

# *Wasserqualitätsverbesserung des Trerichsweiher*



Auftraggeber: Amt für Baubetrieb und Immobilienmanagement der Stadt Siegburg  
Bearbeiter: Andreas Pilgram, Fischereisachverständiger ö.b.v.

Pilgram GmbH, Fischzucht und Gewässerökologie  
Kieselhöhe 15, 53797 Lohmar  
Tel: 02246/4268 mail: fischzucht@me.com

## **Inhaltsverzeichnis**

- 1. Problem 3
- 2. Lage 3
- 3. Auswertung der Temperatur-, Sauerstoff- und Tiefenprofile 5
- 4. Sanierungsmöglichkeiten 8
  - 4.1 Nichts tun oder Status quo 8
  - 4.2 Absenkung des Wasserspiegels 8
  - 4.3 Optimal zum Schlammabbau 9
  - 4.4 Abfischen mit Hilfe einer Heberleitung 9
  - 4.5 Wasser bleibt drin 10
- 5. Empfehlung 12
- Hintergründe 13
- Quellenverzeichnis 17

## 1. Problem

Im Trerichsweiher kam es in den vergangenen Sommern immer wieder zu kritischen Situationen, in denen Fische, tierisches Plankton und Makroinvertebraten (Kleinlebewesen) durch Sauerstoffmangel verendeten.

Im Jahr 2020 wurden Blaualgen nachgewiesen und in den verendeten Fischen bildeten sich Botulismuskkeime, durch deren Giftigkeit Graureiher, Enten und Kormorane in nennenswerter Anzahl starben.

## 2. Lage

Der Trerichsweiher als ehemaliger Karpfenteich liegt zwischen den Städten Siegburg und Troisdorf im Auenbereich der Agger. In der Auflistung der Natura 2000 Gebiete NRW ist er als Teil des FFH Gebiets Agger 5109- 302 ausgewiesen.

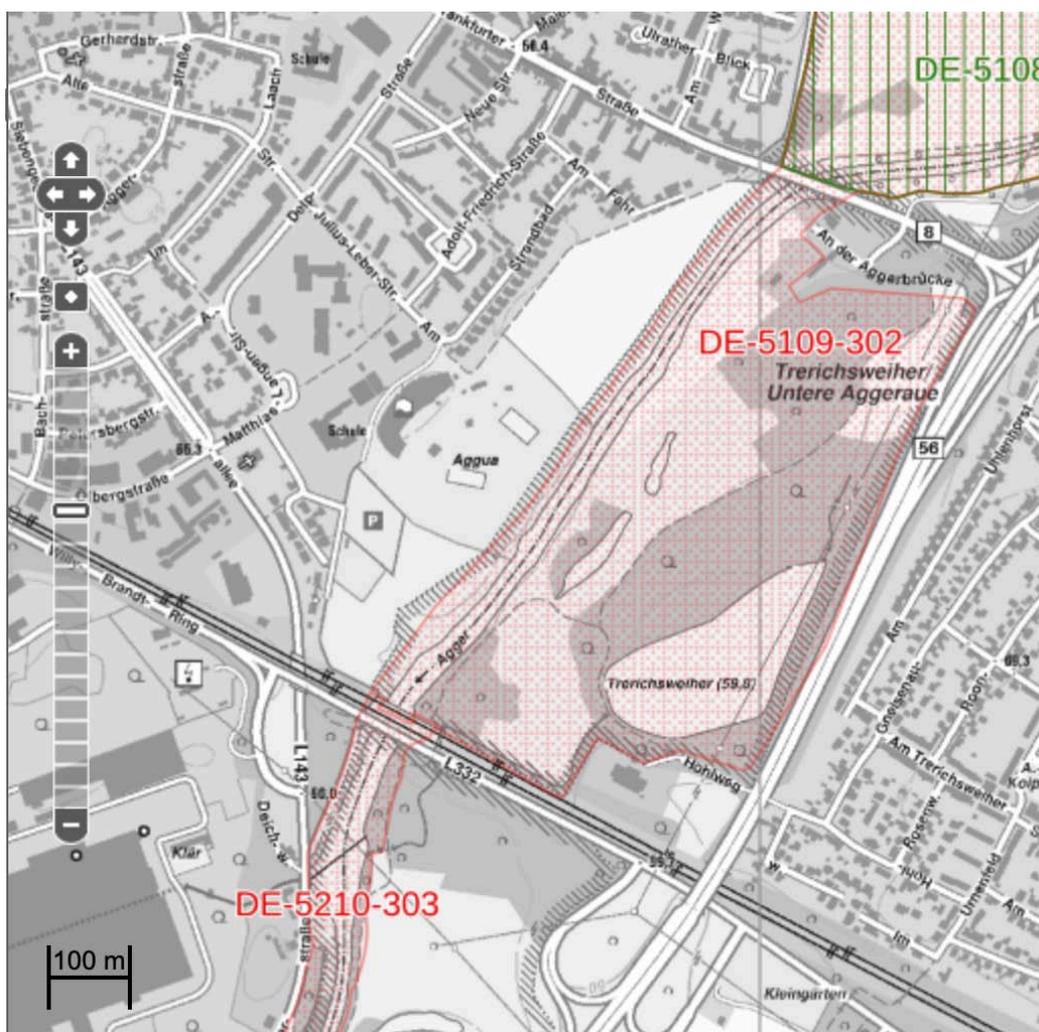


Abbildung 1: Lage des Weihers im FFH Gebiet

Das Artenschutz Fachinformationssystem (FIS) des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) weist für das entsprechenden Gebiet u.a. folgende planungsrelevanten Arten aus:

Planungsrelevante Arten für Quadrant 3 im Messtischblatt 5109

- Zur erweiterten Auswahl planungsrelevanter Arten nach [Lebensraumtypen](#)
- Vorliegende Auswahl planungsrelevanter Arten im [CSV Format](#) speichern

