



Regierungsrat

Luzern, 7. Februar 2023

ANTWORT AUF ANFRAGE

A 971

Nummer: A 971
Protokoll-Nr.: 107
Eröffnet: 19.09.2022 / Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement

Anfrage Rüttimann Bernadette und Mit. über den Sinn und Zweck von Sauerstoffzufuhr im Baldeggersee

Zu Frage 1: Was waren das Ziel und der Zweck der Sauerstoffzufuhr vor 40 Jahren und heute? Welche dazumaligen Einschätzungen sind nicht eingetroffen, beziehungsweise welche Einschätzungen musste man aufgrund neuester Studien und Erkenntnissen revidieren?

Die Seebelüftung verfolgt das Ziel, die bundesrechtlichen Anforderungen an die Wasserqualität der Seen einzuhalten und den einheimischen Pflanzen und Tieren (insbesondere den Fischen) einen Lebensraum im See zu bieten (Anh. 1 und 2 der eidgenössischen Gewässerschutzverordnung; [GSchV](#)). Namentlich gibt die GSchV vor, dass der Nährstoffgehalt höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen und der Sauerstoffgehalt des Wassers zu keiner Zeit und in keiner Seetiefe weniger als 4 mg/l Sauerstoff betragen darf (Anh. 2 Ziff. 13 Abs. 3 Bst. b GSchV). Zudem müssen Gewässerschutz Massnahmen die ökologischen Ziele verfolgen, das heisst die Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen oberirdischer Gewässer sollen naturnah und standortgerecht sein sowie sich selbst reproduzieren und regulieren (Anh. 1 Ziff. 1 Abs. 1 GSchV). Ohne Seebelüftung wäre im Baldeggersee ab einer Tiefe von rund 10 Metern bis zum Seegrund in 65 Meter Tiefe jeweils über den Zeitraum vom Sommer bis November auch heute noch kein Sauerstoff vorhanden. Höhere Lebewesen könnten in dieser Tiefe nicht überleben. Die natürliche Fortpflanzung der Felchen im Baldeggersee ist aufgrund des Sauerstoffmangels am Seegrund auch heute noch nicht möglich. Die genannten Zielsetzungen der GSchV bestehen seit der Inbetriebnahme der Seebelüftung und gelten weiterhin.

Die massgebende Steuerungsgrösse für das Wachstum der Algen und damit auch die Sauerstoffzehrung beim Abbau abgestorbener Algen ist die Konzentration von Phosphor im Seewasser. Zu Beginn der Seebelüftung in den 1980er Jahren betrug die Phosphorkonzentration im Baldeggersee über 300 Milligramm Phosphor pro Kubikmeter Wasser (mg/m^3), in den 1970er Jahren sogar über $500 \text{ mg}/\text{m}^3$. Die Wissenschaft ging damals davon aus, dass bereits unterhalb einer Konzentration von $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ Phosphor eine mittlere Algenproduktion erreicht wird. Seit rund 15 Jahren liegen die Phosphorkonzentrationen der Mittellandseen unterhalb von $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ (siehe [Jahresbericht Zustand der Mittellandseen 2021](#)). Die Algenproduktion hat sich jedoch nicht im gleichen Masse reduziert und ist immer noch so hoch, dass der Abbau dieser Biomasse allen Sauerstoff im Tiefenwasser des Sees aufbraucht. [Neuere Forschungsergebnisse](#) des Wasserforschungsinstituts des ETH-Bereichs (Eawag) und der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) zeigen auf, dass eine Phosphorkonzentration von $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ zu einer so hohen Produktion von Biomasse führt, dass die Seen nicht gesunden können und langfristig belüftet werden müssen ([Kiefer et al., Eawag und EPFL](#),

[2021](#) und [Kiefer et al., Aqua&Gas, 2020](#)). Aufgrund dieser wissenschaftlichen Erkenntnisse haben die Kantone Aargau und Luzern die Zielwerte für die Phosphorkonzentration der Mittellandseen neu festgelegt: 15 mg/m³ für den Baldegger- und den Sempachersee sowie 10 mg/m³ für den Hallwilersee. Seitens Kanton Luzern sind die Zielwerte in § 1 Abs. 2 der Verordnung über die Verminderung der Phosphorbelastung der Mittellandseen durch die Landwirtschaft festgehalten (SRL Nr. [703a](#)).

