

**Umwelt und Energie (uwe)**  
**Gewässer & Boden**

**DEPARTEMENT**  
**BAU, VERKEHR UND UMWELT**  
Abteilung für Umwelt (AfU)  
Abfallwirtschaft, Altlasten, Umweltlabor und  
Oberflächengewässer

**Aarau, 16. März 2023**

## **Jahresbericht Zustand der Mittellandseen 2022**

Zuhanden der ASSAN und des Geschäftsberichts der Gemeindeverbände

### **Datengrundlage:**

In diesem Bericht wurden die Daten zum Zustand und zu den laufenden Massnahmen der Seesanieung der drei Mittellandseen Baldeggersee, Hallwilersee und Sempachersee zusammengefasst. Der Bericht enthält soweit möglich die aufbereiteten Daten des Vorjahres 2022. Für die berechneten Phosphoreinträge (Frachtberechnungen) und die Fischfangstatistik des Kantons Aargau werden die Kennzahlen für das Jahr 2021 angegeben, weil bei der Erstellung des Berichtes noch keine aktuelleren Daten vorlagen.

## **Inhaltsverzeichnis**

1 Ziele der Seesanieung	3
2 Zustand Baldeggersee	4
2.1 Zusammenfassung und Fazit	4
2.2 Phosphorfrachten über die Zuflüsse	4
2.3 Phosphorkonzentration im See	6
2.4 Algenwachstum	6
2.5 Sauerstoffverhältnisse im See	7
2.6 Sauerstoffeintrag	8
2.7 Fische im Baldeggersee	9
3 Zustand Hallwilersee	11
3.1 Zusammenfassung und Fazit	11
3.2 Phosphoreinträge in den Hallwilersee	11
3.3 Phosphorkonzentration im See	13
3.4 Algenwachstum	13
3.5 Sauerstoffverhältnisse im See	14
3.6 Sauerstoffeintrag	14
3.7 Besiedlung der Sedimente im Hallwilersee	16
3.8 Fische im Hallwilersee	17
4 Zustand Sempachersee	20
4.1 Zusammenfassung und Fazit	20
4.2 Phosphoreinträge	20
4.3 Phosphorkonzentration im See	22
4.4 Algenwachstum	22
4.5 Sauerstoffverhältnisse im See	23
4.6 Sauerstoffeintrag	24
4.7 Fischerei im Sempachersee	24
5 Massnahmen Landwirtschaft	26
5.1 Landwirtschaft Kanton Luzern: Phosphor-Projekt	26
5.2 Landwirtschaft Kanton Aargau	29
5.3 Gewässerraum Kanton Aargau	29
6 Massnahmen Siedlungsentwässerung	30
6.1 Siedlungsentwässerung Kanton Luzern	30
6.2 Siedlungsentwässerung Kanton Aargau	30
7 Seeinterne Massnahmen: Erneuerung der Seebelüftungen	30
8 Untersuchung der atmosphärischen Deposition auf die 3 Seen	31
9 Organische Mikroverunreinigungen in den 3 Seen	32
10 Neobiota im Hallwilersee und Baldeggersee	33

## 1 Ziele der Seesanieung

Die im Jahre 2019 definierten Ziele der Seesanieung, die sich aus den Anforderungen der eidgenössischen Gewässerschutzverordnung (GSchV) und aktuellen Erkenntnissen der Forschung ergeben, sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

### Ziele der Seesanieung (Zeithorizont 2035)

Zielebene	Baldeggersee	Hallwilersee	Sempachersee
Phosphorfracht	< 2.2 t/a	< 2 t/a	< 4 t/a
Phosphorkonzentration	< 15 mg/m <sup>3</sup>	< 10 mg/m <sup>3</sup>	< 15 mg/m <sup>3</sup>
Algenproduktion	mittlere Algenproduktion; starker; Rückgang Burgunderblutalgen zu 2019		mittlere Algenproduktion
Sauerstoffkonzentration (Herbst)	> 4 mg/l im Tiefenwasser; > 1 mg/l an tiefster Stelle: mit Zirkulationshilfe und Druckluft-Belüftung im Sommer	> 4 mg/l im Tiefenwasser; > 1 mg/l an tiefster Stelle: nur mit Zirkulationshilfe, ohne Sommer-Belüftung	
Natürliche Verlaichung der Felchen	Voraussetzungen für natürlichen Erhalt der Felchen-Population sind gewährleistet		

### Grundlagen für die Zielebenen

Phosphorfracht:	Eawag-Studien
Phosphorkonzentration:	Anhang 2 GSchV, Eawag-Studien, LU: Phosphorverordnung SRL 703a
Algenproduktion:	Anhang 2 GSchV
Sauerstoffkonzentration:	Anhang 2 GSchV
Natürliche Verlaichung Felchen:	Anhang 1 und Anhang 2 GSchV