Art	Status	Erhaltungszustand in NRW (KON)	Erhaltungszustand in NRW (ATL)	Bemerkung
Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name			
<b>Säugetiere</b>				
Myotis daubentonii	Wasserfledermaus	Nachweis ab 2000 vorhanden	G	G
Myotis myotis	Großes Mausohr	Nachweis ab 2000 vorhanden	U	U
Nyctalus noctula	Abendsegler	Nachweis ab 2000 vorhanden	G	G
Pipistrellus pipistrellus	Zwergfledermaus	Nachweis ab 2000 vorhanden	G	G
<b>Vögel</b>				
Accipiter gentilis	Habicht	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	G <sub>1</sub>
Accipiter nisus	Sperber	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	G
Acrocephalus scirpaceus	Teichrohrsänger	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	G
Alauda arvensis	Feldlerche	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>
Alcedo atthis	Eisvogel	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	G
Anas crecca	Krickente	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	U
Anthus pratensis	Wiesenpieper	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	S	S
Anthus trivialis	Baumpieper	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	U
Ardea cinerea	Graureiher	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	G
Asio otus	Waldohreule	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	U
Buteo buteo	Mäusebussard	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	G
Caprimulgus europaeus	Ziegenmelker	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	S	S
Carduelis cannabina	Bluthänfling	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	unbek.	unbek.
Charadrius dubius	Flussregenpfeifer	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	U
Cuculus canorus	Kuckuck	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>
Delichon urbica	Mehlschwalbe	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	U
Dendrocopos medius	Mittelspecht	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	G
Dryobates minor	Kleinspecht	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	U
Dryocopus martius	Schwarzspecht	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	G
Falco subbuteo	Baumfalke	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	U
Falco tinnunculus	Turmfalke	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	G
Grus grus	Kranich	Nachweis 'Rast/Wintervorkommen' ab 2000 vorhanden		U <sub>1</sub>
Hirundo rustica	Rauchschwalbe	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U <sub>1</sub>	U
Jynx torquilla	Wendehals	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	S	S
Lanius collurio	Neuntöter	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G <sub>1</sub>	U
Locustella naevia	Feldschwirl	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	U
Lullula arborea	Heidelerche	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	U
Luscinia megarhynchos	Nachtigall	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	G
Milvus migrans	Schwarzmilan	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U <sub>1</sub>	G
Milvus milvus	Rotmilan	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	S
Oriolus oriolus	Pirol	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>
Pernis ptilorhynchus	Wespenbussard	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	U
Phalacrocorax carbo	Kormoran	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	G
Phoenicurus phoenicurus	Gartenrotschwanz	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	U
Phylloscopus sibilatrix	Waldlaubsänger	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	U
Picus canus	Grauspecht	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U <sub>1</sub>	S
Rallus aquaticus	Wasserralle	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	U
Riparia riparia	Uferschwalbe	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	U
Riparia riparia	Uferschwalbe	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U	U
Saxicola rubicola	Schwarzkehlchen	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U <sub>1</sub>	G
Scolopax rusticola	Waldschnepfe	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	G
Serinus serinus	Girlitz	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	unbek.	unbek.
Streptopelia turtur	Turteltaube	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	U <sub>1</sub>	S
Strix aluco	Waldkauz	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	G
Sturnus vulgaris	Star	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	unbek.	unbek.
Tachybaptus ruficollis	Zwergtaucher	Nachweis 'Brutvorkommen' ab 2000 vorhanden	G	G

Abbildung 2: Auszug FIS Artenschutz LANUV NRW

### 3. Auswertung der Temperatur-, Sauerstoff- und Tiefenprofile

Das Gewässer Trerichsweiher hat an seiner tiefsten Stelle, bei Volleinstau, 2,70 m Wassertiefe. Das führt dazu, dass es entgegen der bisherigen Annahme im Sommer eine Schichtung ausbildet, d.h. es gibt eine produktive Schicht (Epilimnion) die sich im Gewässerkörper oben befindet. Die Schichtung führt allerdings auch dazu, dass die Tiefenwasserbereiche (Hypolimnion) im Sommer weitestgehend von der Oberfläche abgeschlossen sind.

Wassertiefe																	
Messpunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Wassertiefe (cm)	180	170	200	215	190	175	140	141	135	250	150	140	150	145	140	270	150



Abbildung 3: Wassertiefen des Gewässers

Dies lässt sich anhand der Sauerstoffprofile klar erkennen, hier sieht man dass ab einer bestimmten Wassertiefe kein Sauerstoff mehr vorhanden ist. Beispielsweise sind an der Stelle 5 in der Oberfläche 7,4 mg festgestellt worden, in ein Meter Tiefe 3,2 mg und in der Bodenzone noch 0,2 mg pro Liter Sauerstoff. Das führt dazu, dass die Abbauprozesse, die sonst in der Bodenzone stattfinden können und die die Stoffe des Gewässers umsetzen, blockiert sind. In Zeiten der Durchmischung des Gewässers (Frühjahr und Herbst) ist

