<i>Myriophyllum verticillatum</i>
<i>Chara globularis</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Potamogeton berchtoldii</i>
<i>Nitellopsis obtusa</i>	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	<i>Potamogeton lucens</i>
	<i>Utricularia australis</i>	<i>Potamogeton pusillus</i>
Gruppe 4,0	Gruppe 4,5	Gruppe 5,0
<i>Fontinalis antipyretica</i>	<i>Elodea canadensis</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>
<i>Hippuris vulgaris</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Zannichelia palustris</i>
<i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Potamogeton crispus</i>	<i>Spirodela polyrrhiza</i>
	<i>Ranunculus circinatus</i>	<i>Potamogeton nodosus</i>
	<i>Ranunculus trichophyllus</i>	

Zur Bestimmung der Arten diene die gängige Bestimmungsliteratur (OBERDORFER 1994, KRAUSE 1997, ARBEITSGRUPPE CHARACEEN DEUTSCHLANDS 2016, SCHMIDT, C. ET AL. 2018).

3. Allgemeine Beschreibung

Der Baggersee liegt auf dem Hochgestade westlich der Gemeinde Sandweier. Im Norden ist der See von Wald umgeben. Hier befindet sich auch ein ausgewiesener Badestrand. Im Osten schließen ein ehemaliges Militärgelände, heute Naturschutzgebiet, und das landwirtschaftlich genutzte Mittelfeld an. Im Süden befindet sich das ebenfalls landwirtschaftlich genutzte Oberfeld sowie die Park- und Rastanlage der Autobahn A5. Östlich der Autobahn liegen intensiv genutzte Felder und die Gemeinde Sandweier. Der Gesamtsee wird räumlich begrenzt als Bade- und Angelgewässer genutzt.



Abbildung 2: Der Kühl/Petersee in seiner Umgebung (Quelle: google earth 2018)

3.1 Limnologische Rahmenbedingungen

Die Gewässerfläche beträgt aktuell 89,3 ha und die maximale Tiefe liegt bei ca. 31,3 m. Die Unterwasserböschungen sind überwiegend mit einem starken Gefälle ausgebildet. Der See weist einen Grundwasserzustrom und eine vollständige Zirkulation auf.

Die Untersuchungen von BOOS (2023) weisen dem See oligo- schwach mesotrophe Verhältnisse zu.

Tabelle 2: Kriterien zur trophischen Einteilung nach MANIAK (2005), Seedaten: PÄTZOLD (2011), BOOS (2015-2021 in 2023)

Kriterien	oligotroph	mesotroph	eutroph geschichtet	Baggersee
Secchi-Tiefe (m)	> 6	> 4		2,4 – 3,7
Sauerstoffsättigung Oberfläche, Sommer (%)	90 – 120	80 – 150	60 – 200	103 - 122
Sauerstoffsättig. Hypolimnion, Sommer (mg/l)	> 6	> 1	anaerob	0,4-3,3
Ortho- Phosphat P, Frühjahrszirkulation (mg/l)	< 0,005	< 0,01		<0,01
Gesamtposphat P (mg/l)	< 0,015	< 0,04		<0,01-0,023
Chlorophyll a (µg/l)	< 3	< 4		1,6
Nitrat (NO ₃) mg/l mittl. jährl. Konzentration	< 10	< 20		3,83
Makrophytentieftengrenze (m)	> 8	8 – 5	5 – 1,5	6,1-10,2

Die geringen Sichttiefen sind durch die Baggertätigkeit verursacht und werden so nicht zur Bewertung herangezogen.

Im Bereich des Grundwasserzustroms befinden sich neben landwirtschaftlich genutzten Flächen auch Siedlungsbereiche und die Autobahn A5. Von hier gehen geringe Nitratbelastungen aus. Die Sauerstoffmengen entsprechen aktuell den hohen Anforderungen für ein oligo- bis schwach mesotrophes Gewässer. Die gemessenen Werte für organischen Kohlenstoff sind so gering, dass eine Belastung des Sauerstoffhaushalts durch die Mineralisierung organischer Stoffe auszuschließen ist (BOOS 2017). Das zufließende Grundwasser ist zeitweise sauerstoffarm.

Die derzeitigen Nährstoffgehalte des Seewassers sind sehr gering und indizieren einen nährstoffarmen Zustand im mesotrophen oder oligotrophen Bereich. Die Phosphorgehalte des oberflächennahen Grundwassers weisen ein geringes bis mäßiges Ausmaß auf. So ist von einer mäßigen Förderung des Wasserpflanzen- u. Algenwachstums auszugehen. Gesamtposphor (=Gesamtposphat-P) war während der Untersuchungstermine nur in sehr geringen Konzentrationen im Seewasser vorhanden (vgl. Tabelle 2). Die Werte blieben zumindest im Bereich der Orientierungsgrößen oder erreichten ein noch niedrigeres Ausmaß und zeigten damit einen nährstoffarmen Zustand im mesotrophen oder sogar oligotrophen Bereich an. Die Zunahme der Phosphorgehalte in der Gewässertiefe geben einen Hinweis auf mögliche Rücklösungsprozesse aus dem Sediment. Der direkt pflanzenverfügbare ortho-Phosphat-Phosphor lag bei allen Messungen unter der Nachweisgrenze.

Auch die Stickstoffkonzentrationen im Seewasser erreichten niedrige Werte. Gleiches gilt für die Chlorophyll-a Werte als Kenngrößen zur Darstellung der Algenentwicklung.

Die Stickstoffspezies erreichten generell geringe Werte im Seewasser (Boos 2023). Die Nitratkonzentrationen blieben infolge der nur schwach ausgeprägten externen Belastung niedrig. Nitrit wurde stets in unbedenklichen Konzentrationen gemessen, die weit unterhalb des für die Fischfauna potentiell toxischen Wertes von 0,2 mg/l blieben. Auch die Ammoniumgehalte waren sehr gering und lagen fast immer unter der Nachweisgrenze.

Aufgrund der Zusammensetzung der umgebenden Gesteinsformation ist der See gut gepuffert und nur wenig empfindlich. Diese Qualität des Grundwassers bietet im Hinblick auf die Trophieentwicklung sehr gute Voraussetzungen für eine langfristig hohe Seewasserqualität.

3.2 Schutzgebietskulisse

Am Kühl/Petersee sind einige Uferbereiche als gesetzlich geschützte Biotope ausgewiesen (s. Abb. 3). Im Umfeld der geplanten PV-Anlage befindet sich der Biotopkomplex „Verlandungsbereich und Feldgehölz am Baggersee Kühl östlich Iffezheim“ (Biotop-Nr. 171142163117). Im Nordwesten liegen Teile des Biotops „Schilf-Röhrichte am Kühlsee“ (Biotop-Nr. 171152110810). Das FFH-Gebiet 7114-311 Rheinniederung und Hardtebene zwischen Lichtenau und Iffezheim strahlt von Norden her in den See ein (s. Abb. 3).