## **2 Zustand Baldeggersee**

### **2.1 Zusammenfassung und Fazit**

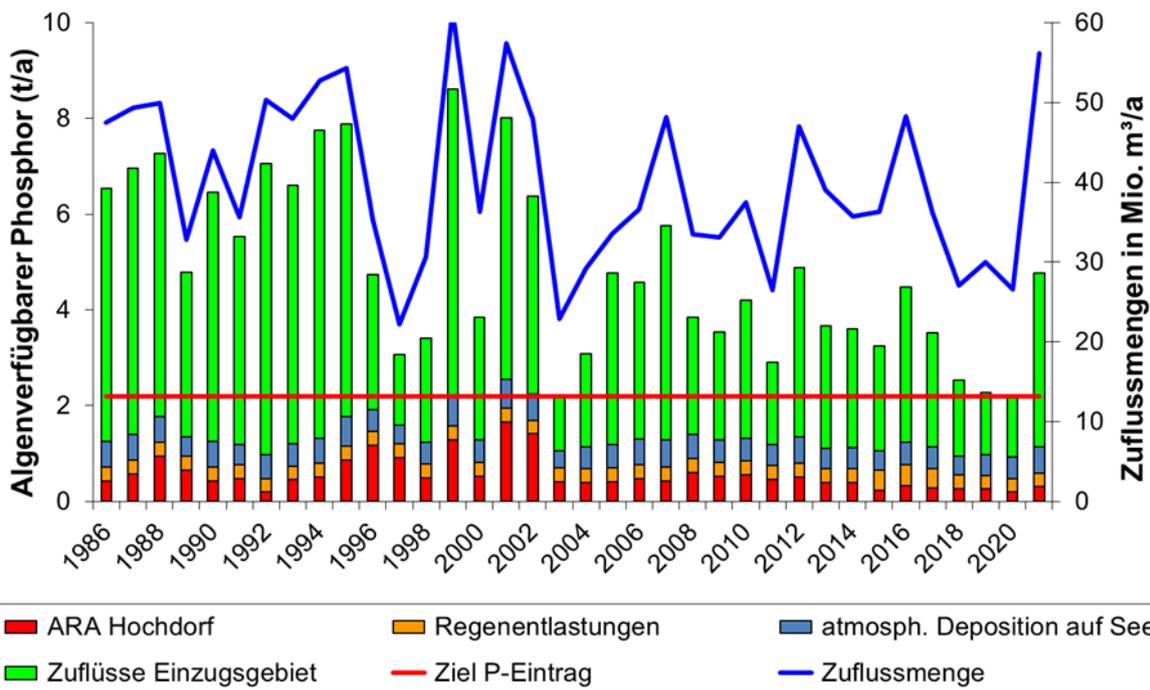
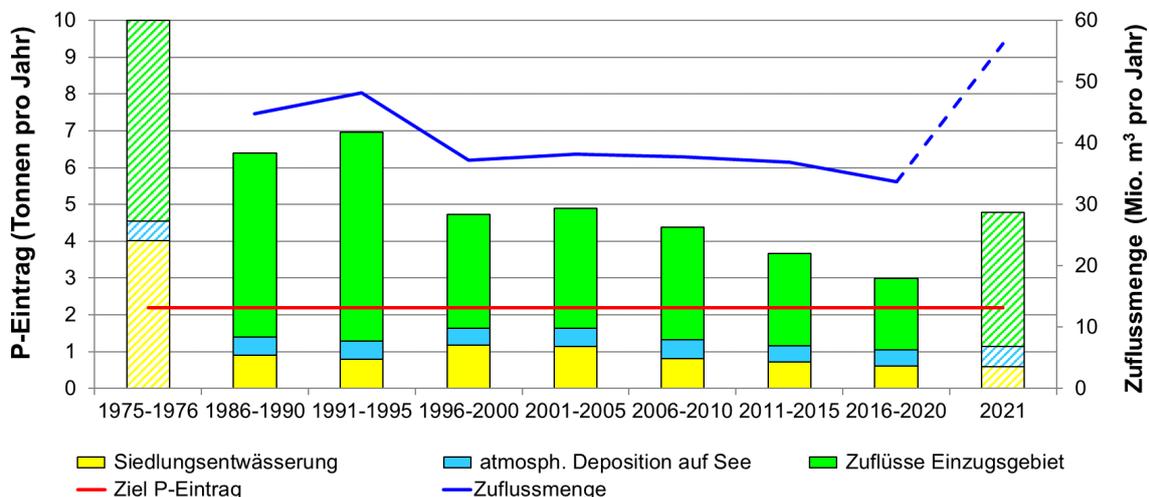
- Der Phosphoreintrag in den Baldeggersee betrug im Jahr 2021 4.8 Tonnen. Damit wurde der Zielwert von 2.2 Tonnen deutlich überschritten. Grund war die hohe Niederschlagsmenge im 2021. Im Mittel der letzten 5 Jahre gelangten 3.1 Tonnen Phosphor pro Jahr in den Baldeggersee. Der überwiegende Anteil der Phosphorfrachten in den Baldeggersee stammt von den landwirtschaftlich genutzten Flächen. Er muss weiter reduziert werden.
- Die Phosphor-Konzentration im Frühjahr 2022 betrug 21 Milligramm pro Kubikmeter. Sie muss unter den Zielwert von 15 mg/m<sup>3</sup> sinken.
- Die Algenproduktion ist im Baldeggersee seit 2019 sehr hoch mit einem überwiegenden Anteil der Blaualgen.
- 2022 wurden insgesamt 461 Tonnen Reinsauerstoff in den Baldeggersee eingetragen. Für eine ausreichende Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers müssten mindestens 500 Tonnen Rein-Sauerstoff eingetragen werden.
- Trotz Belüftung mit Reinsauerstoff sank die Sauerstoffkonzentration am Seegrund im Oktober auf 0.2 Milligramm pro Liter. Damit konnte der Zielwert von 1 mg/L an der tiefsten Stelle nicht erreicht werden. Der Anforderungswert der GSchV von 4 mg Sauerstoff pro Liter konnte während 6 Monaten am Seegrund nicht eingehalten werden.
- Die Bereinigung der belasteten Einleitungen ist durch die Gemeinden voranzutreiben.
- Durch den Ausbau der ARA Hochdorf gelangt seit 2020 weniger Phosphor aus der Kläranlage in den See.  
Aufgrund einer intensivierten Befischung durch den Berufsfischer und auch durch die guten Fänge der Anglerinnen und Angler, wurden mit über 8 Tonnen Fisch ein weit höherer Fangertrag erzielt als im Vorjahr. Aufgrund des Seezustandes muss erwartet werden, dass die Naturverlaichung der Felchen nach wie vor nicht funktioniert.

### **2.2 Phosphorfrachten über die Zuflüsse**

Der Phosphoreintrag in den Baldeggersee betrug im Jahr 2021 4.8 Tonnen. Damit wurde der Zielwert von 2.2 Tonnen deutlich überschritten. Im Mittel der letzten 5 Jahre (2017-2021) gelangten 3.1 Tonnen Phosphor pro Jahr in den Baldeggersee. Der überwiegende Anteil der Phosphorfrachten in den Baldeggersee stammt von den landwirtschaftlich genutzten Flächen. Er muss weiter reduziert werden.

Auf die drei sehr trockenen Jahre 2018 bis 2020 folgte das regenreiche Jahr 2021. Der hohe Phosphor-Eintrag 2021 ist auf die hohe Niederschlagsmenge zurückzuführen. Der Zielwert von 2.2 Tonnen muss auch in regenreichen Jahren eingehalten werden können. Mit den Massnahmen nach der revidierten Phosphorverordnung ab 1.1.2021 sollen die Phosphoreinträge aus landwirtschaftlich genutzten Böden weiter reduziert werden.

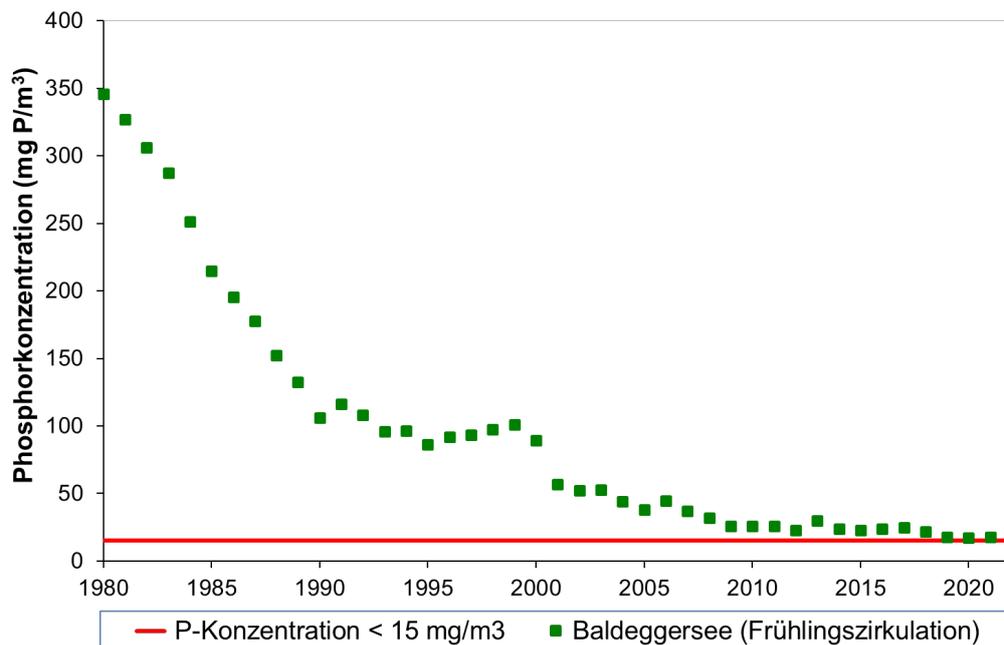
Die Einträge des algenverfügbaren Phosphors nach Eintragspfaden, das Sanierungsziel und die jährliche Wasserzuflussmenge in 5-Jahres-Perioden (bis 2020, Werte 2021 schraffiert; obere Abbildung) und jährlich (Abbildung unten)



## 2.3 Phosphorkonzentration im See

Im Frühjahr 2022 wurden 21 Milligramm Phosphor pro Kubikmeter ( $\text{mg P / m}^3$ ) gemessen (im 2021:  $18 \text{ mg P / m}^3$ ). Der Zielwert von  $15 \text{ mg P / m}^3$  wird nicht eingehalten. Erst wenn dieser Zielwert dauerhaft unterschritten wird, ist die Voraussetzung gegeben, dass langfristig die Anforderungen an den Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser und an die höchstens mittlere Algenproduktion erreicht werden können.