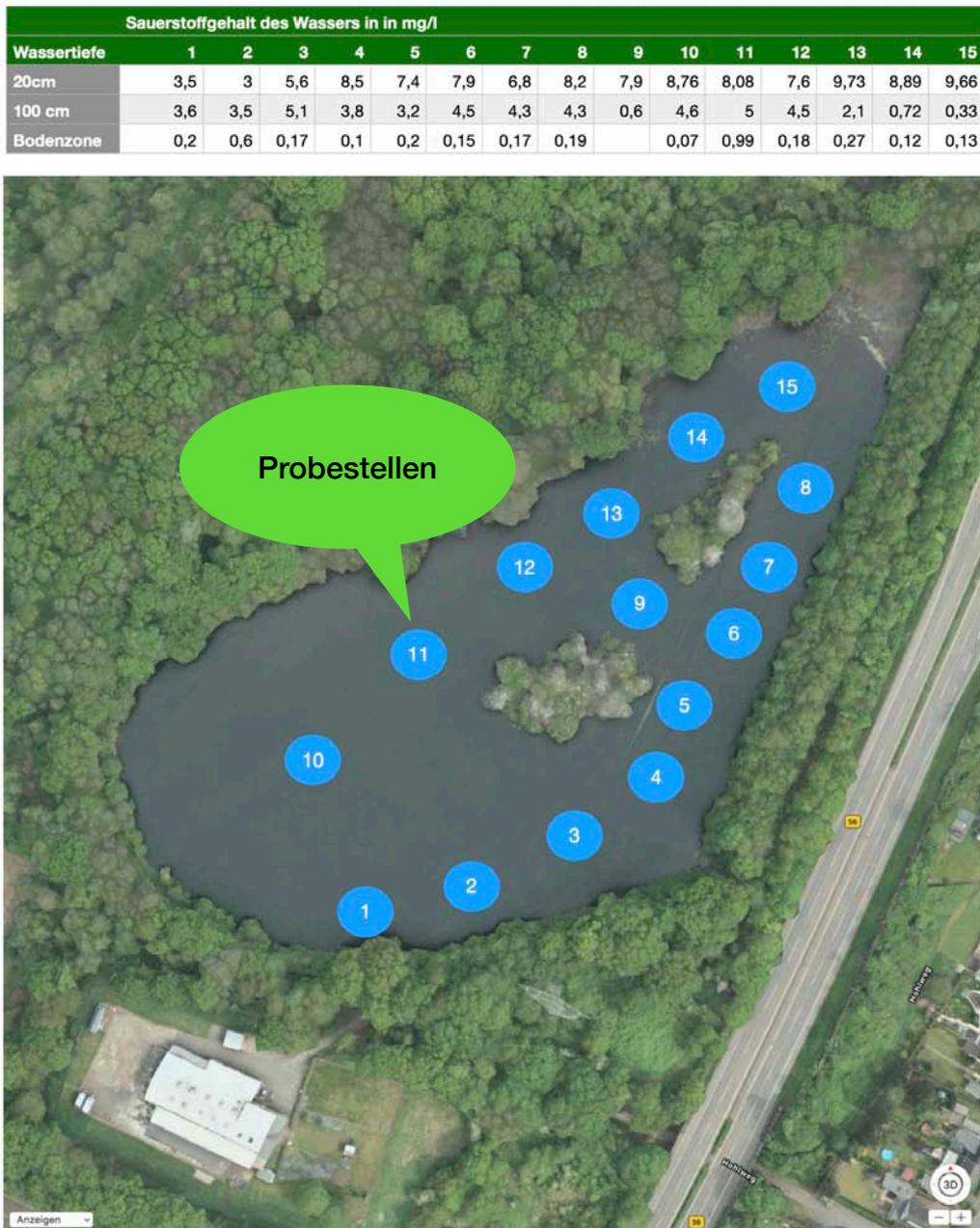


Abbildung 4: Typische Sauerstoffverteilung im Sommer

ausreichend Sauerstoff in der Bodenzone vorhanden oder zumindest knapp ausreichend.

Hauptproblemzeit ist wie in den vergangenen Jahren bemerkt, der Sommer und in dieser Zeit

sollte eine kontinuierliche Belüftung der Tiefenwasserschicht (Epilimnion) durchgeführt werden. Genauer dazu wird im Kapitel Empfehlungen beschrieben.

Ergänzend zu den Sauerstoff und Tiefenprofilen wurden auch die Schlammstärken an 17 Messstellen bestimmt. Diese sind insgesamt relativ typisch für einen Karpfenteich. Lediglich die rot markierten Messstellen weisen eine zu große Schlammstärke auf. Das später noch vorgestellte Maßnahmenkonzept ist in der Lage im Boden lebende Bakterien zu aktivieren, die diese organischen Schlammfrachten reduzieren können.

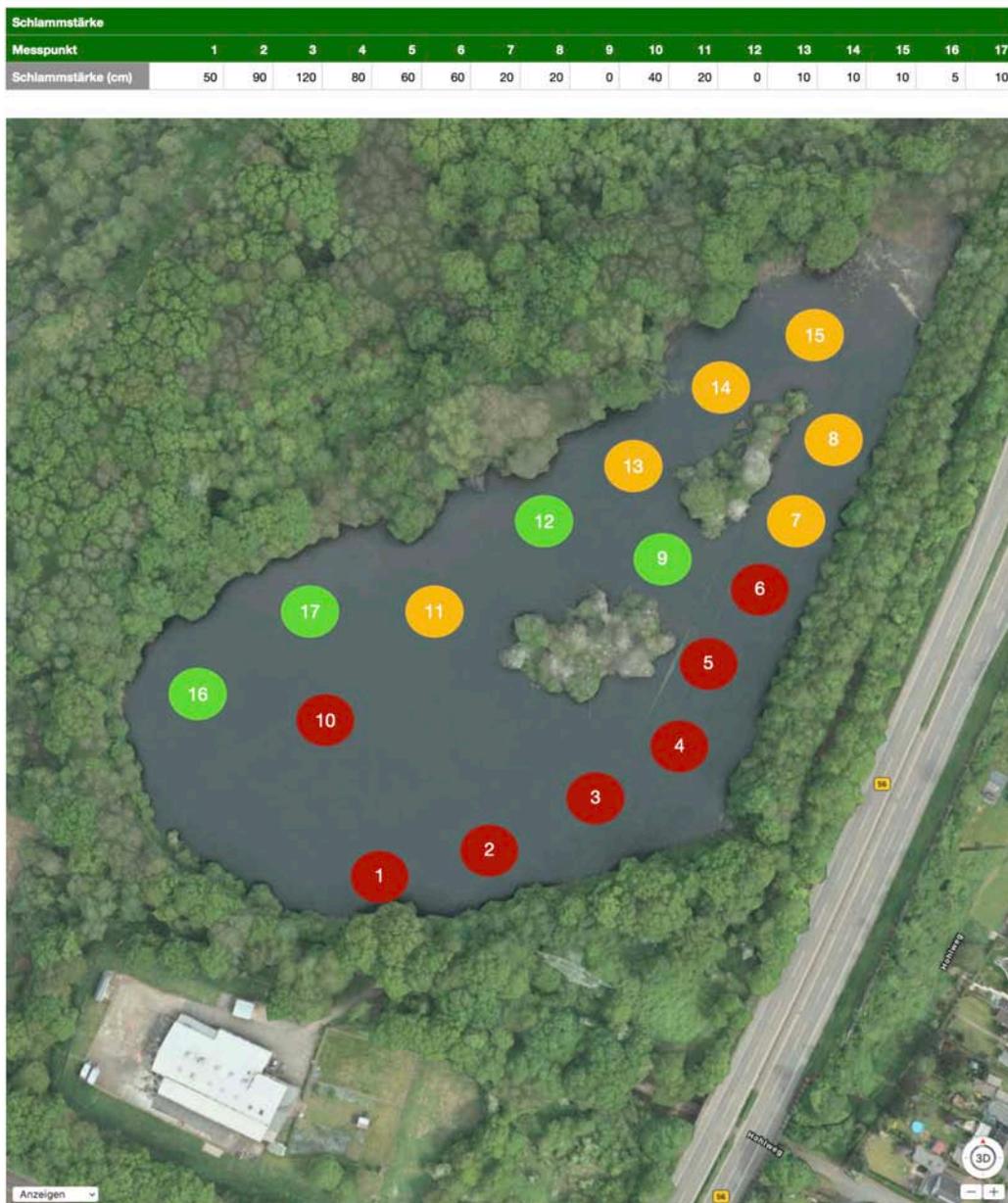


Abbildung 5: Schlammstärken

## 4. Sanierungsmöglichkeiten

In der folgenden Abbildung sind verschiedene Sanierungsmöglichkeiten skizziert, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