Im Übrigen verweisen wir auf unsere Stellungnahme vom 15. Dezember 2020 zum [Postulat P 343](#) Zurbriggen Roger und Mit. über eine Evaluierung verschiedener Technologien für seeinterne Sanierungsmassnahmen, die detailliert Sinn und Zweck der Seebelüftung erläutert.

Zu Frage 2: Wie hoch war die Sauerstoffzufuhr vor 40 Jahren, und wie hoch ist diese im Jahr 2022? Wie verteilt sich die Sauerstoffzufuhr saisonal?

Im Jahr 1983 wurden 740 Tonnen Reinsauerstoff in den Baldeggersee eingetragen. Im Jahr 2021 waren es 532 Tonnen. Von Mai bis im Herbst werden jeweils mittels feinblasiger Belüftung rund 500 Tonnen Reinsauerstoff eingetragen, um einen sauerstofflosen Zustand im Tiefenwasser zu verhindern. In der ersten bis zweiten Novemberwoche wird auf die Winter-Zirkulationshilfe mittels grobblasigem Drucklufteintrag umgestellt. Dank der Zirkulationshilfe gelangt sauerstoffreiches Oberflächenwasser in die tieferen Seeschichten (vgl. die Stellungnahme zu [P 343](#)).

Zu Frage 3: Wo, wie und seit wann werden die Seegrund-Sedimentschichten (die Biomasse) gemessen?

Die Dienststelle Umwelt und Energie (uwe) führt keine Messungen durch, um die Biomasse im Sediment zu quantifizieren, da dies mit unverhältnismässigem Aufwand verbunden wäre. Abgestorbene Biomasse, die sich im Sediment abgelagert hat, wird nur langsam abgebaut. Dieser Prozess verbraucht Sauerstoff. Untersuchungen der Eawag aus dem Jahr 2012 zeigten, dass die Sauerstoffzehrung der abgestorbenen Biomasse im Seesediment rund 40 Prozent zur gesamten Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser des Baldeggersees beigetragen hat. Mit fortlaufender Belüftung nimmt der Anteil der Sauerstoffzehrung durch die Stoffe im Sediment ab und beträgt heute gemäss Eawag rund 25 Prozent.

Zu Frage 4: Wie gross waren die Sedimentschichten (Biomasse) seit Messbeginn, und wie gross sind sie heute?

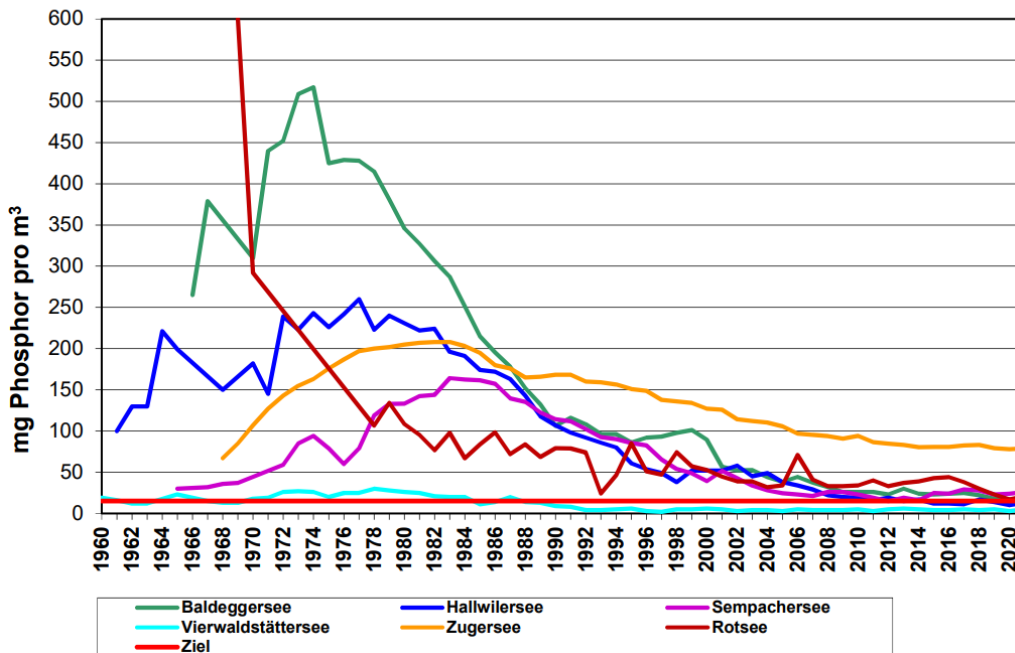
Zu Frage 5: Um wie viel Biomasse konnte die Seeboden-Sedimentschicht dank der Sauerstoffzufuhr reduziert werden?