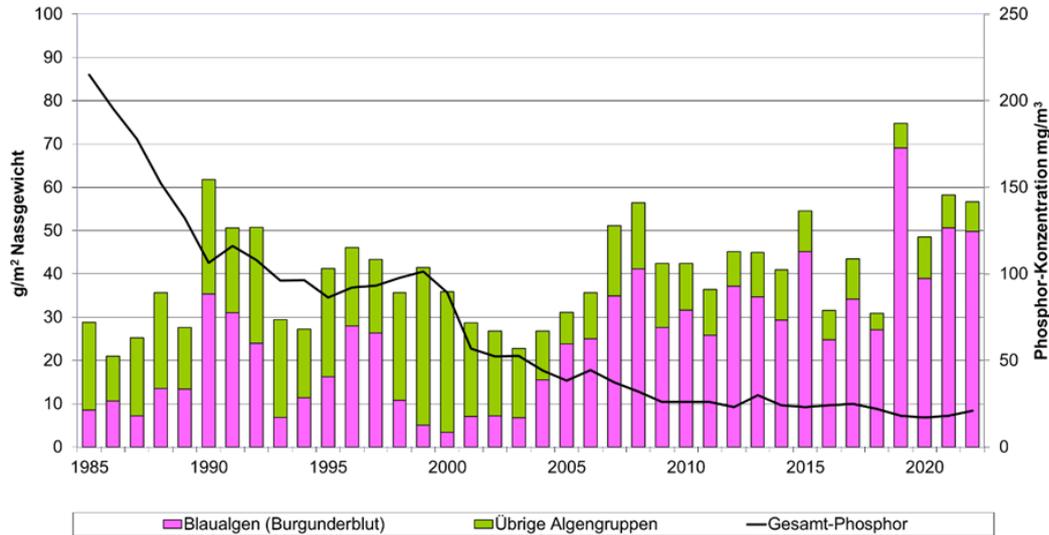
**Phosphorkonzentration im Baldeggersee für die Jahre 1980 bis 2022 (während Frühlingszirkulation, gesamte Wassersäule 0 bis 65 m)**



## 2.4 Algenwachstum

Seit 2005 schwankt die Biomasse der Algen mit einzelnen Ausnahmen in einem Bereich zwischen  $30$  und  $50 \text{ g/m}^2$ . Drei Viertel der Algenbiomasse sind Cyanobakterien, umgangssprachlich Blaualgen (hauptsächlich Burgunderblotalgen). Trotz des im Vergleich zu früheren Jahren tieferen Phosphoreintrags in den See ist die Algenproduktion im See seit 2019 sehr hoch. Die Burgunderblotalgen scheinen ideale Wachstumsbedingungen vorzufinden um die tiefere Phosphor-Konzentration kompensieren zu können. Aufgrund neuester Forschungsergebnisse der Eawag und der Entwicklung im Hallwilersee ist zu erwarten, dass die Algenbiomasse sinken wird, sobald die Phosphorkonzentration weiter sinkt und den Zielwert von  $15 \text{ mg P / m}^3$  unterschreitet.

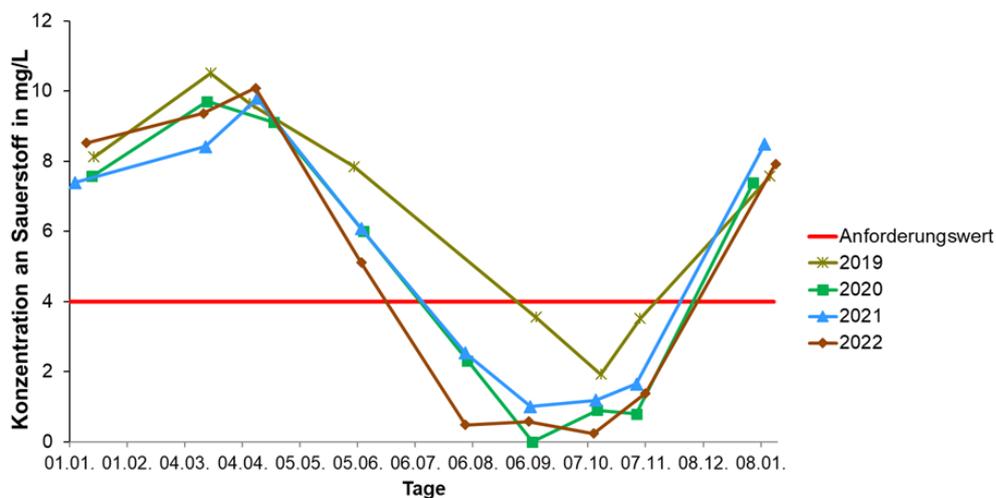
**Biomasse der Blaualgen (hauptsächlich Burgunderblutalge) und der übrigen Algengruppen im Baldeggensee sowie die mittlere Phosphor-Konzentration für die Jahre 1985 bis 2022 (Wassertiefe 0 bis 15 m)**



**2.5 Sauerstoffverhältnisse im See**

Die Sauerstoffkonzentration am Seegrund fiel von August bis Oktober 2022 unter 1 Milligramm pro Liter. Damit konnte ein sauerstoffloser Zustand an der tiefsten Stelle im 2022 nur knapp vermieden werden. Die gesetzlich geforderte Anforderung an die Wasserqualität von 4 mg/L konnte am Seegrund während knapp 6 Monaten nicht eingehalten werden. Damit dauerte diese Periode mit weniger als 4 mg/L länger als in den Vorjahren 2019-2021. Trotz Belüftung konnte seit 1991 die Anforderung von 4 mg/L nur in Ausnahmejahren eingehalten werden.

**Sauerstoffkonzentrationen am Seegrund im Jahresverlauf im Baldeggensee**



## 2.6 Sauerstoffeintrag

Im Jahr 2022 wurden insgesamt 461 Tonnen Reinsauerstoff in den Baldeggersee eingetragen. Die vom GVBH budgetierte Menge wurde damit ausgeschöpft. Der Reinsauerstoff-Eintrag dauerte vom 19. April bis 28. Oktober 2022.

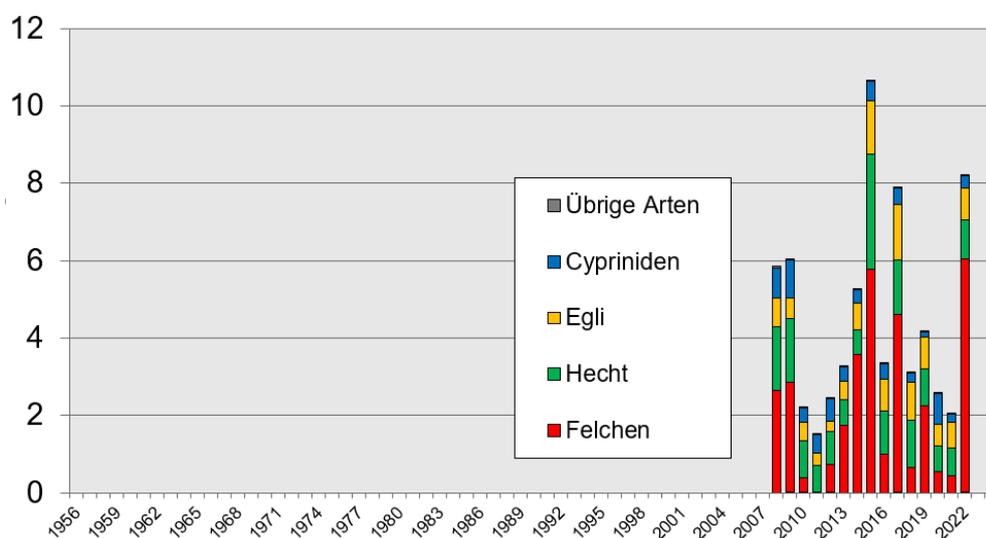
Die 40 Jahre alten Belüftungsanlagen erreichen das Ende ihrer Lebensdauer. Es muss darauf geachtet werden, dass die feinen Blasen nicht bis zur Oberfläche aufsteigen. Dies bedingt, dass die Belüftung jährlich mit weniger Durchsatz betrieben werden kann, um den Aufstieg der Blasen zu verhindern. Aus diesem Grund konnten im 2022 nur 461 Tonnen Sauerstoff eingetragen werden. Diese Menge hat, im Vergleich zu den 532 Tonnen Reinsauerstoff im 2021, nur knapp ausgereicht, um sauerstofflose Verhältnisse am Seegrund zu vermeiden. Um den Baldeggersee auch in Zukunft ausreichend belüften zu können, müssen die seeinternen Anlagen erneuert werden (s. Kap. 7).