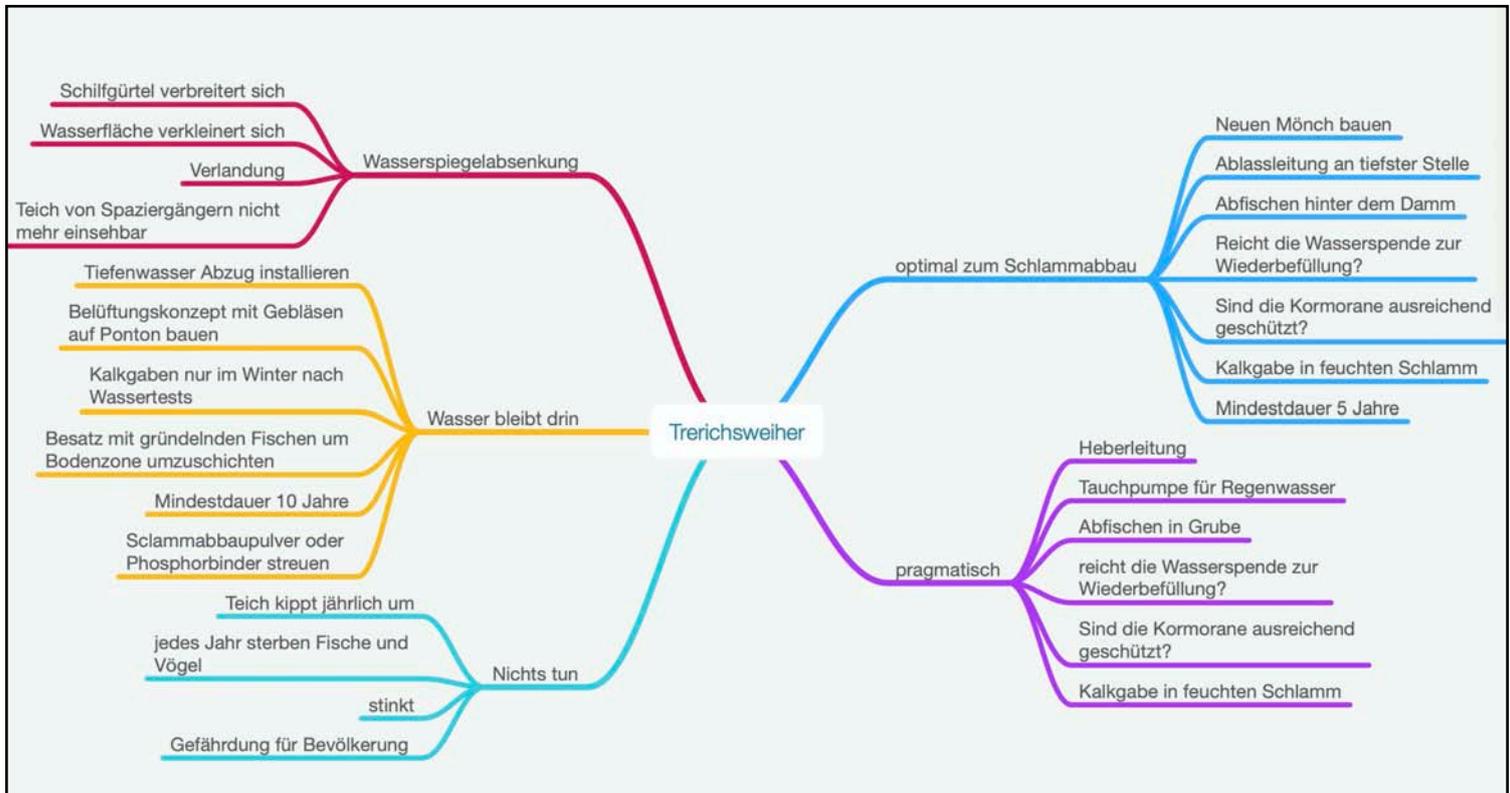


Abbildung 6: Sanierungsmöglichkeiten

### 4.1 Nichts tun oder Status quo

Die Erfahrung der letzten drei Jahre (2018- einschließlich 2020) zeigt, dass im Gewässer im Sommer katastrophale Sauerstoffbedingungen herrschen und regelmäßig Fische und Wasservögel sterben. Der Teich kippt um, das Wasser stinkt und in diesem Jahr haben sich sogar Gefährdungsbereiche für die Bevölkerung entwickelt. Nichts tun ist keine Option.

### 4.2 Absenkung des Wasserspiegels

Man könnte in diesem Gewässer den Wasserspiegel um ca. 1 m absenken, indem man den Überlauf des Gewässers tiefer positioniert. Das wird dazu führen, dass sich der Schilfgürtel verbreitert, die Wasserfläche verkleinert und Teile des Gewässers verlanden. Zu erwartende Effekte sind dann:

- Der Teich ist von Spaziergängern schwerer einsehbar, da durch den wachsenden Schilfgürtel die Wasserfläche nicht mehr sichtbar sein wird.

- Die beiden Inseln, die der zweitgrößten Kormoranbrutkolonie NRW's als Lebensraum dienen, werden nicht mehr von tiefem Wasser umspült. Deshalb werden sie vermutlich von Kormoranen nicht mehr als Brutstätte angenommen.

Dies wird vermutlich im FFH Gebiet nicht realisierbar sein.

### **4.3 Optimal zum Schlammabbau**

Eine weitere Option ist der Rückbau des Teiches zu einem karpfenteichwirtschaftlichen Gewässer. Hierzu müsste ein Mönch wieder errichtet werden, der an eine Ablassleitung angeschlossen wird, welche zur Zeit nicht existiert. Diese müsste zur tiefsten Stelle des Teiches führen. Ein Abfischen hinter dem Damm würde damit ermöglicht werden. Dieser Teich müsste anschließend zunächst jährlich abgefischt bzw. abgelassen werden und somit über Winter trocken gelegt werden. Hinzu käme eine Kalkgabe in den feuchten Schlamm und eine Mindestdauer des Konzepts von 5 Jahren.