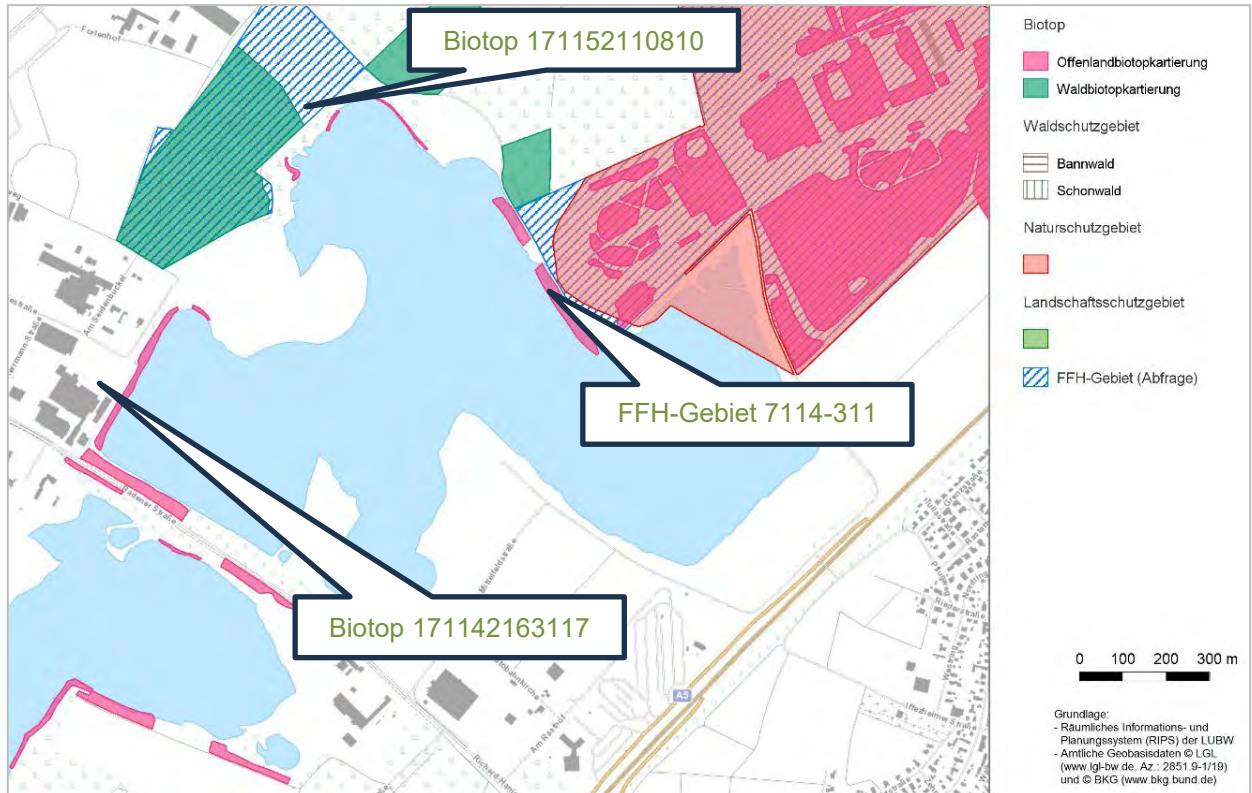


Abbildung 3: geschützte Biotope und Schutzgebiete (Quelle: Kartendienst LUBW 2023)

Der Biotop „Verlandungsbereich und Feldgehölz am BS Kühl“ beinhaltet die Ufer- wie die Wasservegetation. Beschrieben sind eine schmale Verlandungszone, eine Tauchblattvegetation, lückige Schilfröhrichte sowie Feuchtgebüsche mit Purpurweide und daran anschließend stellenweise schmale Feldgehölze mit Silberweide und Hybridpappel.

Dem Biotop „Schilfröhrichte am Kühlsee“ gehören einige Röhrichtflächen, Schwarzerlen und Laichkrautbewuchs im See an.

Das FFH-Gebiet 7114-311 dient zum Schutz von ans Wasser gebundenen Lebensräumen wie dem LRT 3140 (Kalkreiche, nährstoffarme Stillgewässer mit Armleuchteralgen), LRT 3150 (Natürliche, nährstoffreiche Seen), LRT 6430 (Feuchte Hochstaudenfluren), LRT 91E0 (Auwälder mit Erle, Esche, Weide) aber auch Fisch- und Neunaugenarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie wie dem Lachs (1106), dem Maifisch (1102), dem Meerneunauge (1095), dem Bachneunauge (1096), dem Flussneunauge (1099), dem Bitterling (1134), dem Steinbeißer (1149), dem Schlammpeitzger (1145) und der Groppe (1163).

Die meisten dieser Arten sind zumindest in einigen Lebensstadien an fließendes Wasser gebunden und gehören so nicht zum Besiedlerspektrum eines nicht angebundenes Stillgewässers.

3.3 Potenziell zu erwartende Auswirkungen

Beim potenziellen Aufbau und der Inbetriebnahme der PV-Anlage sind Beeinträchtigungen des aquatischen Lebensraumes zu erwarten.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die wesentlichen, im Vorfeld der Einschätzung abschätzbaren Wirkungen und Wirkfaktoren, welche durch das Vorhaben im und am Gewässer zu erwarten sind.

Tabelle 3: Potenzielle Wirkfaktoren

Wirkfaktor/Wirkphase
Aufbaubedingte Wirkfaktoren
Möglicher Verlust vorhandener aquatischer Vegetation beim Aufbau
Möglicher Verlust fischökologisch bedeutsamer Strukturen beim Aufbau
Anlagebedingte Wirkfaktoren
Mögliche Einschränkung des Makrophyten-Lebensraums durch Beschattung nach
Mögliche negative Auswirkung auf das Sauerstoffregime durch großflächige Beschattung
Mögliche negative Auswirkungen auf die Zirkulationsbedingungen
Mögliche Reduktion der Primärproduktion
Möglicher Verlust an Freiwasserfläche für pelagisch orientierte Fischarten/Fischstadien
Möglicher Einfluss sich ablösender Mikroplastikbestandteile
Betriebsbedingte Wirkfaktoren
keine

Ein möglicher Verlust aquatischer Vegetation und weiterer fischökologisch bedeutsamer Strukturen wie Totholz und semiaquatische Ufervegetation beim Aufbau sind im Vorfeld nicht auszuschließen.

Die Anlage selbst wirkt durch eine Beschattung auf den See ein. Diese wirkt sich auf die Sauerstoffverhältnisse, die Primärproduktion etc. aus (siehe BOOS 2023).

Der temperaturabhängige Prozess der Primärproduktion (Aufbau von organischer Masse aus Nährstoffen, Wasser und CO₂ mit Hilfe von Sonnenlicht) wird durch Algen und höhere Wasserpflanzen bewerkstelligt. Von dieser Biomasse sind alle Konsumenten (Zooplankton, Invertebraten, Fische etc.) und deren Wachstum abhängig.

Reduziert man einen der für die Primärproduktion elementaren Faktoren zum Beispiel das Licht, so mindert sich der mögliche Aufbau an Biomasse (etwa beim Fischwachstum).

Bei den Auswirkungen auf die Produktion spielt die Intensität der Reduktion eine entscheidende Rolle.

Mit der Alterung der Anlage gehen auch Abrieb- und Zersetzungsprozesse einher. Ein mögliches Ablösen von Anlagensubstanz stellt eine potenzielle Beeinträchtigung für die Lebewelt dar.

4. Ergebnisse

4.1 Fischökologisch wichtige Strukturen im Baggersee

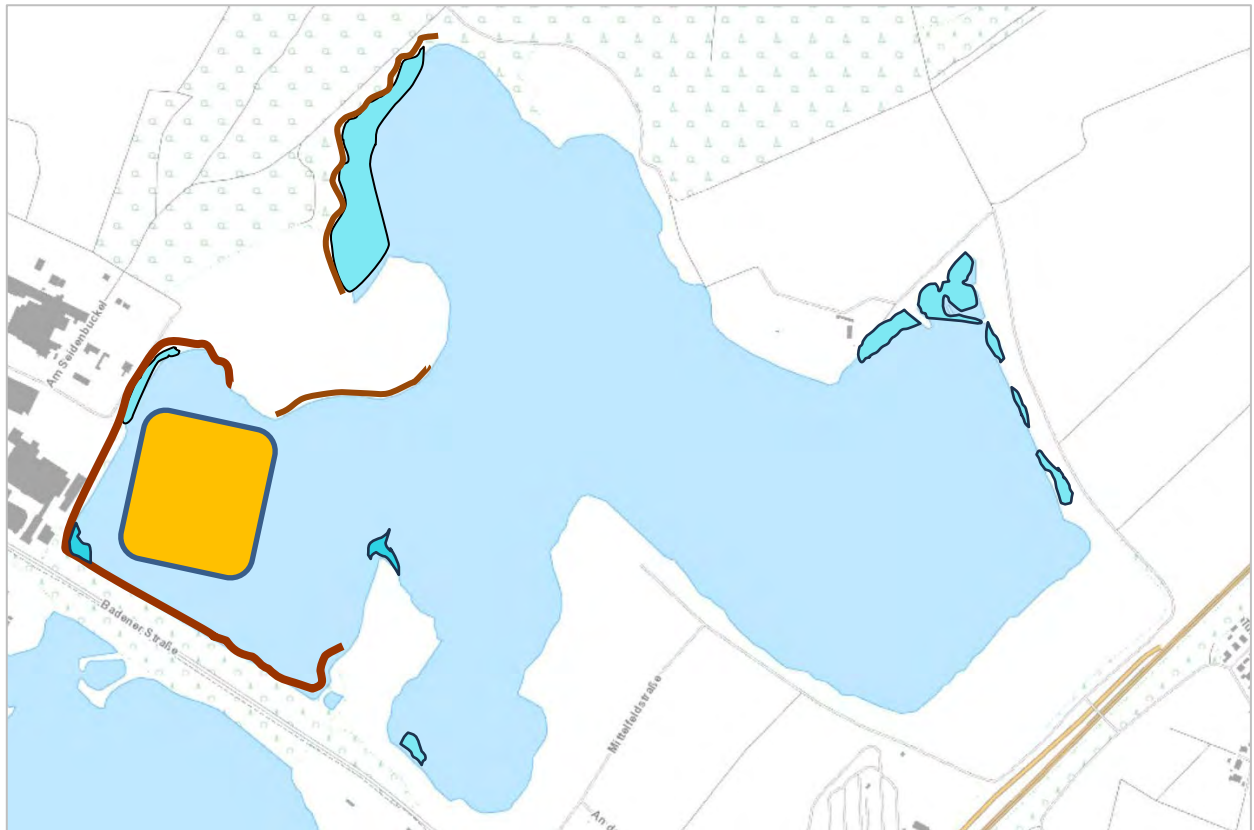


Abbildung 4: Fischökologisch bedeutsame Strukturen (Flachwasserzonen, Gehölz- inkl. Totholz und Schilfstrukturen) im Istzustand (etwaige Position und Größe der PV-Anlage)

Flachwasserbereiche finden sich in unterschiedlicher Größe rund um den See. In den Flachwasserzonen kommen fischökologisch bedeutsame Strukturen wie Wasserpflanzen vor. Diese stehen oft in direktem Kontakt mit Schilf und Gehölzbewuchs, was deren Nutzung, je nach Wasserstand, zulässt.