Mit dem Klimawandel, werden die Temperaturen im Winter wärmer und die Durchmischung setzt später ein. Deshalb muss damit gerechnet werden, dass die natürliche Durchmischung des Sees im Winter geringer ist und der See im Winter weniger Sauerstoff aus der Luft aufnimmt. Zudem wird auch die Phase der Sauerstoffzehrung während der Sommerschichtung bis zur Winterzirkulation – infolge der wärmeren Temperaturen - länger. Auch aus diesem Grund ist es wichtig, dass in Zukunft die Mischung des Sees mittels Zirkulationshilfe unterstützt werden kann. Die Belüftung mit Reinsauerstoff und die Zirkulationshilfe mit Druckluft werden auch in den nächsten Jahren weiterhin die Sanierung des Baldeggersees unterstützen müssen. Grundsätzlich müssten mindestens 500 Tonnen Reinsauerstoff eingetragen werden, um die gesetzliche geforderte Konzentration von 4 mg/L annähernd zu erreichen.

## 2.7 Fische im Baldeggersee

Gemäss dem Luzerner Fischatlas aus dem Jahr 2010 sind im Baldeggersee 18 Fischarten nachgewiesen. Die Artenpalette entspricht in etwa jener des Hallwilersees. Eine umfassende Neubeurteilung der Fischartenvielfalt und -zusammensetzung im Baldeggersee wird im Herbst 2023 nach der *Projet Lac*-Methodik erfolgen. Mit Blick auf den Seezustand (Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser, Sauerstoffzehrung an der Sediment-Wasser-Grenze) muss weiterhin erwartet werden, dass bei den Felchen als Hauptfischart die Naturverlängerung nicht plausibel ist und die aktuellen Felchenbestände vollumfänglich auf Besatzmassnahmen zurückgehen. Um diese Annahme zu prüfen sollen – wie es im Hallwilersee 2023 gemacht wurde – künftig ebenfalls Dredgenproben genommen und nach Felcheneiern abgesehen werden.

### Fischfangerträge (Tonnen) der Berufs- und Angelfischerei im Baldeggersee



Die Abbildung zeigt die Fangerträge der Berufs- und Angelfischerei im Baldeggersee seit 2008. Gegenüber dem Vorjahr wurde mit 8.23 Tonnen Gesamtfangertrag rund viermal mehr gefangen als im Vorjahr. Diese Steigerung ist im Wesentlichen durch eine intensivere Netzfischerei auf die Hauptfischart Felchen begründet. Die intensivere Nutzung des Baldeggersees durch den fischereiberechtigten Berufsfischerbetrieb steht auch im Zusammenhang mit den zeitweise schwachen Felchenfängen im Sempachersee (vgl. Ziff. 4.7 zum Fischfangertrag Sempachersee). Die Felchenfänge werden zu 95 bis 99 % durch die Netzfischerei des Berufsfischers erzielt. Im Vergleich zu den 6.04 Tonnen Felchen des Berufsfischers haben alle Angelfischerinnen und Angelfischer zusammen nur rund 170 kg Felchen erbeutet.

Vom Gesamtfangertrag von 8.23 Tonnen wurden neben den 6.21 Tonnen Felchen (Vorjahr 0.43 Tonnen) auch 1.02 Tonnen Hecht (Vorjahr 0.72 Tonnen), 0.82 Tonnen Egli (Vorjahr 0.66 Tonnen) und 0.32 Tonnen Karpfenartige (Vorjahr 0.19 Tonnen) gefangen. Obwohl der

sehr hohe Gesamtfangertrag im Wesentlichen in der intensiveren Nutzung des Berufsfischers begründet ist, zeigen auch die Fänge der Angelfischerei ein überdurchschnittlich gutes Resultat für das Fischereijahr 2022.

Am Baldeggersee waren 2022 ein Netzfischer und 257 Anglerinnen und Angler aktiv. Das fischereiliche Nutzungsrecht gehört ProNatura.

## **3 Zustand Hallwilersee**

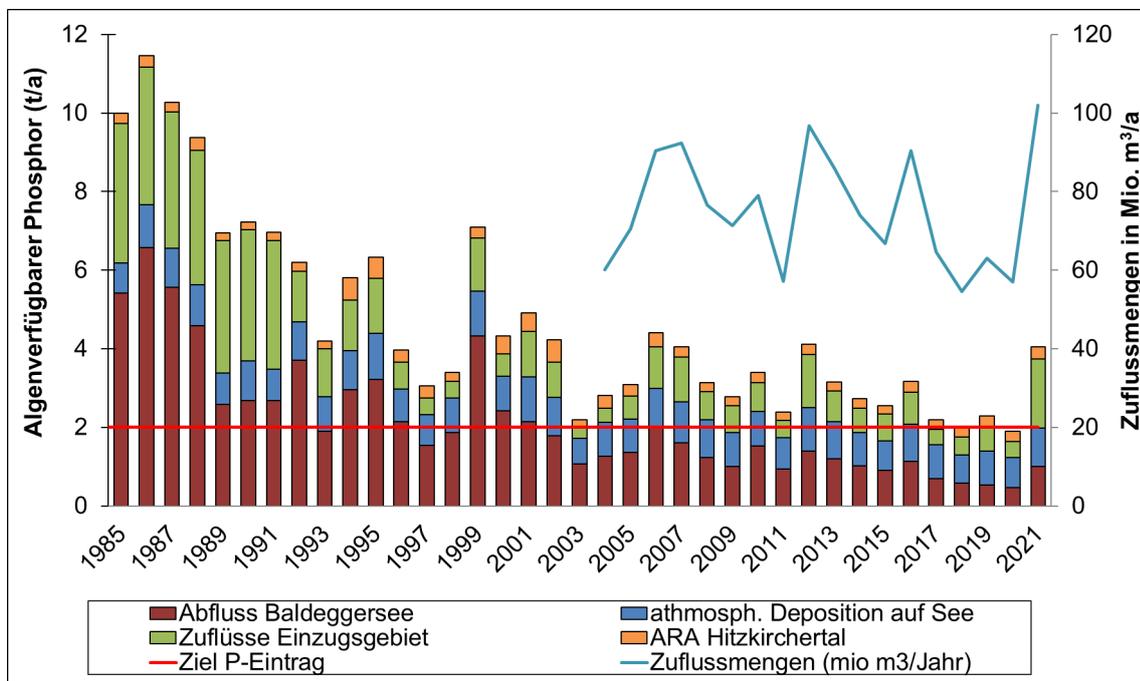
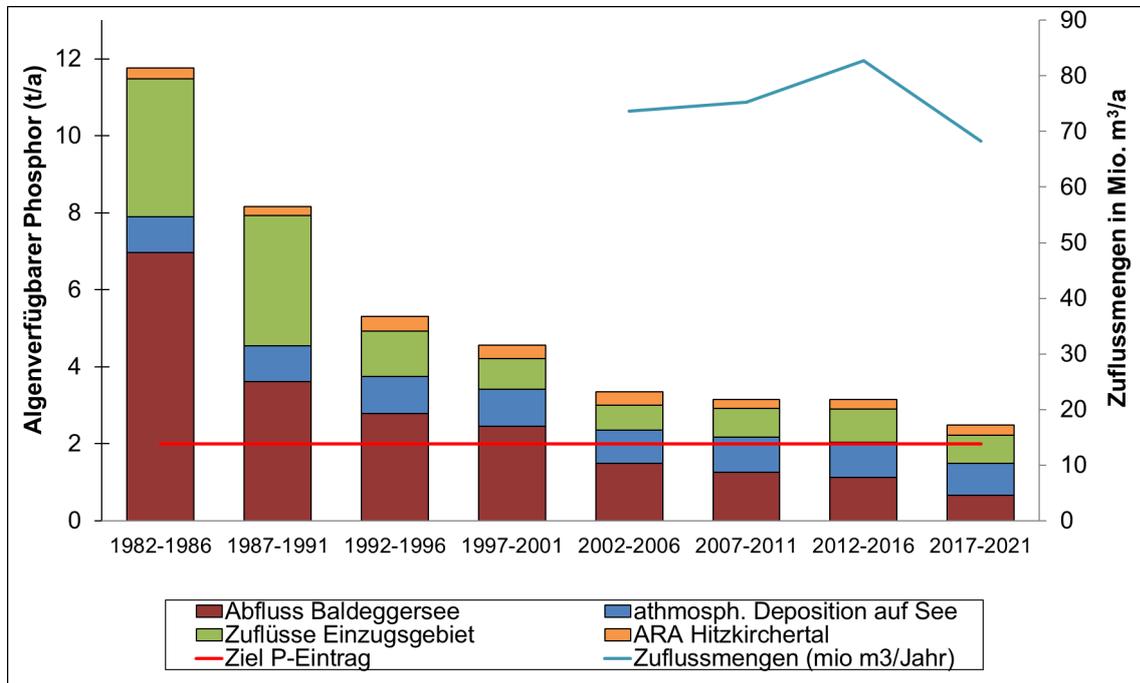
### **3.1 Zusammenfassung und Fazit**