Offene Fragen die es zu klären gäbe sind: Reicht die Wasserspende zur Wiederbefüllung und sind die Inseln wieder rechtzeitig umflutet um als Brutkolonie genutzt zu werden?

Da die Menge des, für die Wiederbefüllung notwendigen, Wassers aufgrund der Klimaveränderung eher zurückgeht, kann diese Variante vermutlich nur durch Generierung zusätzlicher Wasserquellen umgesetzt werden. (Genauerer kann mit dem geplanten Test im Winter 2020 herausgefunden werden).

### **4.4 Abfischen mit Hilfe einer Heberleitung**

Eine flexible Leitung könnte durch eine Vakuumpumpe angesaugt werden und würde anschließend nach dem Tauchheber-Prinzip den Teich leer laufen lassen. Im leeren Teich könnte eine Abfischgrube durch einen Baggerhub geschaffen werden, ansonsten ist dieses Konzept ähnlich dem vorgenannten, allerdings kostengünstiger. Es muss eine Tauchpumpe zur Regenwasserförderung installiert werden, da in der Phase der Trockenlegung über die gesamten Wintermonate; eindringendes Regenwasser gefördert werden muss. Das Konzept ist pragmatisch und preiswert, allerdings auch vandalismusgefährdet und betreuungsintensiv. Offen bleibt auch hier die Frage, ob die Wasserspende zur Wiederbefüllung ausreichend ist und ob die Kormorane ausreichend geschützt sind.

Aus naturschutzfachlicher Sicht muss jeweils spätestens in der letzten Februarwoche der Teich wiederbefüllt sein, sodass beide Inseln von Wasser umspült werden. Ansonsten werden diese nicht als Brutkolonie-Standort akzeptiert. Im Winter ist die Funktion der Inseln als Rastplätze für durchziehende Kormorane von untergeordneter Bedeutung.

#### 4.5 Wasser bleibt drin

Dieses Konzept setzt zunächst ein alternatives angepasstes Belüftungskonzept voraus, da die bisher eingesetzten Oberflächenbelüfter oft technische Schwierigkeiten haben. Alternativ sollte deshalb auf eine Belüftung mit niedrig komprimierter Druckluft umgestellt werden. Diese Druckluft kann wahlweise durch Ringgebläse (sehr laut) oder Linearkompressoren (wesentlich leiser aber geringfügig höher im Stromverbrauch) bereitgestellt werden. Bei einer Montage auf einem mobilen Schwimmponton sind keine Bauarbeiten im Naturschutz/FFH Gebiet notwendig. Die Ponton - Station kann schwimmend an verschiedenen Stellen positioniert werden und ermöglicht so kurze Leitungslängen zu den kritischen Gewässerstellen, an denen die schlechtesten Sauerstoffverhältnisse gemessen werden oder an denen verstärkter Schlammabbau erfolgen soll.

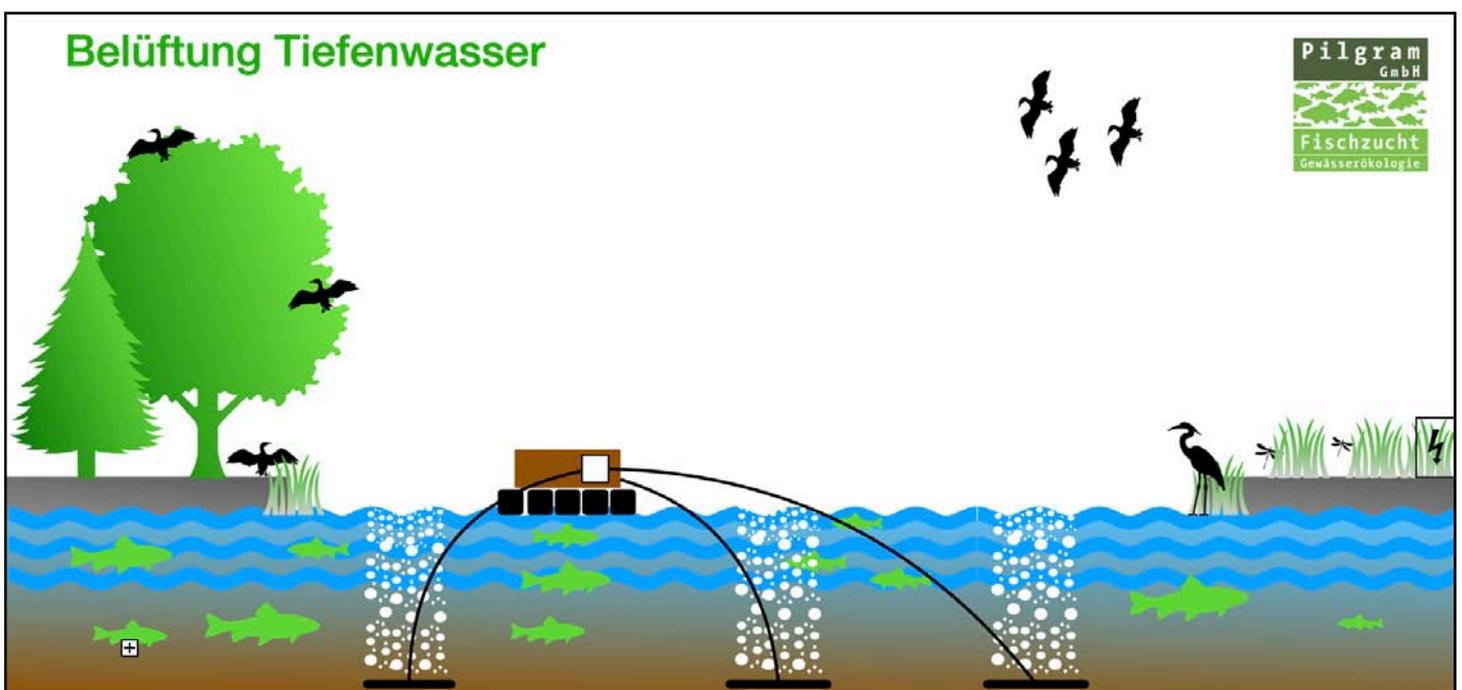


Abbildung 7: Belüftung Tiefenwasser

Der Schlammabbau sollte durch gezielte Kalkgaben (im Karpfenteich nach Biolandrichtlinie zulässig) im Winter unterstützt werden. Der Einsatz von Phosphatbindern ist im Schutzgebiet nicht zulässig.