Flächige Gehölzsäume, bis ins Wasser reichende Schilfbestände und im See liegendes Totholz, Strukturen, die wertvolle Unterstands- und Jungfischhabitate bilden, befinden sich entlang der Ufer mit Ausnahme dem Werksgelände im Westen, der aktuellen Abbaufäche im Norden und Osten. Insgesamt ist der Anteil mit ufertypischem Bewuchs als vergleichsweise gering einzustufen.

Der Gewässergrund besteht aus Sanden und Kiesen, welche durch feine Partikel (Tone und Schluffe) oder Algenwuchs bereits in geringer Tiefe bedeckt sind.

4.2 Zum Fischbestand

Zur Darstellung des Fischbestands wurden vorliegende Fangstatistiken des ASV Sandweier e.V., eine schriftliche Mitteilung von Herrn J. Waldvogel (2023) und die Untersuchungen von PÄTZOLD (2019) ausgewertet.

Da seitdem Bekanntwerden der PFC-Belastung des Seewassers eine fischereiliche Nutzung nur noch in geringer Intensität erfolgt, sind die aktuellen Daten der Fangstatistiken nur noch bedingt verwertbar.

4.2.1 Fischbestand anhand der Daten des Anglerclubs

Über die Jahre (2000-2019) wurden im See bisher 29 Fischarten nachgewiesen. Im Zeitraum 2016 bis 2018 wurden elf Arten in den Fangstatistiken aufgelistet.

Im Zeitraum 2016-2018 wurden rund 0,8 Tonnen Fisch entnommen. Mit 365,7 kg stellt der Hecht mit 45,9 % am Gesamtgewicht den größten Anteil am Fang dar. Mit 154,1 kg gehört der ebenfalls räuberisch lebende Zander zu den häufig gefangenen Arten. Hier dominiert wohl die Raubfischangelerei.

Die vergleichsweise geringen Fangergebnisse der letzten Jahre von durchschnittlich 2,8 kg/ha*a (zu erwarten ist für einen jungen, steilufrigen Baggersee ein Ertragspotenzial von etwa 5-15 kg/ha*a, JENS 1980, LFV BAYERN 2012) sind auf die PFC-Verunreinigung des Gewässers und der damit erfolgten Verzehrsempfehlung zurückzuführen.

4.2.2 Fischbesatz anhand der Daten des Anglerclubs

Im Zeitraum 2014 bis 2018 wurden in den Peter/Kühlsee folgende Besätze getätigt:

2014 wurden 20 kg Rotaugen besetzt und 2015 auf einen Besatz verzichtet. Aufgrund der PFC-Problematik wurde nur im Jahr 2017 ein Besatz getätigt. Es wurden dabei 400 Stück Karpfen 10-12 cm und 400 Stück Zander 10-12 cm besetzt. Zitat des Vorsitzenden Herr Waldvogel: „Aufgrund der Anlage von zwei Flachwasserzonen im Bereich des Kühlsees ist die natürliche Reproduktion auf einem sehr hohen Niveau, was den künstlichen Fischbesatz nahezu entbehrlich macht“.

4.2.3 Fischbestandserhebung

Am 20.8.2019 wurde im See eine Elektrofischung an fünf Strecken vom Boot aus durchgeführt, wobei drei Abschnitte im Umfeld der geplanten PV-Anlage lagen (s. Abb.5). Der niedrige Seewasserstand und die zumeist steil abfallende Unterwasserböschung bewirkten, dass nur in einem schmalen Band jungfischwichtige, randliche Strukturen wie Totholz, Schilfröhricht oder Wasserpflanzenbestände untersucht werden konnten. Die meisten Fische (Barsche und Sonnenbarsche) wurden während der Betauchung in Tiefen zwischen 2-4 m beobachtet. Hier kommt das Elektrofischereigerät nur unzureichend zum Fang.

Insgesamt wurden durch die Elektrofischung acht Fischarten nachgewiesen (s. Anhang) Im Vergleich zur Fangstatistik des Angelvereins von 2016 bis 2018 erfolgte mit Schleie und Sonnenbarsch der Nachweis von zwei zusätzlichen Arten. Dagegen konnte die Rotfeder (RL-BW) bei der Elektrofischung nicht gefangen werden. Barsch, Rotaugen, Sonnenbarsch und Aal wurden am beständigsten festgestellt. Von den Arten Barsch, Rotaugen und Brachsen wurden ausschließlich oder überwiegend 0+ Jungfische gefangen. Der Aal wurde mit Größen zwischen 30 -70 cm und der Karpfen mit Individuen um 50 cm Länge vorgefunden.



Abbildung 5: Strecken der Elektrofischung

4.2.4 Schutzstatus der Fischarten

In der aktuellen Roten Liste Baden-Württembergs werden der Aal und der Wildkarpfen als „stark gefährdet“ klassifiziert (s. Tab. 4). Rotfeder und Schleie stehen auf der Vorwarnliste. Arten aus dem Anhang II, oder IV der FFH-Richtlinie wurden nicht nachgewiesen.

Tabelle. 4: Schutzstatus der aktuell nachgewiesenen Fischarten (Fangstatistik, Elektrofischung)

Art	Rote BRD 2023*	Listen BW 2014**	FFH-Status
Aal		2	
Brachsen			
Döbel			
Flussbarsch			
Hecht			
Karpfen (Wildform)		2	
Rotauge			
Rotfeder		V	
Schleie		V	
Sonnenbarsch			
Ukelei			
Zander			

3 – gefährdet 2 - stark gefährdet * BFN (2023), ** BAER ET AL. (2014), LUBW (2008)

Grau = nicht in baden-württembergischen abgeschlossenen Stillgewässern heimisch.

Beim Karpfen handelt es sich ursprünglich um eine potamodrome (in Flüssen lebende) Art (KOTELLAT & FREYHOFF 2007), deren Verbreitung vom Kaspischen Meer bis zur mittleren Donau reichte. Über die Jahrhunderte hat der Mensch zu Ernährungszwecken in der Teich- und Weiherwirtschaft vielerlei Zuchtformen herausgezüchtet. Diese Fische gehören streng genommen nicht in „Naturgewässer“. Der Besatz von Karpfen in Baggerseen ist oft mit der

Problematik behaftet, dass diese Fische sehr groß werden und deren massive Wühltätigkeit deutliche Schäden (z. Beispiel das Herauswühlen von Wasserpflanzen) im Gewässer verursachen. Schäden, die auch den Fischbestand negativ beeinträchtigen. Diese Beeinträchtigungen fallen in nährstoffarmen Gewässern am deutlichsten aus. Aus diesem Grund empfiehlt der Verband Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler (VDFF, 2007), wenn überhaupt, dann nur einen geringen Karpfenbestand zu etablieren und bei einem Vorkommen gefährdeter Pflanzenarten komplett auf den Besatz zu verzichten.

Der in Fließgewässern beheimatete und stark gefährdete Aal gehört nicht zur potenziellen natürlichen Fischfauna eines jungen abgeschlossenen Sees.

4.2.5 Autökologische Ansprüche der vorhandenen Fischfauna

Die nachgewiesenen Fischarten sind in der Regel anspruchslos (phyto-lithophil/eurytop) mit einer mittleren – geringen Sauerstoffbedürftigkeit.

Tabelle 5: Ökologische Gruppierung der nachgewiesenen Arten

Art	Ökologische Gruppierung
Aal	marin/indifferent
Brachsen	Phyto-lithophil/indifferent
Flussbarsch	Phyto-lithophil/indifferent
Döbel	Rheophil/lithophil
Hecht	Phytophil/indifferent
Karpfen	Phytophil/indifferent
Rotauge	Phyto-lithophil/indifferent
Rotfeder	Phytophil/ stagnophil
Sonnenbarsch	Phyto-lithophil/indifferent
Ukelei	Phyto-lithophil/indifferent
Zander	Phyto-lithophil/indifferent

Brachsen, Rotauge und Flussbarsch haben keine spezifischen Ansprüche ans Laichsubstrat. Sie finden ihre Laichplätze auf dem Gewässergrund, an Wasser- und Sumpfpflanzen sowie an ins Wasser hängenden Ästen und Totholz. Die Phytophilen Hecht und Rotfeder finden im Baggersee überwiegend entlang der entwickelten Uferpartien geeignete Pflanzenbestände vor. Der Hecht laicht auch in im Wasser stehenden Röhricht- und Seggenbeständen.

