

## Zusammenfassung und Maßnahmen zur Sanierung des Klosterweiher

Im Zeitraum von April bis September 2020 wurden insgesamt 6 limnologische Untersuchungen im Klosterweiher und an den Zuflüssen im Einzugsgebiet durchgeführt, um den aktuellen Zustand der Gewässerqualität zu erheben und die Belastungsquellen zu analysieren.

Des Weiteren wurden Sedimentuntersuchungen im Klosterweiher durchgeführt, um die Rolle der internen Nährstoffrückdüngung und die Schadstoffbelastung des Sedimentes zu klären.

### Trophieklassifikation

Der Klosterweiher weist nach den limnologischen Analysen im Jahr 2020 die Zustandsklasse polytroph 1 auf. Das bedeutet, dass der Klosterweiher aktuell vier Trophiestufen schlechter ist gegenüber dem Referenzzustand flacher Stillgewässer („mesotroph“) und nur noch 2 Stufen von der schlechtest möglichen Trophiestufe („hypertroph“) entfernt ist.

**Als Güteziel für Stillgewässer mit Badenutzung ist ein mesotropher Zustand anzustreben (= mäßig“ Nährstoffbelastung).**

Gegenüber der letzten Untersuchung des Klosterweiher in den Jahren 2004-2005 hat sich der Trophiezustand des Klosterweiher um zwei Trophiestufen verschlechtert. Damals erreichte der Klosterweiher noch die Stufe eutroph 1 und war damit nur zwei Stufen vom Referenzzustand entfernt.

### Nährstoffbelastung

Zwischen den Untersuchungsjahren 2004/05 und 2020 kam es zu einer starken Erhöhung der Phosphatbelastung im Klosterweiher. Im Mittel stiegen die **Orthophosphatkonzentrationen** in diesem Zeitraum im Weiher von durchschnittlich 5 µg P/l auf 16 µg P/l und das Gesamtphosphat von 41 µg P/l (2004) bzw. 49 µg P/l (2005) auf 94 µg P/l im Jahr 2020.

In mesotrophen bis leicht eutrophierten Stillgewässern ist anorganisch gelöstes Orthophosphat in der Vegetationsperiode i.d.R. gar nicht nachweisbar.

Die **Gesamtphosphatkonzentrationen** erreichten in der zufließenden Brigach im Mittel der Untersuchungen 2010 Ø 52 µg P/l und im Sommerauer Bach Ø 55 µg P/l

Die Phosphatkonzentrationen lagen in den Jahren 2004/05 sowohl im Sommeraubach mit 54 µg P/l als auch in der Brigach mit 52 µg P/l im Mittel in der gleichen Größenordnung wie im Untersuchungsjahr 2020.

Dies zeigt, dass die Verschlechterung des Klosterweiher im Zeitraum zwischen den Jahren 2004/05 und 2020 im Wesentlichen auf die verstärkte interne Phosphatrücklösung aus dem Sediment des Weiher zurückzuführen ist und nicht auf einen Anstieg der Phosphatzufuhr über die Zuflüsse.

Der **Nitratstickstoff** bewegte sich in der Vegetationsperiode 2020 zwischen Mai und August in der Regel unter 0,10 mg NO<sub>3</sub>-N/l im Klosterweiher.

In den Jahren 2004/05 nahm der Nitratstickstoff im Klosterweiher in jeder Vegetationsperiode zwar parallel zur Entwicklung des Algenwachstums ebenfalls deutlich ab; es kam damals aber zu keinem Zeitpunkt zu einer vollständigen Aufzehrung der Stickstoffvorräte.

Für die Nitrataufzehrung im Klosterweiher sind drei Faktoren maßgeblich verantwortlich:

- das intensive Algenwachstum im Weiher während der Sommermonate
- die Aufzehrung bzw. Denitrifikation in dem rückgestauten Zufluss durch den Biberdamm
- die Nitratreduktion im sauerstofffreien Tiefenwasser und Denitrifikation in dem organisch angereicherten Sediment.

Das bedeutet, dass unter den aktuellen Belastungsverhältnissen Stickstoff neben Phosphor inzwischen ebenfalls einen das Wachstum limitierenden Nährstoff im Klosterweiher darstellt.