- Der Phosphoreintrag im Jahr 2021 betrug ca. 4 Tonnen. Der Zielwert von 2 Tonnen pro Jahr wurde damit überschritten. Grund für den hohen Eintrag war die hohe Niederschlagsmenge im 2021. Im Mittel der letzten 5 Jahre (2017 – 2021) gelangten 2.5 Tonnen Phosphor pro Jahr in den Hallwilersee. Die Phosphorfrachten stammen vorwiegend aus dem Baldeggersee, von den landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet des Hallwilersees und aus der atmosphärischen Deposition.
- Die Phosphor-Konzentration im Hallwilersee schwankt seit mehreren Jahren zwischen 10 und 20 mg P /m<sup>3</sup> und erreichte im Frühjahr 2022 mit 13 mg/m<sup>3</sup> das Sanierungsziel nicht.
- Die Biomasseproduktion der Algen hat sich in den letzten 10 Jahren nur wenig verändert und ist nach wie vor hoch.
- Die erforderlichen 4 mg/L Sauerstoff im Tiefenwasser wurden 2022 nicht erreicht und der Sauerstoffgehalt lag im Herbst am Seegrund nahe bei 0 mg/L.
- Im 2022 wurden insgesamt rund 133 Tonnen Sauerstoff über Druckluft eingetragen.
- Eine Markierstudie der Felchen im 2018 zeigte, dass die natürliche Fortpflanzung der Felchen weiterhin stark eingeschränkt ist. Der Besatz wird deshalb fortgesetzt.
- Die Netzfischerfänge deuten auf einen hohen Bestand der Felchen in den letzten Jahren hin, es wird aber eine Abnahme im Längenwachstum der Felchen beobachtet. Die Gründe für diese Abnahme werden untersucht.

### **3.2 Phosphoreinträge in den Hallwilersee**

Der Phosphoreintrag im Jahr 2021 betrug ca. 4 Tonnen und lag damit wegen des extrem niederschlagsreichen Sommers wieder deutlich höher als in den Vorjahren. Im Mittel der Jahre 2017 bis 2021 betrug der Gesamt-Phosphor-Eintrag in den See rund 2.5 Tonnen Phosphor pro Jahr. Die Einträge schwanken in Abhängigkeit der Niederschläge stark. Über die letzten 10 Jahre zeigt sich kein signifikanter Trend. Der Zielwert von 2 Tonnen pro Jahr wird nicht erreicht. Ein grosser Anteil des Phosphoreintrags stammt mit rund 0.65 Tonnen pro Jahr nach wie vor aus dem Baldeggersee-Zufluss. Mit insgesamt 0.72 Tonnen pro Jahr machen auch die Einträge aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen und aus der Siedlungsentwässerung im direkten Einzugsgebiet des Sees (Kt. LU und AG) einen wesentlichen Anteil aus. Einen ebenfalls grossen Beitrag leistet die direkte Deposition auf die Seeoberfläche durch Auswaschung von an Partikel gebundenem Phosphor durch Regen (rund 0.8 t/a).

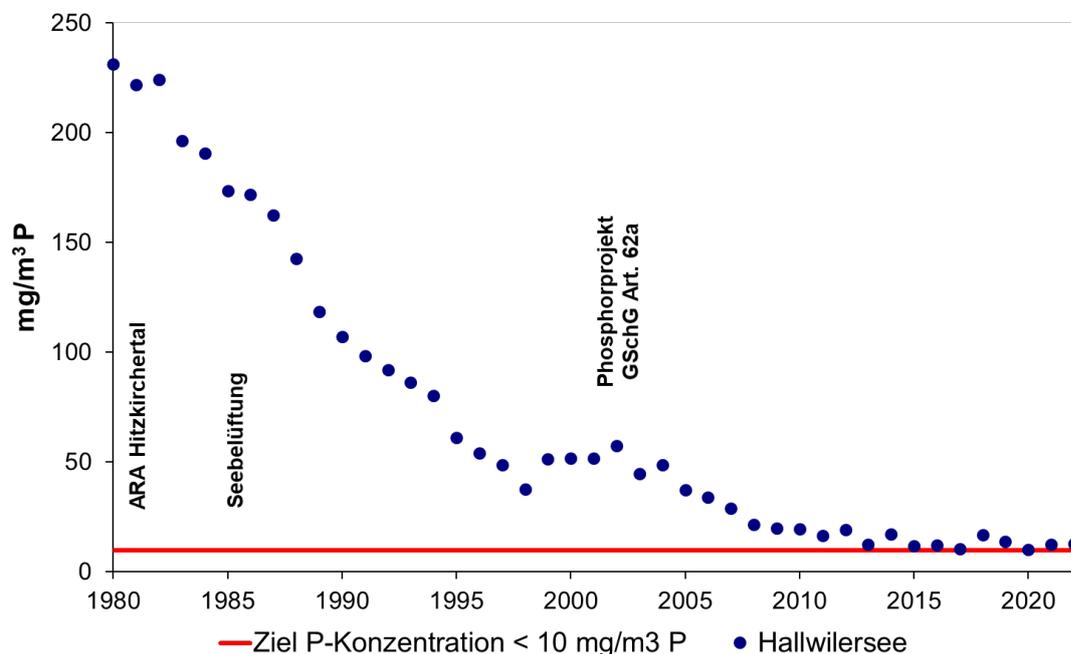
**Die Einträge des algenverfügbaren Phosphors in den Hallwilersee nach Eintragspfaden, das Sanierungsziel und die jährliche Wasserzuflussmenge in 5-Jahres-Perioden (oben) und jährlich (unten)**



### 3.3 Phosphorkonzentration im See

Im März 2022 lag die Phosphorkonzentration bei 13 Milligramm Phosphor pro Kubikmeter ( $\text{mg P / m}^3$ ) bei vollständiger Mischung des Sees. Damit wird das Ziel von  $10 \text{ mg P / m}^3$  nicht erreicht. Die Phosphorkonzentration des Hallwilersees schwankt seit mehreren Jahren im Bereich von 10 bis  $20 \text{ mg P / m}^3$ . Neue Erkenntnisse zeigen, dass für den Hallwilersee erst im Bereich von  $10 \text{ mg P / m}^3$  und weniger die geforderte mittlere Algenproduktion und die Anforderungen an den Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser erreicht werden können (siehe Tabelle 1).