Nach Angaben des Angelvereins kommen im See auch Arten wie die Schleie, Giebel und Güster vor, so dass der Fischbestand überwiegend der zu erwartenden Artenzusammensetzung eines jungen Stillgewässers entspricht.



Abbildung 6: Hecht im Freiwasser



Abbildung 7: Barsch bei der Futtersuche

4.3 Wasserpflanzenaufkommen

Die Wasserpflanzenkartierung erfolgte am 19.8.2019 mittels Presslufttauchgängen entlang von fünf Transekten im Kühl/Petersee, wobei sich Transekt 3 im direkten Umfeld der geplanten PV-Anlage befand (s. Abb. 8).



Abbildung 8: Lage der Tauchtransekte zur Wasserpflanzenkartierung

Insgesamt erfolgte der Nachweis von elf Arten (s. Tabelle 6). Im Kühl/Petersee kommen Wasserpflanzenarten nährstoffreicher Seen (Lebensraumtyp LRT 3150) sowie oligotraphente Arten (z.B. Armelechteralgen, Wasserschlauch) Arten des FFH-Lebensraumtyps (LRT 3140) vor.

Tabelle 6: Verbreitung der Wasserpflanzenarten in den Tiefenstufen 0-1, 1-2, 2-4, und > 4 m)

Art	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5
Zerbrechliche Armelechteralge <i>Chara globularis</i>		0-0-3-3			
Gegensätzliche Armelechteralge <i>Chara contraria</i>		0-0-2-1	0-1-0-0		
Ähriges Tausendblatt <i>Myriophyllum spicatum</i>	2-2-1	2-1-1-0	1-1-1-0	1-1-1	1-1-2
Großes Nixkraut <i>Najas marina</i>	2-3-3	1-2-1-0	0-2-1-2	0-2-2	2-3-3
Kleines Nixkraut <i>Najas minor</i>	1-3-3	1-2-3-0	1-2-3-1	1-2-2	2-3-2
Knotiges Laichkraut <i>Potamogeton nodosus</i>	3-3-2	0-2-2-1	0-2-2-2	1-1-3	2-2-3
Kamm- Laichkraut <i>Potamogeton pectinatus</i>				0-1-1	1-1-2
Zwerg- Laichkraut <i>Potamogeton pusillus</i>	3-0-0	2-1-0-0			
Haarblättriger Hahnenfuß <i>Ranunculus trichophyllus</i>	1-1-0				0-1-0
Grasblättriger Froschlöffel <i>Alisma gramineum</i>	2-0-0				
Südlicher Wasserschlauch <i>Utricularia australis</i>		1-1-0-0	1-0-0-0		
Untere Makrophyten-Tiefengrenze UMG (m)	3,5	6,4	6,1	3,5	3,3

1 = Einzelpflanzen, 2 = Polster, 3 = kleinere Fläche, 4 = größere Flächen, 5 = großflächig bewachsen

Die aktuelle Untersuchung zeigt ein für einen seit vielen Jahren in der Nutzungsphase befindlichen Baggersee vergleichsweise geringes Artenaufkommen (PÄTZOLD, 2003) und eine zumeist schütterere Verbreitung der submersen Vegetation. Die vertikale Verbreitung reicht derzeit bis in eine Tiefe von etwa 6,4 m. Im Vergleich zum Artenaufkommen der benachbarten zumeist westlich gelegenen Baggerseen weist der Petersee ein für die Oberrheinebene aktuell unterdurchschnittliches Artenaufkommen auf.

In Transekt 1 (östlich der Arrondierung, tlw. Regiefläche) dominieren die Nixkrautarten gemeinsam mit dem Knoten-Laichkraut. Die Untere Verbreitungsgrenze der submersen Vegetation liegt bei 3,5 m Tiefe.

In Transekt 2 (Westufer der Regiefläche) wurden zwei Armleuchteralgenarten nachgewiesen. Die Zerbrechliche Armleuchteralge bildet den Tiefenaspekt und reicht bis in eine Tiefe von 6,4 m (der UMG) herab. Die Gegensätzliche Armleuchteralge (RL-BW 3) siedelt in Tiefen von unterhalb 2 m bis zur UMG. Bis in 4 m Tiefe bildet das Kleine Nixkraut (RL-BW 2, RL-D 2) größere Bestände aus. Das Große Nixkraut (RL-BW 3, RL-D 3) hat seinen Verbreitungsschwerpunkt in 1-2 m Tiefe. Im Flachen bestimmen Ähriges Tausendblatt und Zwerg-Laichkraut die Vegetation.

In Transekt 3, das sich im direkten Umfeld der geplanten PV-Anlage befand, ist die submerse Vegetation überwiegend schütter ausgebildet. Auch hier beherrscht das Kleine Nixkraut die Wassertiefen von 2 – 4m. Darüber wachsen Einzelpflanzen vom Ährigen Tausendblatt, dem Großen Nixkraut, dem Knoten-Laichkraut und dem Südlichen Wasserschlauch. Unterhalb von 4 m bis hinab zu 6,1 m siedeln die beiden Nixkrautarten und das Knoten-Laichkraut.

In Transekt 4 kommt ausschließlich das Knoten-Laichkraut in höherer Dichte vor. Auch hier siedeln beide Nixkrautarten. Die UMG liegt bei 3,5 m.

In Transekt 5 (Badestrand des Kühlsees) bilden dominieren erneut die beiden Nixkrautarten und das Knoten-Laichkraut. Sehr selten findet sich der Haarblättrige Hahnenfuß. Die UMG liegt bei 3,3 m.

Einige der nachgewiesenen Arten haben einen Zeigerwert für den Makrophytenindex (siehe S. 5-6) und/oder werden in den Roten Listen geführt, was die nachfolgende Tabelle darstellt.

Tabelle 7: Nachgewiesene Arten, Indikatorgruppe, Rote Listen

	Rote Liste	Baden-Württemberg	Deutschland
Art	I		
Arملهuchteralgen			
<i>Chara contraria</i>	2,5	3	-
<i>Chara globularis</i>	2,5	-	-
Untergetauchte Gefäßpflanzen			
<i>Myriophyllum spicatum</i>	3	-	-
<i>Najas marina marina</i>		-	D
<i>Najas minor</i>		G	3
<i>Potamogeton nodosus</i>	5,0	-	V
<i>Potamogeton pectinatus</i>	4,0	-	-
<i>Potamogeton pusillus</i>	3,5	-	V
<i>Ranunculus trichophyllus</i>	4,5	-	-
<i>Alisma gramineum</i>		3	3
<i>Utricularia australis</i>	3,0	-	V

I = Indikatorgruppe Makrophytenindex (1 = sehr geringe Nährstoffbelastung, 5 = sehr hohe Nährstoffbelastung)

Rote Liste: 3 = gefährdet, 2 = stark gefährdet, 1 = vom Aussterben bedroht, 0 = verschollen, D = Datenlage unsicher,

V = Vorwarnliste, G = gefährdet, Gefährdungskategorie unklar,

Characeen: Korsch et al. (2012), Gefäßpflanzen: Breunig & Demuth (2023), BfN (2018)

Im Petersee wurden aktuell gerade einmal zwei Armelechteralgenarten nachgewiesen. Beide gehören zu den im Oberrheintal verbreitet anzutreffenden, nährstofftoleranten Arten. *Chara contraria* kann man heute im Oberrheintal nicht mehr als gefährdet ansehen. Der Grasblättrige Froschlöffel und das Kleine Nixkraut werden für Deutschland als gefährdet eingestuft. Beide Arten stehen in Baden-Württemberg auf der Vorwarnliste.

Bei den nachgewiesenen Arten handelt es sich um Zeigerpflanzen für hohe Nährstoffgehalte (Kamm-Laichkraut oder Haarblättriger Hahnenfuß), mittlere Nährstoffgehalte (Ähriges Tausendblatt, Zwerg-Laichkraut und Südlicher Wasserschlauch) sowie die oligotraphenten Armelechteralgenarten. Die submersen Makrophyten siedeln oft nur in kleinen Gruppen oder als Einzelpflanzen, größere Bestände sind nur selten anzutreffen.