Wir verweisen auf unsere Antwort zu Frage 3.

Zu Frage 6: Seit wann erfolgen Messungen der Phosphorkonzentration im Seewasser und im Seeboden-Sediment, und wie haben sich diese seit Messbeginn verändert?

Der Phosphor im Sediment wird nicht gemessen. Im Seewasser existieren Messungen seit 1967 (vgl. nachfolgende Abbildung und unsere Antwort zu Frage 1).

Phosphorkonzentrationen in den Luzerner Seen



Zu Frage 7: Weshalb muss dem Baldeggersee immer mehr Sauerstoff zugeführt werden, obwohl sich die Phosphorfrachten und die Phosphorkonzentration des Seewassers in den letzten 40 Jahren überproportional und massiv reduziert haben?

Aufgrund der immer noch zu hohen Phosphoreinträge in den Baldeggersee übersteigt die Phosphorkonzentration den in der Antwort zu Frage 1 erwähnten aktuellen Schwellenwert von 15 mg/m^3 . Der Baldeggersee muss daher weiterhin belüftet werden. Aufgrund der Klimaerwärmung ist der See im Sommerhalbjahr länger geschichtet. Dadurch verkürzt sich die Zeitdauer, während der sich der See im Winter mischt und es gelangt in diesem natürlichen Prozess weniger sauerstoffreiches Oberflächenwasser in die Tiefe. Dies führt zu einem höheren Bedarf an künstlicher Belüftung. Es braucht eine weitere Reduktion der Phosphoreinträge in den See, um das Sauerstoffdefizit des Tiefenwassers zu mindern, das durch die übermässige Produktion von Biomasse und deren Abbau im See verursacht wird.

Zu Frage 8: Werden die Seewasser-Temperaturen des Baldeggersees (Oberflächen- und Tiefenwasser) gemessen? Wenn ja, seit wann? Wenn nein, warum nicht?

Die Temperatur des Seewassers wird in verschiedenen Seetiefen seit 1980 im Rahmen der monatlichen Probenahmen gemessen.

Zu Frage 9: Wie haben sich die Seewasser-Temperaturen seit Messbeginn entwickelt?

Seit 1980 hat die Oberflächen- und Tiefenwassertemperatur des Baldeggersees um rund $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ pro Dekade zugenommen, wie Auswertungen der Eawag zeigen (Modellierung der Schweizer Seen – cercleau.ch). Zum Vergleich: Im Sempachersee hat sich die Oberflächentemperatur seit 1980 um rund $0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ pro Dekade erhöht, die Tiefenwassertemperatur blieb in etwa konstant.

Zu Frage 10: Welche Auswirkungen hat die Klimaerwärmung auf die physiologischen Vorgänge im Baldeggersee in Bezug auf den Sauerstoffgehalt auf dem Seegrund infolge der geringeren Umwälzung der Seewasserschichten wegen der immer wärmeren und kürzeren Winter?

Wir verweisen auf unsere Antwort zu Frage 7.

Zu Frage 11: Aufgrund der geringeren Phosphorfrachten der Zuflussgewässer reduzieren sich die Grünalgen. Aus diesem Grund geniessen die in tieferen Seewasser-Lagen wachsenden toxischen Burgunderblutalgen das Tageslicht und erhalten dadurch optimale Wachstumsbedingungen. Welche Auswirkungen haben diese Algen auf die Unterwasser-Biodiversität, die Phosphorkonzentration des Seewassers sowie die Seeboden-Sedimentschicht?

Dank der sinkenden Phosphorkonzentrationen ging das Wachstum der Grünalgen im Baldeggersee zurück. Gleichzeitig hat der Anteil der Blaualgen an der Gesamtalgenmasse zugenommen und die Blaualgen dominieren im Baldeggersee seit 2004, wie im [Jahresbericht Zustand der Mittellandseen 2021](#) aufgezeigt wird. Untersuchungen des Kantons Aargau und der Eawag zeigen anhand der Entwicklung im Hallwilersee, dass bei einer kontinuierlichen Abnahme des Phosphorgehalts auch das Wachstum der Burgunderblutalgen abnimmt. Dies unterstreicht, dass die Phosphorkonzentration auch im Baldeggersee noch weiter abnehmen muss – einerseits damit das Sauerstoffziel erreicht wird (vgl. Antwort zu Frage 1) und andererseits damit sich keine unnatürlichen Algenwucherungen mehr bilden.