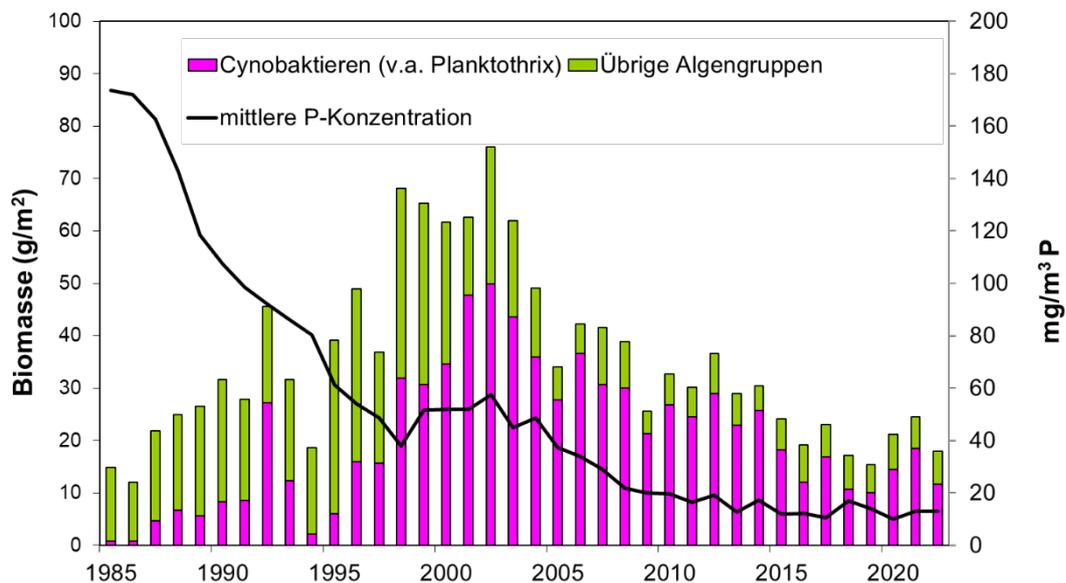
#### Phosphorkonzentration im Hallwilersee ab 1980



### 3.4 Algenwachstum

Dank den sinkenden Phosphor-Konzentrationen ging das Wachstum der Grünalgen im Hallwilersee seit den 1980er-Jahren stark zurück. Dies führte dazu, dass mehr Licht in die etwas tiefer liegenden Wasserschichten eindringen konnte. Davon profitierte die fädige, für Planktontiere schwer verdauliche Burgunderblutalge (*Planktothrix rubescens*), eine Blaualge, welche typischerweise in 10 – 15 Meter Wassertiefe eingeschichtet ist. Sie wurde ab Ende der 1990er Jahre zur dominanten Alge im Hallwilersee. Mit der weiteren Reduktion des Phosphorgehaltes ging das Wachstum der Burgunderblutalge wieder etwas zurück. Ein weiterer Rückgang ist anzustreben. Die übrigen Algengruppen machen weiterhin einen eher kleinen Anteil der Gesamt-Algenpopulation aus.

### Biomasse der wichtigsten Algengruppen im Hallwilersee sowie die mittlere Phosphor-Konzentration für die Jahre 1985 bis 2022 (Wassertiefe 0 bis 13 m)



### 3.5 Sauerstoffverhältnisse im See

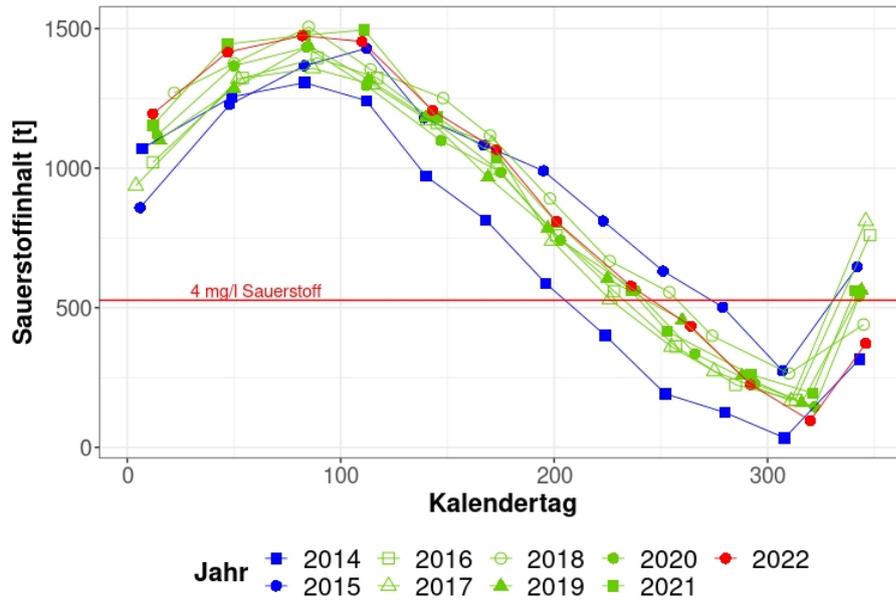
Die Sauerstoffkonzentrationen im Tiefenwasser zeigen für das Jahr 2022 einen sehr ähnlichen Verlauf wie in den Vorjahren. Auch im Herbst 2022 wurden die geforderten durchschnittlich 4 mg/L Sauerstoff im Tiefenwasser nicht erreicht und die Sauerstoffgehalte an den tiefsten Stellen (43 - 45m) lagen nur wenig über 0 mg/L. Generell sind die Sauerstoffkonzentrationen im Tiefenwasser ab August/September zu tief und zeigen eine zu hohe Produktivität des Sees an.