Bei Kartierungen zum Wasserpflanzenbestand von PÄTZOLD (2011) wurden 18 Arten submerser Makrophyten nachgewiesen. Es handelte sich beispielsweise um Characeen wie die Gegensätzliche Armelechteralge (*Chara contraria*), die Zerbrechliche Armelechteralge (*Chara globularis*), die Gemeine Armelechteralge (*Chara vulgaris*), oder die Sternarmelechteralge (*Nitellopsis obtusa*). Im westlichen Teilsee kommen noch die Arten *Nitella confervacea* und *Nitella opaca* hinzu. Die Armelechteralgenbestände bildeten in einigen Abschnitten die Hauptvegetation. Die festgestellte Makrophytentiefengrenze betrug damals 10,2 m. Für den Rückgang der Vegetation ist vermutlich eine intensivierete Kiesentnahme und eine damit verbundene gesteigerte Sedimentierung von Schwebstoffen sowie ein reduzierter Lichteintrag verantwortlich. Die damalige Kartierung gibt Hinweise darauf, was etwa nach Beendigung der Auskiesung im See zu erwarten ist.



Abb.9: Zwerg-Glanzleuchteralge
Nitella confervacea



Abb. 10: Nixkraut
Najas minor u. *Najas marina*



Abb. 11: Gegensätzliche Armelechteralge
Chara contraria

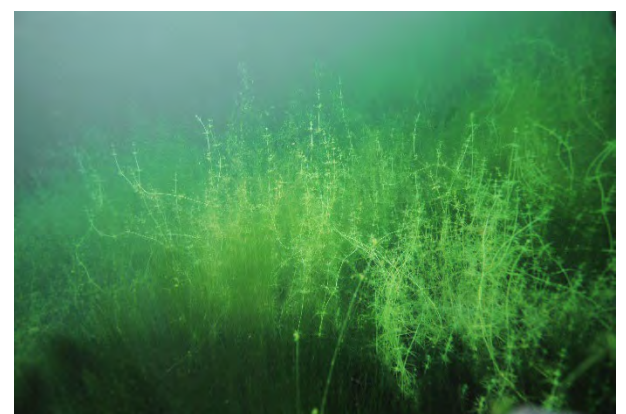


Abb. 12: Zerbrechliche Armelechteralge
Chara globularis

5. Schutzgutbezogene Leitbilder/Zielsysteme

Fische

Abgeschlossene Baggerseen stellen je nach ökologischer Ausstattung für viele einheimische Fisch- besonders Stillwasserarten einen geeigneten Lebensraum dar (DEHUS 2000). Diese Gewässer werden überwiegend von Angelvereinen bewirtschaftet (kontinuierlicher Besatz und Fang unterschiedlicher Fischarten). Jungen Baggerseen fehlen oft die wichtigen Flachwasserzonen und ein naturnaher Strukturreichtum. Diese Gewässer sind deshalb vergleichsweise ertragsarm (PÄTZOLD 2000).

In oligo- und mesotrophen Gewässern dominiert zumeist der Barsch. Erfolgreiche Nebenfischarten sind das Rotauge, der Brachsen, der Güster, die Laube (Ukelei) sowie bei krautreichen Verhältnissen der Hecht und die Schleie. Durch Besatz kommen zumeist noch Karpfen, Wels und Zander hinzu, wobei sich der Zander in noch in der Auskiesung befindlichen Baggerseen oft erfolgreich vermehrt.

In eutrophierten Seen dominieren zumeist die Cypriniden Rotauge und Brachsen. Raubfische wie Barsch, Hecht und/oder Zander erreichen ebenfalls höhere Bestandsdichten. Zu den Nebenfischen zählen Ukelei, Kaulbarsch, Güster, Wels und Rotfedern sowie der seltene Bitterling, der allerdings zur Vermehrung auf Großmuschelvorkommen angewiesen ist.

Für den Gewässertypus Brachsensee (mit der Leitfischart Brachsen) stellt das Auftreten einer sauerstoffarmen Schicht über Grund während der Sommermonate nichts Außergewöhnliches dar (HOFFMANN 1995).

Submerse Makrophyten

Die mögliche Besiedlung von Baggerseen durch höhere Wasserpflanzen ist ebenfalls an die vorhandenen ökologischen Rahmenbedingungen geknüpft. Hierbei spielt die Nährstoffverfügbarkeit eine entscheidende Rolle. In oligotrophen Gewässern dominieren zumeist Armleuchteralgen, während in eutrophen Seen Bestände der Laichkrautgesellschaften (OBERDORFER 1992, PHILIPPI 1969 u. 1978, KRAUSE 1997, PÄTZOLD 2003) den Großteil des Litorals besiedeln.

Grundwasser beeinflusste Baggerseen können für viele Jahrzehnte einen dauerhaften Standort für gefährdete Characeen (FFH- Lebensraumtyp 3140) darstellen. Diese Situation lässt sich durch entsprechende Maßnahmen stabilisieren. Ist eine Eutrophierung bereits eingetreten, so können diese Gewässer weiterhin für viele gefährdete submerse Gefäßpflanzen einen geeigneten Siedlungsraum bieten.

Je geringer die Nährstoffeinträge, desto dauerhafter können Baggerseen als Lebensraum für oligotrophente submerse Makrophyten dienen.

6. Einschätzung des aktuellen Lebensraums

6.1 Fische

Tabelle 8: Skala zur Bewertung von Tierlebensräumen (hier Fische) (nach BRINKMANN 1998)

Wertstufe	Definition der Skalenabschnitte
1 sehr hohe Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> * Ein Vorkommen von einer vom Aussterben bedrohten Tierart oder Vorkommen mehrerer stark gefährdeter Tierarten in überdurchschnittlichen Bestandsgrößen * Vorkommen zahlreicher gefährdeter Tierarten in überdurchschnittlichen Bestandsgrößen * ein Vorkommen einer Tierart der FFH-Richtlinie, Anhang II, die in der Region oder landesweit stark gefährdet ist * Vorkommen stenotoper Arten mit Anpassung an sehr stark gefährdete Lebensräume
2 hohe Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> * Ein Vorkommen einer stark gefährdeten Tierart * Vorkommen mehrerer gefährdeter Tierarten in überdurchschnittlichen Bestandsgrößen * ein Vorkommen einer Tierart der FFH-Richtlinie, die in der Region oder landesweit stark gefährdet ist * Vorkommen stenotoper Arten mit Anpassung an stark gefährdete Lebensräume
3 mittlere Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> * Vorkommen gefährdeter Tierarten oder allgemein hohe Tierartenzahlen bezogen auf den biotopspezifischen Erwartungswert * Vorkommen stenotoper Arten mit Anpassung an gefährdete Lebensräume
4 geringe Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> * gefährdete Tierarten fehlen und * bezogen auf die biotopspezifischen Erwartungswerte stark unterdurchschnittliche Tierartenzahlen
5 sehr geringe Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> * anspruchsvollere Tierarten kommen nicht vor

Der Fischbestand im Baggersee setzt sich überwiegend aus anspruchslosen, kommunen Arten zusammen. In der aktuellen Roten Liste Baden- Württembergs wird der Aal als „stark gefährdet“ klassifiziert. Abgeschlossene Stillgewässer zählen nicht zu den Lebensräumen des Aals. Die Rotfeder steht auf der Vorwarnliste.

Dem Gewässer wird für die regionale wie die potenzielle natürliche Fischfauna aktuell eine mittlere Bedeutung zugewiesen.

6.2 Wasserpflanzen

Bei der Betrachtung der Vegetation wird ebenfalls die obige Tabelle verwendet, wobei statt Tier-Pflanzenarten und anstatt FFH-Arten FFH-Lebensräume (3140, 3150) betrachtet werden.

Im See wurden aktuell insgesamt elf Arten submerser Makrophyten nachgewiesen. der vorgefundenen Arten gelten in den Roten Listen als „gefährdet“. Vier Arten stehen auf der Vorwarnliste.

Dem Gewässer wird für die regionale wie überregionale Flora durch das Vorkommen weniger gefährdeter Arten aktuell eine mittlere/hohe Bedeutung zugewiesen. Zieht man allerdings die Kartierungsergebnisse aus PÄTZOLD (2011) hinzu, so wird deutlich, dass der Baggersee das Potential für ein Makrophytengewässer mit sehr hoher Bedeutung für die regionale Flora aufweist.

7. Vorbelastungen

Der untersuchte Baggersee weist eine Angelnutzung auf. Die Einleitung von Kieswaschwasser und die Baggerung führen zu einer wechselnden Trübung, welche die Sichttiefe und die Nährstoffverfügbarkeit im gesamten See und damit auch die Ausbreitung der submersen Vegetation beeinflusst.

Eine Badenutzung findet sich am angeschlossenen Kühlsee. Die Badegäste beeinträchtigen durch Tritt und Aufwühlen von Sedimenten partiell die Ausbildung einer submersen Vegetation entlang des Badebereichs am Südostufer. Hier bleibt der Gewässergrund oft bis in 1,5 m Wassertiefe annähernd vegetationsfrei. Der Einfluss des Badebetriebs auf den Pflanzen- bzw. Fischbestand bleibt im See lokal eng begrenzt und als wenig bedeutend einzustufen.