## Algenwachstum

Als Folge dieser Nitrataufzehrung wird u. a. das Wachstum toxinbildender Blaualgen befördert, da zahlreiche Blaualgen Stickstoff aus der Atmosphäre binden können und in dieser Situation einen Konkurrenzvorteil gegenüber anderen Algengruppen haben.

Aufgrund ihrer Toxinproduktion stellen Blaualgen eine akute Gefährdung für den Badebetrieb im Klosterweiher dar.

Nach den Empfehlungen des Umweltbundesamtes<sup>1</sup> sollten bei Sichttiefen < 1,0 m und einem Cyanobakterienchlorophyll a-Gehalt zwischen 5 und 15 µg/l **Warnhinweise** an die Bevölkerung gegeben werden.

Bei geringen Sichttiefen von < 0,5 m und einem Cyanobakterienchlorophyll a-Gehalt von > 75 µg/l sollten Warnhinweise bzw. Verhaltenshinweise für Kleinkinder und Wassersporttreibende veröffentlicht und gegebenenfalls auch ein vorübergehendes Badeverbot verhängt werden, bis die Blaualgenentwicklung sich wieder deutlich verringert („**Alarmstufe**“).

Die Chlorophyll a-Gehalte lagen in den Untersuchungen zwischen Mai und Juli 2020 mit 80 bis 148 µg/l<sup>2</sup> konstant im Bereich der Chlorophyll a-Gehalte der Alarmstufe.

Das Algenplankton des Klosterweihers wurde im gesamten Sommer 2020 von fädigen und coccalen Blaualgen, v. a. *Anabaena solitaria* und *Microcystis aeruginosa*, dominiert, die alle zur Toxinproduktion fähig sind.

In den Jahren 2004 und 2005 traten toxinbildende Arten aus den Gattungen *Microcystis* und *Anabaena* dagegen nur in minimaler Populationsdichte auf und spielten damals noch keine wesentliche Rolle im Klosterweiher. Lediglich Anfang September 2005 wurde eine geringe und kurz andauernde Blaualgenentwicklung durch *Aphanizomenon flos-aquae* registriert.

In dem sehr warmen Sommer 2003 war dagegen eine massive Blaualgenentwicklung im Klosterweiher beobachtet worden. Wie weitere Untersuchungen in dem sehr warmen und abflussarmen Sommer 2003 an anderen Seen gezeigt haben, war diese Blaualgenentwicklung mit großer Wahrscheinlichkeit ebenfalls auf den geringen Zufluss und den dadurch geringen Nitrateintrag in diesem Extremjahr zurückzuführen (s. WURM 2004).

Die **Sichttiefe** bewegte sich im Sommer 2020 aufgrund des starken Algenwachstums fast immer unter 1,0 Meter - dem Grenzwert für die Sichttiefe in Badegewässern, der die Rettung

---

<sup>1</sup> s. Bundesgesundheitsblatt 8 2015

<sup>2</sup> Da sich in diesen Monaten das Algenplankton im Klosterweiher zu über 90 % aus Blaualgen zusammensetzte, kann der Chlorophyll a-Gehalt annähernd mit dem Cyanobakterienchlorophyll a-Gehalt gleichgesetzt werden.

Ertrinkender ermöglichen soll. Ende Juni/Anfang Juli 2020 ist die Sichttiefe im Klosterweiher sogar auf 0,5 Meter abgesunken.

Im Sommer 2005 sank die Sichttiefe während des stärksten Algenwachstums nur bis auf 1,5 Meter ab. Der Grenzwert für Badegewässer von einem Meter wurde im damaligen Untersuchungszeitraum nicht unterschritten.

### **Sauerstoffhaushalt**

Während im Oberflächenwasser auch 2020 fast immer gute **Sauerstoffverhältnisse** vorlagen, kam es in den Sommermonaten zu einem starken Rückgang des Sauerstoffgehaltes im Tiefenwasser.