### 3.6 Sauerstoffeintrag

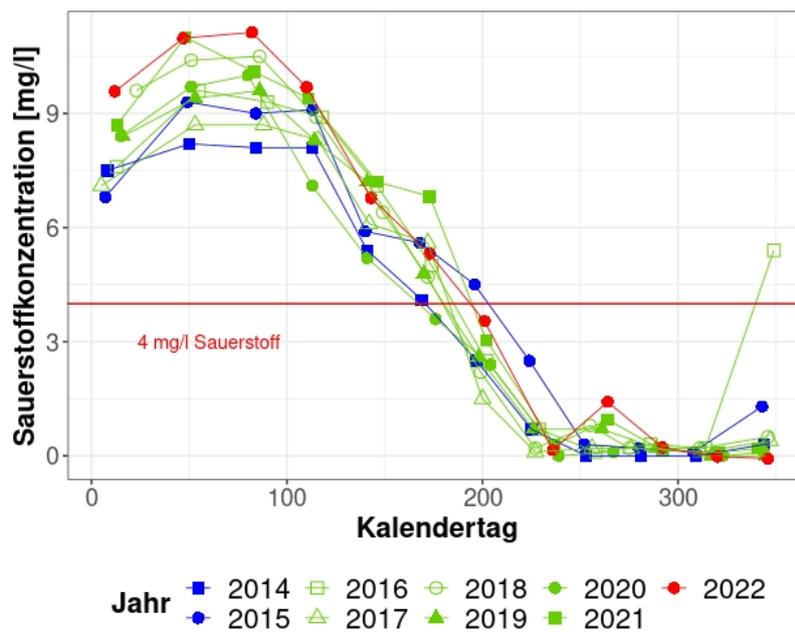
Als Folge des Gesundungsprozesses des Hallwilersees hat die Sauerstoffzehrung derart abgenommen, dass 2022 beim Belüftungsbetrieb das siebte Jahr in Folge auf den Eintrag von zusätzlichem Reinsauerstoff verzichtet wurde. Mit der Belüftung durch Druckluft allein wurden über den Sommer rund 133 Tonnen Sauerstoff ins Tiefenwasser des Sees eingetragen. Dies ist etwa gleich viel wie in den Vorjahren. Der Betrieb mit Druckluft war jedoch auch 2022 nicht ausreichend, um sauerstofflose Verhältnisse am Seegrund in den Herbstmonaten zu vermeiden. Die Belüftung mit Druckluft im Sommer wird in den nächsten Jahren weiterhin notwendig sein. Mit dem Klimawandel, werden die Temperaturen im Winter wärmer und die Durchmischung setzt später ein. Deshalb muss damit gerechnet werden, dass die natürliche Durchmischung des Sees im Winter geringer ist und der See im Winter weniger Sauerstoff aus der Luft aufnimmt. Zudem wird auch die Phase der Sauerstoffzehrung während der Sommerschichtung bis zur Winterzirkulation – infolge der wärmeren Temperaturen - länger.

Auch aus diesem Grund ist es wichtig, dass in Zukunft die Mischung des Sees mittels Zirkulationshilfe unterstützt werden kann.

**Jahresverlauf des Sauerstoffinhalts im Tiefenwasser (17.5 – 46 m) im Hallwilersee für die Jahre 2014 bis 2015 mit Reinsauerstoffeintrag und für die Jahre 2016 bis 2022 ohne Reinsauerstoffeintrag**



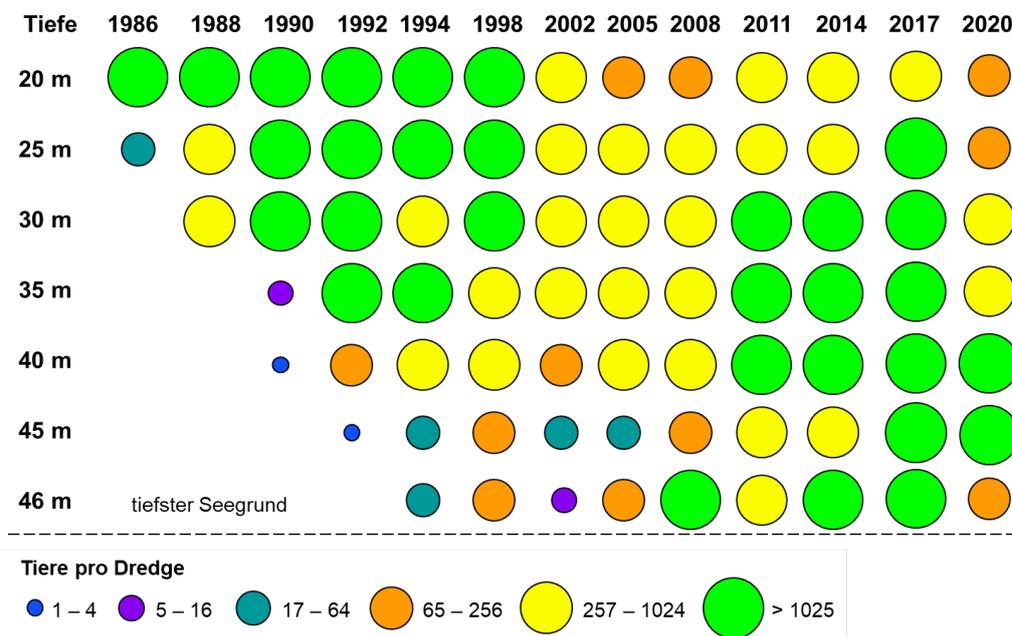
**Mittlere Sauerstoffkonzentrationen am Seegrund (43 m Tiefe) im Jahresverlauf im Hallwilersee für die Jahre 2014 bis 2015 mit Reinsauerstoffeintrag und für die Jahre 2016 bis 2022 ohne Reinsauerstoffeintrag**



### 3.7 Besiedlung der Sedimente im Hallwilersee

Zur Zeit der stärksten Eutrophierung lebten im Hallwilersee in den Sedimenten unterhalb von 25 Metern Seetiefe keine Würmer oder Insektenlarven mehr. Mit den fortlaufenden Sanierungsmassnahmen konnte erreicht werden, dass Würmer und Insektenlarven die Sedimente wieder bis auf 46 m Tiefe besiedeln. Die jüngste Untersuchungskampagne im 2020 zeigte, dass die Besiedlungsdichte der Würmer bis in tiefliegenden Sedimente hoch ist. Die Dichten waren jedoch etwas geringer als in den Jahren 2011, 2014 und 2017. Sauerstoffsensible Arten konnten unterhalb von 20 m Tiefe noch nicht gefunden werden.

#### Entwicklung der Würmer in den Sedimenten des Hallwilersees in verschiedenen tiefen (Anzahl Würmer pro Dredgezug im Westtrasekt)



## 3.8 Fische im Hallwilersee

### Fischbestand und Bewirtschaftung

Die Fischartenzusammensetzung im Hallwilersee wird durch die hohe Oberflächentemperatur des Wassers und durch die Nährstoffbelastung bestimmt, weil damit im Sommer und Herbst ein Sauerstoffmangel in der Tiefe und eine Sauerstoffübersättigung im Oberflächenwasser einhergeht. Zudem hat die Bewirtschaftung (Fischbesatz und Netzfischerei) einen prägenden Einfluss. Insgesamt sind im Hallwilersee 19 Fischarten bekannt. Anzahlmässig sind Egli, Kaulbarsche, Rotaugen, Rotfedern und Felchen die häufigsten Arten. Die Biomasse wird vom Alet, den Rotaugen und den Egli dominiert (Daten aus dem Project Lac, EA-WAG, 2014). In einer Untersuchung 2018 zeigte sich, dass die natürliche Fortpflanzung der Felchen weiterhin stark eingeschränkt ist, der Besatz wird deshalb fortgesetzt (Vonlanthen, 2018).

Die Felchenfänge der Netzfischer sind weiterhin rückläufig. Die Daten aus dem Felchenmonitoring weisen darauf hin, dass dies nicht auf einen abnehmenden Felchenbestand zurückzuführen ist, sondern auf ein vermindertes Wachstum. Ein grosser Anteil der Felchen im See weist eine Grösse von 25-27 cm auf, dabei ist das Alter dieser Felchen jedoch sehr unterschiedlich. Die älteren Felchen sind nicht richtig abgewachsen und konnten so kaum mit einer Netzmaschenweite von 32 mm gefangen werden. Die Auswertungen aus dem Felchenmonitoring haben den Verdacht erhärten lassen, dass im Fall vom Hallwilersee das Wachstum der Felchen stark abhängig ist von der Besatzdichte/Bestandsdichte. Durch den zwangsmässig geringeren Besatz in den Jahren 2020 und 2021 wurde deshalb erwartet, dass das Felchenwachstum langsam wieder zunehmen sollte. Erste Ergebnisse zeigen eine positive Entwicklung beim Felchenwachstum. Für das Jahr 2023 wurde nach Absprache mit den Netzfischern deshalb eine maximale Besatzmenge festgelegt, um das Wachstum der Felchen nicht durch zu hohe Fischdichten negativ zu beeinflussen. Das Monitoring wird im 2023 in einer reduzierten Form weitergeführt, damit das Felchenwachstum weiterhin überwacht werden kann.