Der Angelsportverein besetzt unregelmäßig in geringer Menge Fische. Der Besatz von Fischen stellt für ein Gewässer eine mögliche Beeinträchtigung dar. So zerstören wühlende Fische (besonders Karpfen) die überwiegend filigrane Characeen-Vegetation. Wühlende Arten treiben die Eutrophierung voran. Gleiches bewirken zooplanktonfressende Weißfische durch ihren Eingriff in das Planktongefüge.

8. Auswirkungen des Vorhabens

8.1 Einschätzung nach BGL (2023)

Auf Basis der Modelluntersuchungen wurde berechnet, inwieweit sich durch die Installation einer schwimmenden PV-Anlage Beeinträchtigungen der Seewasserbeschaffenheit im Baggersee bei Sandweier ergeben.

Mit einer Fläche von 3,4 ha bleibt die SPV-Anlage weit unter der durch die WHG erlaubten Maximalüberdeckung von ca. 14 ha (15 %). Im Istzustand wurden 3,8% der 89,3 ha umfassenden Seefläche überdeckt (Solarvariante 1). Nach der Vergrößerung des Sees durch die weitere Abgrabung (Genehmigungszustand) wird der Überdeckungsgrad auf ca. 3,1% zurückgehen (Solarvariante 1).

Laut Boos (2023) zeigen der Temperaturhaushalt und die Gewässerschichtung gegenwärtig das typische Bild tiefer Baggerseen während der Auskiesung. In den Sommermonaten bildet sich eine durch die Kiesentnahme abgeschwächte thermische Schichtung aus. Im Winter zirkuliert der See vollständig. Die Sauerstoffgehalte des Seewassers erreichen in den Zirkulationsphasen hohe Werte bis zum Gewässergrund. In den Stagnationsphasen kommt es zu deutlichen Sauerstoffverlusten in der Tiefe, wobei teilweise ein Wert von 2 mg/l unterschritten wird.

Die derzeitige Nährstoffbelastung des Sees ist als sehr gering zu bezeichnen und indiziert einen nährstoffarmen Zustand im oligo-mesotrophen Bereich. Auch die Stickstoffkonzentrationen im Seewasser erreichten niedrige Werte. Gleiches gilt für die Gehalte des organischen Kohlenstoffs und die Chlorophyll-a Werte als Kenngrößen zur Darstellung der Algenentwicklung. Die Sichttiefenwerte werden derzeit durch den vom Baggerbetrieb verursachten Eintrag mineralischer Trübung vermindert und können nicht als Trophie-Indikator dienen. Die Biomasseanteile und Nährstoffgehalte im Sediment verwiesen auf ein geringes Belastungsniveau. Insgesamt ist der gegenwärtige Gewässerzustand als gut zu bezeichnen.

Durch die Installation einer SPV-Anlage auf Seen ist mit Veränderungen zahlreicher Faktoren zu rechnen, die in drei Faktorenkomplexe gegliedert werden können. Unmittelbare und auch die stärksten Beeinflussungen ergeben sich durch Veränderungen der meteorologischen Wirkgrößen (= Faktorenkomplex 1): Globalstrahlung (Abschwächung durch SPV-Anlage), langwellige Rückstrahlung (Verstärkung), Windgeschwindigkeit (Abschwächung), Lufttemperatur (Verstärkung) und Dampfdruck (Verstärkung). Einzelne Einflussfaktoren können die Auswirkungen anderer Einflussfaktoren abschwächen. So wird z.B. die Verringerung der Zirkulationsintensität infolge der stärkeren Windabschattung teilweise (oder auch ganz) durch den verminderten Wärmeeintrag (Globalstrahlung) und die damit verbundene Abnahme der Schichtungsstabilität kompensiert.

Weitere maßnahmenverursachte Beeinflussungen der Wasserqualität können durch Freisetzung von Stoffen aus den Schwimmkörpern und den Solarmodulen, Antifouling oder Eintrag von Mikroplastik entstehen (Faktorenkomplex 2). Durch mittelbare bau-, anlagen- und betriebsbedingte Effekte sind Auswirkungen auf die Seewasserbeschaffenheit, das Besiedlungsbild und ggf. die Lebensraumtypen möglich (Faktorenkomplex 3). Dazu gehören unter anderem Veränderung des Sauerstoffaustauschs zwischen Seeoberfläche und Wasserkörper durch die Überdeckung, Beeinträchtigungen der Sediment- und Besiedlungsstruktur durch Verankerungssysteme (Schwoikreise) oder auch eine Beeinflussung der Emergenz von Insektenlarven (Chironomiden).

Als Ergebnis der beiden Variantenprüfungen ist festzustellen, dass für keinen der untersuchten Parameter relevante vorhabensbedingte Verschlechterungen der Gewässerqualität ausgewiesen

wurden. Von nennenswerten Veränderungen infolge des Klimawandels ist ebenfalls nicht auszugehen.

Auch nach dem Ende der Auskiesung wird der See sowohl bei Solarnutzung als auch ohne diese vollständig zirkulieren. Die geringe Nährstoffbelastung des Sees und der niedrige Trophiestatus bleiben erhalten, so dass mit einem güterelevanten Anstieg des derzeit schwachen Besiedlungspotentials für Algen und Cyanobakterien nicht zu rechnen ist. Der Sauerstoffhaushalt im tiefen Hypolimnion zeigt allerdings Beeinträchtigungen durch deutliche Sauerstoffverluste während kurzer Zeitabschnitte in der sommerlichen Stagnationsphase. Dieses Phänomen ist bereits im Istzustand vorhanden und erfährt durch die Solarnutzung keine Verstärkung, so dass daraus kein Argument gegen die Installation der SPV-Anlage abgeleitet werden kann.

Während der Auskiesung bleiben die Sichttiefenwerte infolge des Eintrags mineralischer Feinmaterialien auch nach der Teilüberdeckung mit Solarmodulen gering. Nach der Stilllegung des Baggersees werden sich hohe Sichttiefenwerte einstellen, die durch die Umsetzung der Solarvariante 2 keine Einschränkung erfahren. Die seetypische Verdunstung über die Seefläche wird infolge der Teilüberdeckung zurückgehen. Dies verursacht eine Erhöhung der Grundwasserneubildung und ist als positiver Effekt, insbesondere im Hinblick auf die künftige Erwärmung durch den Klimawandel, anzusehen.

Eine Bewertung der Maßnahmenauswirkungen nach EU-WRRL ergab unter Bezug auf die biologischen und die allgemeinen chemisch-physikalischen Qualitätskomponenten nach OGWV (2016) einen leitbildkonformen Zustand für die Qualitätskomponenten Gesamt-Phosphor und Chlorophyll-a. Den Anforderungen an die Sauerstoffgehalte im Hypolimnion entsprach das Untersuchungsgewässer aber nicht, wobei wiederum darauf hinzuweisen ist, dass sich für diesen Parameter durch die Installation der SPV-Anlage keine Verschlechterung ergibt.

Beeinträchtigungen der chemischen Qualitätskomponenten entstehen durch die zum Anlagenbau verwendeten Materialien nicht.

Auch die hydromorphologischen Qualitätskomponenten werden nicht negativ beeinflusst, da die Mindestentfernung der Anlage vom Ufer 40 m beträgt, so dass aufgrund der hohen Wassertiefe unter der Anlage Beeinträchtigung der Unterwasservegetation durch Verschattungseffekte auszuschließen sind.

Auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungen kann daher die Aufstellung einer schwimmenden Photovoltaikanlage bezüglich der Seewasserbeschaffenheit als ein unerheblicher Eingriff angesehen werden.

8.2 Einschätzung zum Einfluss auf die submerse Vegetation und den Fischbestand

Die gewässerökologischen Veränderungen durch die Installation der PV-Anlage werden von BOOS (2023) aktuell (in Auskiesung) wie zukünftig (nach Beendigung der Auskiesung) als unerheblich eingeschätzt.

Die aktuell vorhandenen Beeinträchtigungen durch den Baggerbetrieb und die Waschwassereinleitung stellen hier deutlicher wirkende Einflüsse dar.

Mit der Installation der PV-Anlage ist kein Verlust von vorhandener aquatischer Vegetation sowie (semi-) aquatischer Ufervegetation damit fischökologisch bedeutsamer Strukturen verbunden.