Zusätzlich könnte das Gewässer mit einigen gründelnden Fischen (z.B. Karpfen) besetzt werden, die während des Sommers die Bodenschichten durchwühlen, was 2 Effekte hat:

- die Bodenbakterien werden in der Mineralisierung der sich auf dem Boden befindenden abgestobenen Biomasse unterstützt
- die entstehende leichte Gewässertrübung reduziert den Lichteinfall und lässt so weniger Wasserpflanzenbiomasse entstehen

Um die im Gewässer kumulierenden Nährstoffe zu verdünnen, könnte der jetzige Oberflächenwasserabzug so modifiziert werden, dass auch Tiefenwasser abfließen kann.

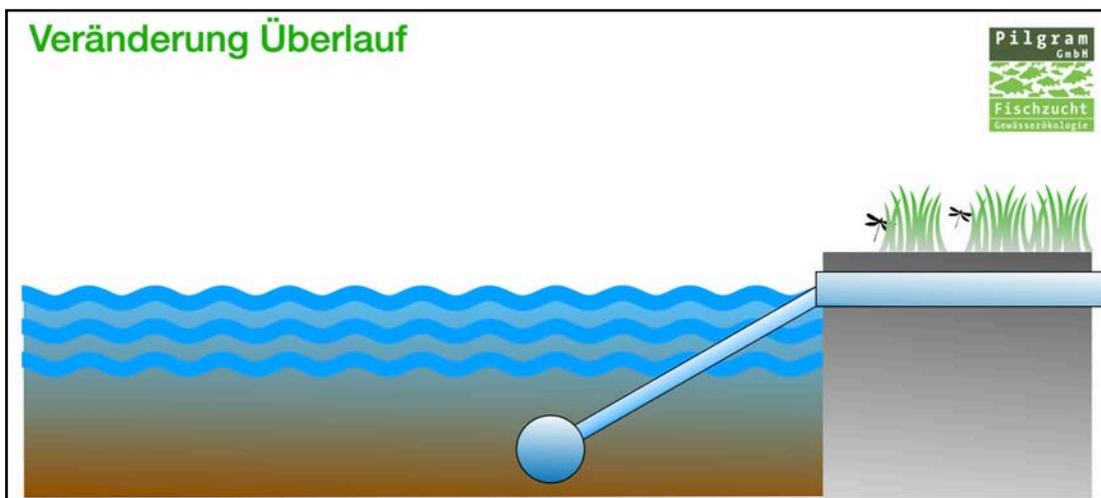


Abbildung 8: Veränderung Überlauf

## 5. Empfehlung

Nach heutigem Kenntnisstand sollte die letztgenannte Variante (4.5) präferiert werden, da diese minimal invasiv, leise, energiesparend, wartungsarm und schonend für Fische und Vögel ist.

Bei einem mehrjährigen Einsatz des Verfahrens geht der Unterzeichner davon aus, dass zukünftig auf sommerliche Spontanrettungen verzichtet werden kann. Die im Rahmen der Anlagenbetreuung monatlich weitergeführten Wasser- und Teichkontrollen, zeigen rechtzeitig an, ob das Konzept aufgeht oder ob gegebenenfalls nachgesteuert werden muss.

Die vorgeschlagene Sanierung sollte den Trerichsweiher so ertüchtigen, dass er wieder alle Ökosystemdienstleistungen teichwirtschaftlicher Gewässer erbringen kann.