Obwohl der Klosterweiher mit seiner Maximaltiefe von lediglich knapp über drei Metern in die Kategorie der Flachseen gehört, bildet er in den Sommermonaten immer wieder für einen kurzen Zeitraum eine stabile Temperaturschichtung aus. Diese Schichtung übt einen großen Einfluss auf den Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser und die Nährstoffrücklösung aus dem Sediment aus.

Am 30. Juni 2020 war der Wasserkörper unterhalb einer Tiefe von 2,5 Metern ganz sauerstofffrei (= anaerob).

Das bedeutet, dass bereits die aufgrund der hier herrschenden Witterungsverhältnisse relativ kurzen Einschichtungsphasen ausreichen, damit am Grund des Weihers ein starkes Sauerstoffdefizit auftritt. Dieses Defizit wird durch die Sauerstoffzehrung beim Abbau der im Sediment abgelagerten organischen Stoffe verursacht, die hauptsächlich aus Organismenresten bestehen, die größtenteils im Weiher selbst produziert werden (Algen,...), und in kleinerem Umfang aus organischen Partikeln, die über die Zuflüsse eingetragen werden (z. B. Falllaub).

Zur Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers während der kurzen Einschichtungsperioden trägt normalerweise der Zufluss des kühlen, sauerstoffreichen Wassers der Brigach bei, das sich aufgrund seiner höheren spezifischen Dichte in den Sommermonaten am Weihergrund und nicht an der Oberfläche einschichtet.

Durch den Biberstau erwärmte sich das zufließende Wasser der Brigach in den Sommermonaten 2020 um 2 bis 5 °C, so dass der sauerstoffreiche Zufluss nicht mehr in die Tiefe absinken bzw. einschichten konnte.

Des Weiteren können die Sauerstoffverhältnisse in der Tiefe durch die Ableitung des Tiefenwassers über den Mönch verbessert werden. Da über den Mönch des Kloster Weihers derzeit jedoch nur Oberflächenwasser abfließt, verstärkt sich das Sauerstoffdefizit im Tiefenwasser.

Die Sauerstoffaufzehrung im Tiefenwasser führt zu einer verstärkten Rücklösung an Nährstoffen aus dem Sediment, welche die Eutrophierung derzeit hauptsächlich antreiben.

Aufgrund der geringen Wassertiefe von 3 Metern gelangen die Nährstoffe auch in der Vegetationsperiode sehr schnell in die obere Wasserschicht, wo sie den Algen zum Wachstum zur Verfügung stehen.

Die Rücklösung ist so intensiv, dass auch in den kurzen Einschichtungsphasen eine Akkumulation von Phosphat und Stickstoff in Form von Ammonium über dem Grund des Weihers gemessen werden konnte:

- der Orthophosphatgehalt stieg in der Messung am 30.06.2020 von 8 µg P/l an der Oberfläche auf 52 µg P/l über dem Grund an (2004/05 wurde lediglich ein maximaler Anstieg auf 25 µg P/l registriert).
- der Ammoniumstickstoff ist am 30.06.2020 von 0,01 auf 0,29 mg NH<sub>4</sub>-N/l angestiegen.

Die Messungen der Tiefengradienten im Sommer 2020 weisen darauf hin, dass derzeit die interne Nährstoffrücklösung den Hauptfaktor für die starke Algenentwicklung im Klosterweiher darstellt und der externe Phosphateintrag über die Brigach und den Sommeraubach eine geringere Bedeutung hat.

### **Sedimentanalysen**

Die Sedimentuntersuchungen am 27.09.2020 zeigten, dass das Sediment im Klosterweiher aktuell eine sehr hohe organische Belastung von durchschnittlich 27 % aufweist. In den Analysen der Jahre 2004/05 lag die organische Belastung noch bei durchschnittlich 21 %.

Die hohe organische Belastung des Sedimentes ist verantwortlich für das starke Sauerstoffdefizit im Tiefenwasser in den Sommermonaten und damit für die intensive Nährstoffrücklösung aus dem Sediment.