Die Verbreitung der submersen Makrophyten im See beschränkt sich aktuell aufgrund der Trübung auf eine Tiefe von wahrscheinlich nicht mehr als 7 Meter. Durch die Einhaltung eines Mindestabstands von 40 Metern zum Ufer entfällt eine Beschattung der Pflanzen und damit deren

Rückgang. Da die Auskiesung noch viele Jahre fortgesetzt werden soll, ist während der Auskiesung eine Ausbreitung der Wasserpflanzen in größere Tiefen nicht zu erwarten. Selbst danach bleibt die Verbreitung der Makrophyten auf eine Tiefe von weniger als 20 m beschränkt. Auch hier reicht ein Abstand von 40 m zum Ufer aus, um die Vegetation nicht durch Beschattung erheblich zu beeinträchtigen.

Die Auswirkungen durch den Aufbau bleiben bis auf eine kleine Uferpartie an der westlichen Betriebsgrenze beschränkt. Sie bleiben temporär, da sich die Vegetation nach dem Eingriff wieder entwickeln kann/wird.

Mit der flächigen Beschattung eines Teils der Seefläche reduziert sich durch Lichtverlust die Primär- und damit auch die Sekundärproduktion im See. Das kann zu einem Rückgang an Fischproduktion (Zuwachs an Masse durch Wachstum und Reproduktion) führen. Aufgrund der geringen Überdeckung des Sees wirkt sich dieser Faktor nach den Berechnungen von BOOS (2023) nur unerheblich aus.

Die Primärproduktion ist ebenfalls abhängig von den Wassertemperaturen. Da die Gesamt-Sonneneinstrahlung jährlich variiert, ist die Produktion in einem Stillgewässer stetigen Schwankungen unterworfen.

Keine der vorhandenen und im See auch natürlich zu erwartenden Freiwasserarten ernährt sich rein planktiv. Zooplanktonverzehrende Jung- und Adultfische (Rotauge, Rotfeder, Barsch, Ukelei, etc.) haben stets die Möglichkeit ihr Nahrungshabitat im See anzupassen.

Der Einfluss der Beschattung auf die Produktion wird daher als unerheblich eingeschätzt.

Boos (2023) hatte festgestellt, dass die Anforderungen an die Sauerstoffgehalte im Hypolimnion im Untersuchungsgewässer nicht immer den Anforderungen der WRRL an den guten Zustand entsprachen, wobei sich für diesen Parameter durch die Installation der SPV-Anlage keine Verschlechterung ergibt. Viele tiefe natürliche Seen entsprechen dem Brachsenseetypus, einem Seentyp, in dem die entsprechende Fischfauna mit den Bedingungen der Sauerstoffarmut während der Sommermonate im Tiefenwasser zurechtkommt. Von einer zusätzlichen Beeinträchtigung auf den Fischbestand ist nicht auszugehen.

Aufgrund der Materialwahl für die PV-Anlage ist mit keiner maßgeblichen Verschlechterung der Wasser- und Gewässergrundqualität und einem Einfluss auf die Fischqualität auszugehen.

Die PV-Anlage stellt mit seinen die Wasseroberfläche bedeckenden und in das Wasser reichenden Strukturen einen interessanten Unterstand für Fische dar. Es ist zu erwarten, dass sich im Bereich der Anlage vergleichbar mit ins Wasser gefallen Bäumen, Steganlagen, im Hafen befindlichen Großschiffen etc. Fische ansammeln um dort Schutz zu suchen oder auch die besiedelten Strukturen nach Fressbarem abzusuchen. Eine erhebliche Einschränkung der Angelfischerei durch den Betrieb der PV-Anlage ist nicht erkennbar.

9. Maßnahmen zur Minimierung und Kompensation

9.1 Minimierung

- Vermeidung der Freisetzung von Mikroplastik und weiteren Stoffen aus den Schwimmkörpern und den Modulen
- Ein Einbringen gewässergefährdender Stoffe während des Aufbaus, der Wartung oder Reinigung ist zu verhindern
- Vermeidung der Nutzung von Antifoulingmitteln
- Installation der Plattform mit möglichst großem Abstand zum Ufer

- Installation von Verankerungssystemen mit genügender Distanz zum potentiellen Siedlungsraum (nach Beendigung der Auskiesung) von Makrophyten.
- Entwicklung einer Vorgehensweise zum Schutz des Gewässers und seiner Bewohner bei Havarieereignissen

9.2 Kompensation

- Installation von 5 Fischkörben (Biohuts) unter der PV-Anlage gemäß Vorschlag der höheren Fischereibehörde
- Anlage von Brutinseln für Wasservögel mittels ins Wasser ragender Baumkronen, die auch Fischen schützenden Unterstand bieten.

10. Zusammenfassung

Die EKS Eugen Kühl und Söhne GmbH & Co. KG plant die Installation einer schwimmenden Photovoltaik Anlage mit 3,4 ha Fläche auf dem Baggersee bei Sandweier. Hierzu wurden zwei Planvarianten untersucht. Der vorliegende Bericht betrachtet die möglichen Wirkungen limnologischer und gewässerökologischer Veränderungen auf den vorhandenen Fisch- und Wasserpflanzenbestand auf Grundlage vorhandener Daten.

Die aktuelle Auskiesung stellt einen nicht unerheblichen Eingriff in das Gewässer dar. Die energetische Nutzung durch eine schwimmende PV-Anlage geht über die Zeit der Kiesgewinnung hinaus.

Laut Boos (2023) werden durch die Installation keine Erheblichkeitsschwellen bezüglich Zirkulationsverhalten, Temperatur- und Sauerstoffhaushalt, Seeverdunstung und Nährstoffhaushalt überschritten und somit auch keine negativen Auswirkungen auf den Fischbestand erwartet. Dies gilt auch für die Zeit nach Beendigung der Auskiesung.

Bei einer sorgsamem Errichtung der vorgesehenen PV-Anlage mit genügendem Abstand zum Ufer ist mit keiner erheblichen Beeinträchtigung der submersen Vegetation, auch nach dem Ende der Auskiesung und einer, durch höhere Transparenz verursachten Ausbreitung der Wasserpflanzen, zu rechnen.

Die Beschattung stellt, aufgrund der nur unerheblichen Auswirkungen auf die limnischen Verhältnisse, keine maßgebliche Beeinflussung der Fischpopulationsentwicklung oder der Habitatbedingungen für die vorhandenen Fischarten dar. Auch Freiwasserarten wie der Ukelei sind aufgrund der vorhandenen Frassplatzverfügbarkeit nur unerheblich betroffen. Eine Einschränkung der angelfischereilichen Nutzung, durch den Betrieb der PV-Anlage, ist ebenfalls nicht erkennbar. Durch die Anlage fischrelevanter Strukturen (Totholz, Fischkörbe) wird die Beeinträchtigung der Abschattung möglichst kompensiert.

11. Literatur

- Amtsblatt der EG 2000/60/EG: Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Gewässerpolitik (Wasserrahmenrichtlinie) (L 327, 22.12.00, S. 1-73)
- Amtsblatt der EG 92/43/EWG: Flora-Fauna-Habitat Richtlinie FFH-Richtlinie, geändert durch die Richtlinie 97/62/EG vom 27.10.1997)
- ARBEITSGRUPPE CHARACEEN DEUTSCHLANDS (2016): Armeleuchteralgen.- Die Characeen Deutschlands. Rostock, 618 S.
- BAER, J. ET AL. (2014): Rote Liste für Baden-Württembergs Fische, Neunaugen und Flusskrebse.- Ministerium für ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, Stuttgart, 64 S.
- BALON, E. K. (1975): Ecological guilds of fishes: a short summary of the concept and its application. Verh. Internat. Verein. Limnol. 19: 2430-2439.
- BALON E. K. (1985): Early life history of fishes: new development ecological and evolutionary perspectives. - Developmental and Environmental Biology of Fishes, 5 Dordrecht.
- BALON, E. K. (1991): Epigenesis of an epigeneticist: the development of some alternative concepts on the early ontogeny and evolution of fishes. - Guelph Ichthyol. Rev. 1: 1-48.
- BAUCH, G. (1965): Die einheimischen Süßwasserfische.- 200 S.
- BAUR, W. & RAPP, J. (1988): Gesunde Fische.- 238 S., Hamburg
- BfN (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Farn- und Blütenpflanzen (Tracheophyta) Deutschlands. Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (7): 13-358.
- BfN (2023): Rote Liste und Gesamtartenliste der sich im Süßwasser reproduzierenden Fische und Neunaugen (Pisces et Cyclostomata) Deutschlands.- Heft 170, 64 S., Bonn.
- BGL, BOOS, K-J. (2017): Limnologisches Begleitgutachten zur Beeinflussung Zur UVU Kiesgrubenerweiterung und Vertiefung Philipp & Co. KG, Bad Schönborn, unveröffentlicht, Saarbrücken, 90 Seiten.
- BGL, BOOS, K-J. (2022): Limnologisches Begleitgutachten zur Beeinflussung des Philipppsees durch die Exposition einer PV-Anlage, unveröffentlicht, Saarbrücken, 63 Seiten.
- BGL, BOOS, K-J. (2023): Auswirkungen durch die Anlage und den Betrieb einer schwimmenden PV-Anlage auf dem Baggersee Sandweier (Baggersee Nord) der EKS Eugen Kühl & Söhne GmbH & Co. KG, unveröffentlicht, Saarbrücken, 92 Seiten.
- BREUNIG, T. & S. DEMUTH (2023): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. – 4. Fassung, Stand 15.06.2021. – LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.). – Naturschutz-Praxis Artenschutz 2.
- BRINKMANN, R. (1998): Berücksichtigung faunistisch- tierökologischer Belange in der Landschaftsplanung.- Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, 4/98, 127 S.
- BINOT, M., BLESS, R., BOYE, P. (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands.- Schriftenreihe f. Landschaftspflege u. Nat.schutz, Heft 55, Bonn, S. 53-65.
- BUNDESAMT F. NATURSCHUTZ (2009): Rote Liste der Süßwasserfische und Neunaugen.- Naturschutz und biolog. Vielfalt 70, S. 291 – 316, Bonn.