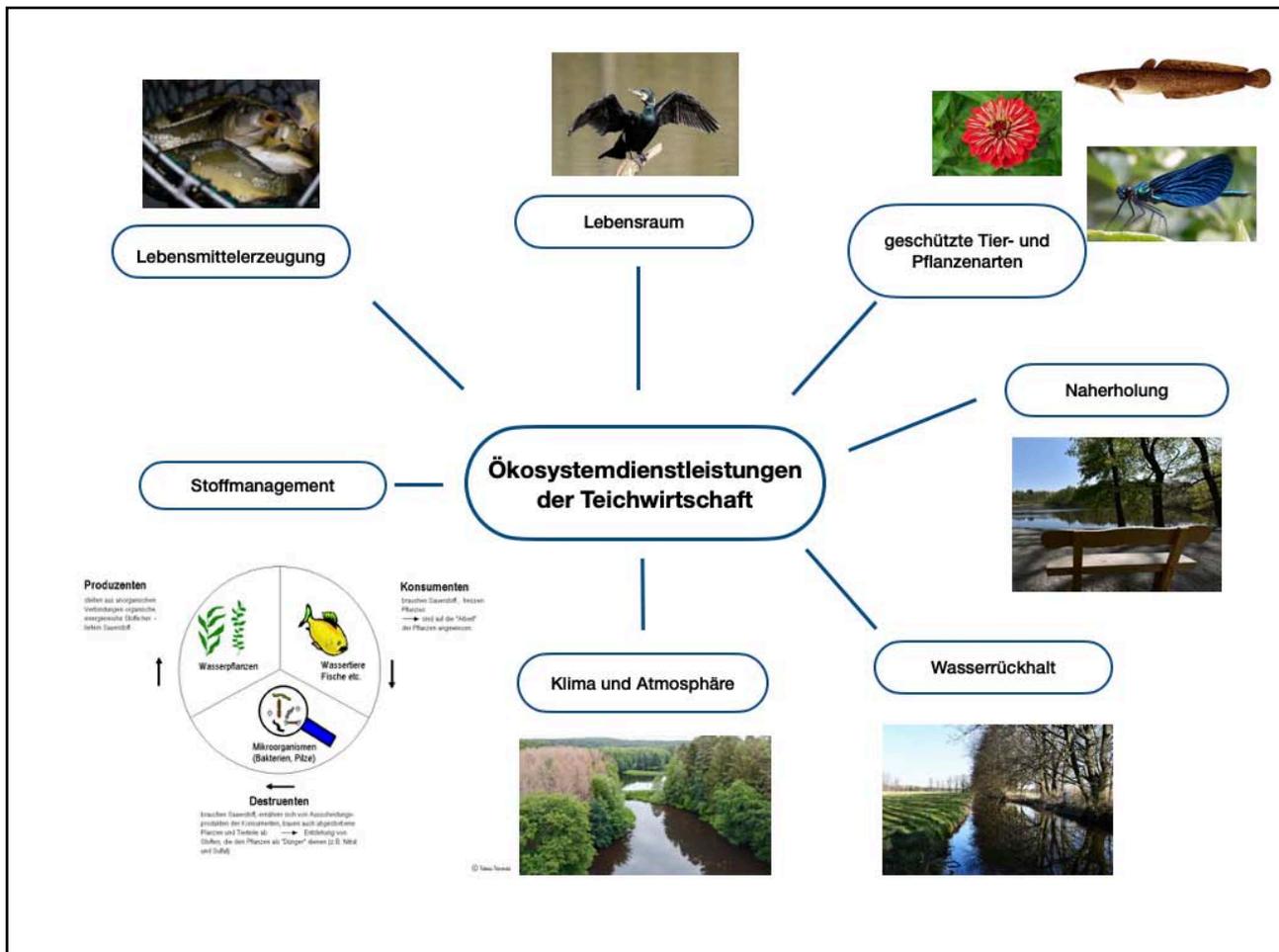


Abbildung 9: Ökosystemdienstleistungen der Teichwirtschaft

Lohmar, 26.10.2020



## Hintergründe

### Nährstoffüberschuss in Stillgewässern

Anhand verschiedener chemisch- physikalischer Parameter kann man Gewässer in verschiedene Trophiestufen einteilen:

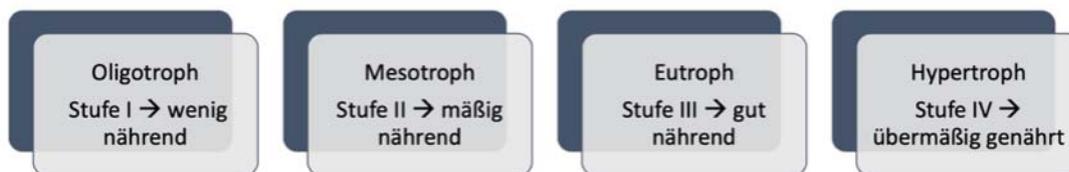


Abbildung 10: Gewässergüteklassen

Seen (Teiche), welche dem Prozess der Eutrophierung unterliegen, gelten als hypertroph, also übermäßig mit Nährstoffen versorgt. Eutrophierung beschreibt die Anreicherung von und Überbelastung mit anorganischen Nährstoffen wie Phosphat, Nitrat usw. in einem Standgewässer.

Durch Laub, Vogelkot und menschlichen Einfluss wie das Füttern von Enten und Wasserverschmutzung durch z.B. Müll und Urin kommt es zu einem hohen Eintrag von organischen Material. Zusätzlich gelangen auch durch Regen zusätzliche Nährstoffe ins Gewässer.

Primärproduzenten, wie Algen und Wasserpflanzen, nutzen die Nährstoffe zum Wachsen und es kommt zu einer Massenvermehrung der Wasserpflanzen. Bei Algen nennt man dies Algenblüte. Durch die erhöhte Stoffwechselaktivität der Pflanzen produzieren diese auch vermehrt Sauerstoff und geben diese ins Gewässer ab.

Besonders im Sommer, wenn die Organismen viel Sonnenenergie nutzen können passiert dies. Wassertiere, wie z.B. Fische, fressen dann die Primärproduzenten und vermehren sich durch das höhere Nahrungsangebot auch.

Auch wenn ein hohes Nährstoffangebot hier erst einmal positiv erscheint, hat es fatale Folgen für die Biozönose (alle Organismen in einem Lebensraum) und auf das gesamte Biotop (Organismen+ Lebensraum).

Wenn die Konsumenten und Produzenten natürlicherweise sterben, sinken sie auf den Boden ab und müssen von Bakterien unter Nutzung von Sauerstoff zersetzt werden. Der Sauerstoff in den unteren Gewässerschichten ist jedoch schnell verbraucht und es muss genügend Sauerstoff nach produziert werden. An bewölkten und regenreichen Tagen, ist dem jedoch nicht so. Den Primärproduzenten fehlt Sonnenlicht für eine ausreichende Sauerstoffversorgung des gesamten Gewässers.

Die zu Boden gesunkenen Organismen können nur noch ohne Sauerstoff (anaerob) abgebaut werden, Fäulnis-Prozesse finden statt. Dabei entstehen z.B. Methan und Ammoniak welche als Zellgifte wirken und für die Organismen im Weiher tödlich sein können.

Fische die an dieser Ursache sterben können Leichengift enthalten wenn sie unter anaerobe Bedingungen zersetzt werden. Das Leichengift besteht aus Toxinen der zersetzenden Bakterien. Die Wasservögel die wiederum diese Fische dann konsumieren sterben daran. Dadurch sterben z.B. Enten, Gänse und Kormorane.

Der Trerichsweiher hat in den vergangenen drei Jahren mehrmals die Endstufe der Eutrophierung erreicht. Der Sauerstoffgehalt war im Sommer 2020 noch niedrig in den Vorjahren und zusätzlich wurden Blaualgen gefunden. Einige Blaualgen Arten produzieren Stoffe die bei badenden Menschen und Hunden bei Schlucken des Wassers zu Durchfall, Erbrechen, Hautausschlägen und im schlimmsten Fall sogar zu Atemnot führen können. Zusätzlich wird der Schlamm der sich am Boden absetzt wird von Jahr zu Jahr mehr. In diesem Schlamm speichern sich Nährstoffe wie Phosphor, dadurch werden Eutrophierungsprozesse im Sommer beschleunigt und der Weiher „kippt“ jedes Jahr schneller. Daher ist ein Abbau des Schlammes essentiell um weitere Eutrophierungen zu verringern bzw. zu umgehen.

### Sanierungsmöglichkeiten nach Umweltbundesamt und relevanter Forschungsliteratur

Zur Trophieminderung können externe Sanierungs- oder interne Restaurierungsmaßnahmen genutzt werden. Das Umweltbundesamt empfiehlt die „externe Nährstoffbelastung von Seen nachhaltig zu verringern“, da langfristig nur eine Reduktion der Einträge in Gewässer zu einer Verbesserung der Wasserqualität führen kann. Nährstoffe werden durch verschiedene Quellen eingetragen dazu zählen „diffuse Einträge aus der Landwirtschaft durch Erosion, Drainage