Die Untersuchung der Sedimente nach der LAGA-VwV ergab, dass das Sediment des Kloster Weihers

- bei den Schwermetallen nur leicht erhöhte Werte aufweist, die überwiegend noch mit der Zuordnung zur Kategorie Z 0 vereinbar sind
- aufgrund der erhöhten polyaromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) mit 7,7 mg/kg TS (Summe der 16 PAK-EPA) jedoch bereits in die Kategorie Z 1.2 einzustufen ist. Zum Vergleich: Der PAK-Gehalt lag in der Sedimentprobe aus dem Badebereich des Kloster Weihers im Jahr 2005 nur bei 3,6 mg/kg TS.
- sehr stark mit polychlorierten Biphenylen (PCB) belastet ist. Mit PCB-Gehalten von 0,84 und 0,57 mg/kg TS wird sogar die Grenze der Z 2-Kategorie von 0,5 mg/kg TS überschritten.

Aufgrund der Schadstoffbelastung ist eine landwirtschaftlich Verwertung bzw. Ausbringung der Sedimente aus dem Klosterweiher nicht möglich. Auch der Einbau z. B. unter befestigten Flächen ist aufgrund der Überschreitung des Z 2-Wertes bei den PCB problematisch, so dass sehr wahrscheinlich nur die Deponierung in Frage kommt.

Es sollte überprüft werden, ob die Belastung der Sedimente mit PAK und vor allem mit PCB aus der Auswaschung der Fläche, welche südlich an das Vorbecken angrenzt, wo bereits PAK Verunreinigungen ermittelt wurden, resultiert oder ob dafür industrielle Einleiter im Wassereinzugsgebiet in Frage kommen.

## **Maßnahmenvorschläge zur Sanierung des Klosterweiher**

Die starke Eutrophierung des Klosterweiher wird derzeit in erster Linie durch die interne Rückdüngung aus dem Sediment verursacht.

Daher ist die **Entschlammung** des Klostersees die vordringlichste Maßnahme, um die Sauerstoffaufzehrung und die interne Rückdüngung zu unterbinden und die Freizeitnutzung sicher zu stellen.

Hierbei sollte auch das Vorbecken mit geräumt werden, damit es seine Funktion als Sedimentfang wieder besser erfüllen kann.

### **Biberdamm**

Um einen guten Zustand des Klosterweiher nach einer Entschlammung langfristig zu gewährleisten, sollte auch der Anstau der Brigach durch den Biberdamm oberhalb des Weiher beseitigt werden. Durch den Aufstau kommt es

- zeitweise zu einer Abnahme des Sauerstoffgehaltes im zufließenden Wasser durch die Zehrung der überstauten und abgestorbenen Pflanzenbiomasse, und dadurch auch
- zu einer Nitratreduktion im Zufluss, wodurch das Auftreten von Blaualgen im Klosterweiher begünstigt wird, und
- zu einer erheblichen Erwärmung der Brigach, so dass der Zufluss nicht mehr auf den Grund des Weiher gelangt und dort die Sauerstoffversorgung im Sommer verbessern kann.

### **Ablauf am Mönch**

Am Mönch muss auf Tiefenwasserableitung umgestellt werden, damit das sauerstoffärmere und nährstoffreichere Tiefenwasser aus dem Weiher ausgeleitet wird.

In diesem Zusammenhang sollte auch im Sommer die Wasserausleitung im Freibadbereich in den Umlaufgraben reduziert werden, damit mehr Tiefenwasser über den Mönch abgeleitet werden kann.

### **Reduktion des externen Eintrags**

Der zur Erreichung des guten trophischen Zustands im Klosterweiher zu hohe Phosphateintrag über die Zuflüsse muss ebenfalls reduziert werden. Dazu ist v. a. die Extensivierung von landwirtschaftlichen Flächen mit hohem P-Austragsrisiko (z. B. Bereiche mit oberflächennahen Drainagen, Steillagen,..) anzustreben.

Wenn der externe Phosphateintrag nicht auf ein für den Klosterweiher tolerierbares Maß (Orthophosphatgehalt < 10 µg P/l) abgesenkt werden kann, wird optional eine Phosphatfällung im Zulauf durch Zudosierung von Eisenchlorid vorgeschlagen.

Starzach, den 10.11.2020



(Dr. Karl Wurm)