- BUNDESAMT F. NATURSCHUTZ (2018): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze.- Band 7, S. 13 – 358, Bonn.
- DEHUS, P. (2000): Fische in Baden-Württemberg - Lebensraum Seen und Weiher.- Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg, Stuttgart, 128 S.
- FORSBERG, C. (1965): Nutritional studies of Chara in axenic cultures.- *Physiologia Plantarum* 18, S. 275-290.
- FREYHOFF, J. (2009): Rote Liste der im Süßwasser reproduzierenden Fisch- und Neunaugenarten.- *Naturschutz und biolog. Vielfalt* 70, S. 291-316, Bonn.
- HOFFMANN, R. ET AL. (1995): Fische in Baden-Württemberg - Gefährdung und Schutz.- Ministerium für Landwirtschaft und Forsten Bad.-Württ., Stuttgart; 92 S.
- JENS, G. (1980): Die Bewertung der Fischgewässer.- 2. Auflage, Hamburg, 160 S.
- KLEIN, M. (1987): Fischereiliche Bewirtschaftung von Stau- und Baggerseen.- *Fisch&Fang* 10, S. 56-57.
- KORSCH, H., DOEGE, A., RAABE, U., VDWEYER, K. (2013): Rote Liste der Armleuchteralgen Deutschlands.- *Hausknechtia Beiheft* 17, 34 S., Jena.
- KOTTELAT M. & FREYHOFF, J. (2007): Handbook of European Freshwaterfishes.- 646 S., Berlin.
- KRAUSE, W. (1997): Süßwasserflora von Mitteleuropa – Charales.- Band 18, 202 S., Stuttgart.
- LADIGES, W., VOGT, D. (1979): Die Süßwasserfische Europas.- Hamburg; 299 S.
- LFV BAYERN (2012): Fischbesatz in angelfischereilich genutzten Gewässern.- 96 S., München.
- LfU (2003): Zentrales Baggersee Informationssystem ZEBIS.- (CD-Rom), Karlsruhe
- LUBW (2006): Der Makrophytenbestand in ausgewählten Baggerseen der Oberrheinebene.- 348 S., Karlsruhe
- LUBW (2008): FFH-Arten in Baden-Württemberg.- 38 S., Karlsruhe.
- LUBW (2009): Pflege- und Entwicklungsplan für das FFH- Gebiet 6816-341 „Rheiniederung zwischen Karlsruhe und Philippsburg“- 263 S., Karlsruhe.
- MANIAK, U. (2005): Hydrologie und Wasserwirtschaft. - 5. Auflage, Springer Verlag Berlin,
- MELZER, A., HARLACHER, R., HELD, K., VOGT, E. (1986): Die Makrophytenvegetation des Chiemsees.- *Informationsberichte Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft*, 4/86, 211 S.
- MELZER, A. (1988): Der Makrophytenindex – Eine biologische Methode zur Ermittlung der Nährstoffbelastung von Seen.- *Habilitationsschrift, Fakultät für Chemie, Biologie und Geowissenschaft der TU München.*
- MELZER, A. (1991): Die submerse Vegetation bayerischer Seen – Möglichkeiten einer biologischen Gewässerbeurteilung.- *Rundgespräche der Kommission für Ökologie*, Bd. 2, S. 75-85, München.
- MELZER, A., U. SCHNEIDER, S. (2001): Submerse Makrophyten als Indikatoren der Nährstoffbelastung von Seen – *Handbuch angewandte Limnologie*, 13.Erg.LfG 11/01, 13 S..

- MÜHLENBERG, M. (1989): Freilandökologie. - Quelle und Meyer, Heidelberg, Wiesbaden, 430 pp.
- MÜLLER, H. (1983): Fische Europas. –Neumann Verlag Leipzig, 320 pp.
- MUUS, B. J. & DAHLSTRÖM, P. (1978): Süßwasserfische.- München, 224 S.
- OBERDORFER, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil I.- 355 S., Stuttgart.
- OBERDORFER, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora.- , 7. überarbeitete Auflage, 1050 S., Stuttgart.
- PÄTZOLD, F. (2000): Zur fischereilichen Bewirtschaftung von Angelgewässern.- In 25 Jahre Arbeitskreis Oberrhein-Nord, S.77-92, Rastatt.
- PÄTZOLD, F. (2003): Ökologische Typisierung von Baggerseen am Oberrhein.- Carlinea 60, S. 91 – 102, Karlsruhe.
- PÄTZOLD, F. (2011): Gutachten zum Planfeststellungsantrag der Firma EKS Eugen Kühl & Söhne GmbH & Co. KG zur Erweiterung des Baggersees bei Sandweier Mögliche Auswirkungen auf den Fisch- und Wasserpflanzenbestand .- unveröffentl. 28 S., Baden-Baden.
- PÄTZOLD, F. (2019): Untersuchungen im Petersee bei Sandweier zum geplanten Abbau der Regiefläche – Mögliche Auswirkungen auf den vorkommenden Fisch- und Wasserpflanzenbestand.- unveröffentl. 26 S., Baden-Baden.
- PHILIPPI, G. (1969): Laichkraut- und Wasserlinsengesellschaften des Oberrheingebietes.- Beih. Veröff. Natur. Landschaftspf. Bad.-Württ.,m S. 102 – 172, Heft 37, Karlsruhe.
- PHILIPPI, G. (1978): Veränderungen der Wasser- und Uferflora im badischen Oberrheingebiet. - Beih. Veröff. Natur. Landschaftspf. Bad.-Württ., Heft 11, Karlsruhe.
- SCHIEMER, F. & WAIDBACHER, H. (1992): Strategies for conservation of a danubian fish fauna, pp. 363-382. - In Boon, P. J., Calow, P. & Petts, G. E. (Eds) *River Conservation and Management* John Wiley & Sons Ltd.
- SCHMIDT, C. ET AL. (2018): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten in Deutschland.- Fachbeiträge des LfU, Heft 120, Band 1, 172 S., Potsdam.
- SCHMIDT, C. ET AL. (2018): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten in Deutschland.- Fachbeiträge des LfU, Heft 120, Band 2, 382 S., Potsdam.
- SCHMIDT, D. et al. (1996): Rote Liste der Armeleuchteralgen (*Charophyceae*) Deutschlands.- Schriftenreihe für Vegetationskunde, Heft 28, S. 547-576, Bonn.
- TÜXEN, R. & PREISING, E. (1942): Grundbegriffe und Methoden zum Studium der Wasser- und Sumpfpflanzen-Gesellschaften.- Deutsche Wasserwirtschaft 1. 10-17.
- VDFF, BAER, J. et al. (2007): Gute fachliche Praxis fischereilicher Besitzmaßnahmen.- Schriftenreihe des Verbandes Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e. V., Heft 14, S. 151 S., Bonn.



Baden-Baden, den 8. Februar 2024

12. Anhang

Tabelle 5: Fangergebnis der Befischung

Strecke	Längenklasse (cm)	0-5	6-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
	Art								
1	Aal							1	
	Barsch		7	1					
	Hecht				1				
	Rotauge		42						
	Sonnenbarsch		10						
	Schleie				1				
	Ukelei	4							
2	Aal							1	1
	Barsch		5	1					
	Karpfen						1		
	Rotauge		1						
	Sonnenbarsch	2	11						
3	Aal				1		1	1	1
	Barsch		6						
	Hecht				4				
	Rotauge		21						
	Sonnenbarsch	1	3						
	Ukelei	38							
4	Barsch		4						
	Karpfen						1		
	Rotauge		22						
	Sonnenbarsch		2						
	Ukelei								
5	Aal		4				2	1	
	Barsch		4						
	Rotauge		5						
	Sonnenbarsch		2						