oder Oberflächenabfluss, Einträge aus städtischer Mischwasserkanalisation, die bei Starkregenereignissen fast ungeklärt in die Gewässer gelangen oder punktuelle Einleitungen von Kläranlagen ohne dritte Reinigungsstufe.(...). Zentral sind hierbei die Phosphoreinträge.“ (<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/seen/nutzung-belastungen/wie-verbessern-wir-den-zustand-unserer-seen#externe-massnahmen-zur-trophieminderung->). Nach Hupfer et al. 2013 sind interne Maßnahmen sinnvoller und effizienter wenn der Aufwand zur Senkung der externen Quellen mit enormen Aufwand verbunden ist, wie z.B. wenn es zur Nährstoffanreicherung in Böden kommt. Außerdem können externe Maßnahmen bedingt durch gewässerinterne und/oder hydrologische Verhältnisse sehr langsam wirken. Hupfer et al. erklären „Seen mit sehr langer Wassererneuerungszeit reagieren bis zu Jahrzehnten verzögert auf eine externe Lastsenkung“. Zusätzlich kann das „nichtlineare Verhalten von Seen nach der Senkung der Nährstoffkonzentration im Gewässer (...) ebenfalls seeinterne Maßnahmen begründen“(ebd.), da eine stärkere Senkung der Nährstoffkonzentration notwendig ist ;als durch externe Maßnahmen erreichbar; um eine Selbststabilisierung des Gewässers auszulösen (vgl. Hupfer et al., 2013, p. 712).

Lewandowski et al. (2013) stellen in ihrem Fachartikel gewässerinterne Maßnahme zur Trophieminderung vor. See- interne Maßnahmen zeichnen sich dadurch aus, das sie direkt den Nährstoffgehalt im Gewässer reduzieren; durch erhöhten Phosphat- Rückhalt oder Phosphat- Export; und /oder die Struktur des Biotops verändern. (vgl. Lewandowski et al., 2013, p. 719).

#### Erhöhung der P- Bindung im Gewässer

Die Phosphat Bindung im Gewässer kann mit Hilfe reaktiver Fällmittel erhöht werden. Zur „Ausfällung von Nährstoffen werden [...] hauptsächlich Verbindungen mit den wirksamen Bestandteilen Aluminium (Al), Calcium (Ca), Eisen (Fe) und Lanthan (La) in die Gewässer eingebracht“ (Lewandowski et al., 2013, p.719). Fällmittel wirken auf zwei Weisen: Einerseits werden Nährstoffe, vor allem Phosphat, aus dem Wasserkörper ausgefällt und sind somit nicht mehr frei verfügbar für Organismen. Zweitens findet eine „Erhöhung des Bindungspotenzials der Sedimente“ (ebd., p. 720) wodurch die Rücklösung von Phosphat verhindert wird. Im Folgenden werden Ca- haltige Fällmittel mit Fe- haltigen Fällmitteln verglichen.

Ca- haltige Fällmittel haben im Vergleich eine „deutlich geringere Bindungskapazität für [Phosphat] und die Reaktivität der entstandenen Präzipitate lässt durch Alterung (Mineralisation, pH-Wert Änderung) relativ schnell nach“ (Lewandowski et al., 2013, p. 722). Ein Vorteil dieser Methode ist dass sie den natürlichen Prozess der Kalkfällungen durch die Photosynthese von Phytoplankton imitiert. (vgl. ebd.).

Eisenhaltige Fällmittel sind redoxsensitiv, da unter reduzierenden Bedingungen Fe- haltige Verbindungen immer wieder in Lösung gehen und das gebundene Phosphat freigegeben wird. Häufig wurde deswegen eine Belüftung des Tiefwassers durchgeführt um die Bindung von Eisen und Phosphat zu stabilisieren. Inzwischen wird die Redoxsensitivität als Vorteil angesehen, denn in höheren Konzentrationen ist Eisen „im Sediment mobil, verlagert sich in Richtung Sedimentoberfläche und stellt so eine hohe P-Bindfähigkeit sicher“ (ebd., p.723). Außerdem ist das Phosphat, welches in der Schichtungsperiode im Hypolimnion freigesetzt wird nicht wachstums-wirksam und wird bei Vollzirkulation; und dadurch Sauerstoffzutritt, direkt wieder ausgefällt. Abschließend können eisenhaltige Verbindungen unter reduzierenden Bedingungen zu Fe<sup>2+</sup> umgewandelt werden. Hohe Konzentrationen von Fe<sup>2+</sup> erhöhen die Bildung von Vivianit und fördern damit langfristig die Bindekapazität des Sediments (vgl. ebd.).

#### Erhöhung des P- Exports aus dem Gewässer

Um den Phosphat- Export aus dem Gewässer zu erhöhen kann Tiefenwasser abgeleitet werden. Phosphat sedimentiert ins Hypolimnion (Tiefenwasser) und reichert sich dort an. Am effektivsten funktioniert dies, wenn möglichst viel Phosphat im Wasser gelöst vorliegt. (Lewandowski et al., 2013, p. 724).

#### Belüftung, Zwangszirkulation

Durch eine vollständige Durchlüftung oder „Zwangszirkulation“ nach Lewandowski et al. (2013) wird der Wasserkörper gemischt. Die Schichtung des Gewässers wird aufgelöst und die Nährstoffe wieder gleichmäßig verteilt. Dabei wird außerdem der Sauerstoffvorrat des Gewässers aufgefüllt. (vgl. Lewandowski et al., 2013, p. 725).

In Falle des Trerichsweiher muss nur partiell belüftet werden, da es ein teilgeschichtetes Gewässer ist und der Nährstoffaustausch schneller wieder angeregt werden kann.

## Quellenverzeichnis

Günther, E.; Kaulich, S.: Kennen Sie den Begriff Umweltleistung? In: Umweltmagazin, 33 Jh. (2003), H. 4/5, S. 58-59.

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/seen/nutzung-belastungen/wie-verbessern-wir-den-zustand-unserer-seen#externe-massnahmen-zur-trophieminderung>  
(letzter Aufruf 12.10.2020)

Hupfer, M.; Gohr, F.; Krause, D.; Mathes, J.; Spieker, J.; Wanner, S. & Lewandowski, J.:  
Vorbereitung und Auswahl von Maßnahmen zur Seentherapie, Korrespondenz  
Wasserwirtschaft, 6(12), 710-717, 2013.

Lewandowski, J.; Hoehn, E.; Kasprzak, P.; Kleeberg, A.; Kurzreuther, H.; Lücke, N.; Mathes, J.; Meis, S.; Rönicke, H.; Sandrock, S.; Wauer, G.; Rothe, M. & Hupfer, M: Gewässerinterne Ökotechnologien zur Verminderung der Trophie von Seen und Talsperren, Korrespondenz Wasserwirtschaft, 6(12), 718-728, 2013.

Millenium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well- being: Synthesis.  
Island Press, Washington, DC.