Im Herbst 2022 wurde zudem die im 2012 zum ersten Mal durchgeführte standardisierte Erhebung des Fischbestandes ("Projet Lac") im Hallwilersee wiederholt. Die Auswertungen werden Aufschluss darüber geben, ob und wie sich die Zusammensetzung der Fischarten allenfalls verändert hat. Der Bericht wird im Frühling 2023 erwartet.

Die Biodiversität und die Nahrungsgrundlage der Fische im See wird potenziell durch eine Einschleppung von **gebietsfremden Arten** (v.a. Quaggamuschel) bedroht. Die Fischereifachstelle des Kantons Aargau beteiligt sich seit 2021 an der Umsetzung von Massnahmen gegen die Einschleppung von invasiven Neobiota.

### Fischerei im Jahr 2021

Ende der 1990er Jahre wurden im Hallwilersee noch rund 250'000 Fische gefangen, den weitaus grössten Anteil machten Felchen aus. Bis 2006 sind vor allem die Felchenfänge

stark zurückgegangen. Nach einer zwischenzeitlichen Stabilisierung sind die Fangzahlen erneut rückläufig. Für das Jahr 2021 meldeten die Netzfischer einen Gesamtfang von 16'683 Fischen oder 4.206 Tonnen (Vorjahr: 27'070 Fische oder 7.514 Tonnen). Der Gesamtfang der Angelfischer am Hallwilersee im Jahr 2021 belief sich auf 5'116 Fische (Vorjahr: 6'648 Fische). Die Fänge von Welsen nahmen zu.

Der Fang sowie die Aufwände der Netz- und Angelfischer werden in der Aargauer Fischfangstatistik erfasst und jährlich in einem Bericht veröffentlicht. Für die Anglerfänge im Luzerner Seeteil stehen in der Aargauer Statistik keine Daten zur Verfügung.

**Totaler Fangaufwand und Gesamtfang der Angler und Netzfischer am Hallwilersee nach Nutzergruppen. Aus den Angaben wird der Fangerfolg (CPUE, «catch per unit effort») berechnet. Der Kehrwert daraus beschreibt den Zeitaufwand in Stunden für den Fang eines Fisches**

Nutzergruppe	Fangaufwand (Stunden)	Gesamtfang (Anzahl Fische)	CPUE Entnommene Fi- sche pro Stunde	Fangaufwand Stunden pro entnommenen Fisch
Freiangler	577.5	206	0.36	2.8
Hallwilersee Tageskarte	225	44	0.20	5.1
Hallwilersee Wochenkarte	41.5	0	0	
Hallwilersee Jahreskarte	8781	4766	0.54	1.8
Revierfischer Jahreskarte	118	144	1.22	0.8
Total Angelfischerei	9743.5	5160		
Total Netzfischerei	Keine Angaben	16683		
<b>Total</b>		<b>21843</b>		

Abbildung: Fischfangerträge der Netzfischerei am Hallwilersee seit 1996.

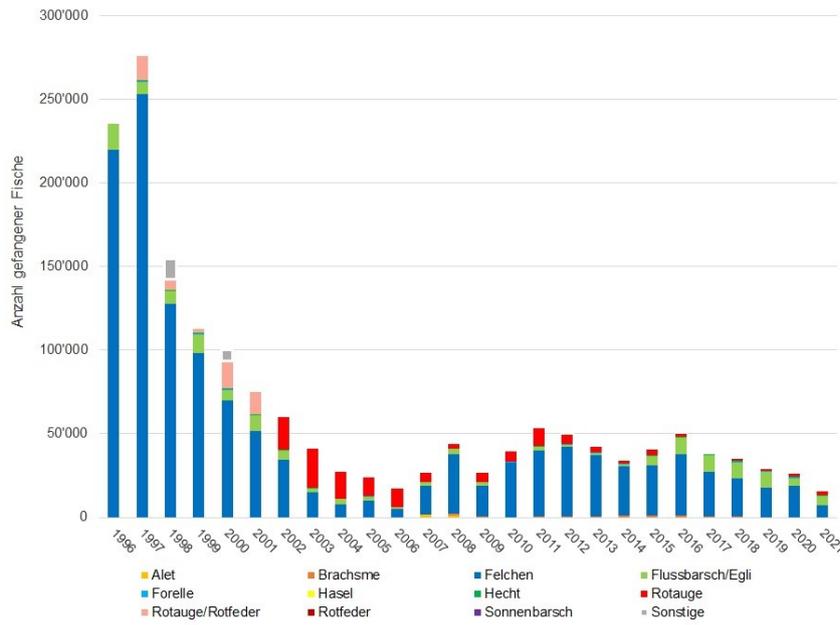
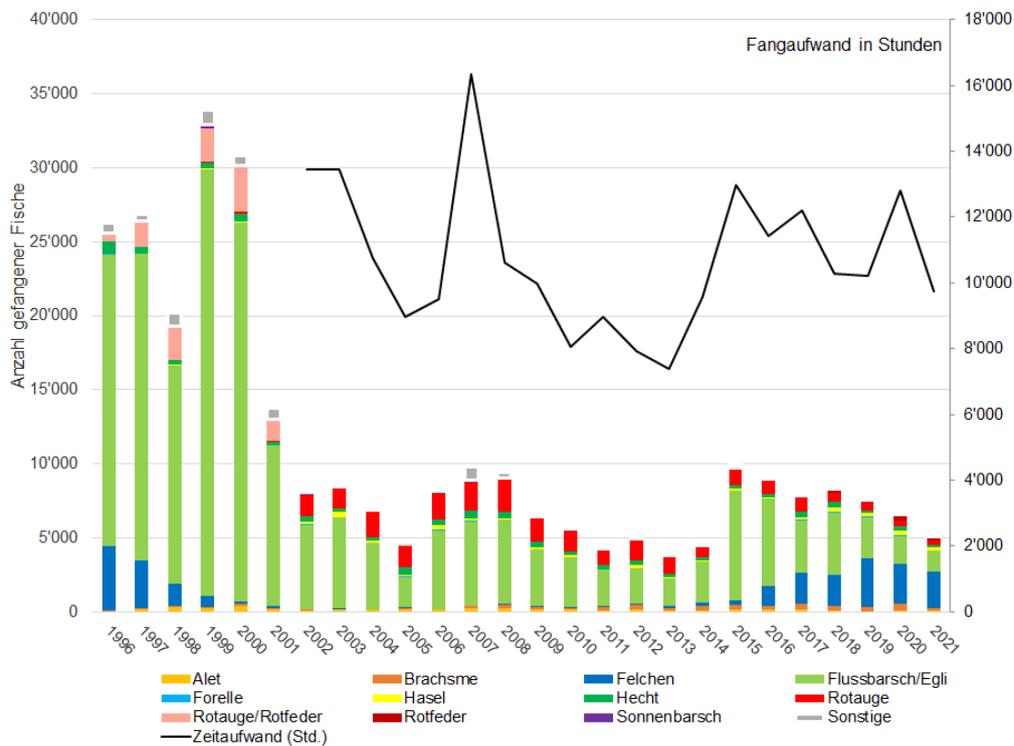


Abbildung: Fischfangerträge der Angelfischerei am Hallwilersee seit 1996.



## 4 Zustand Sempachersee

### 4.1 Zusammenfassung und Fazit

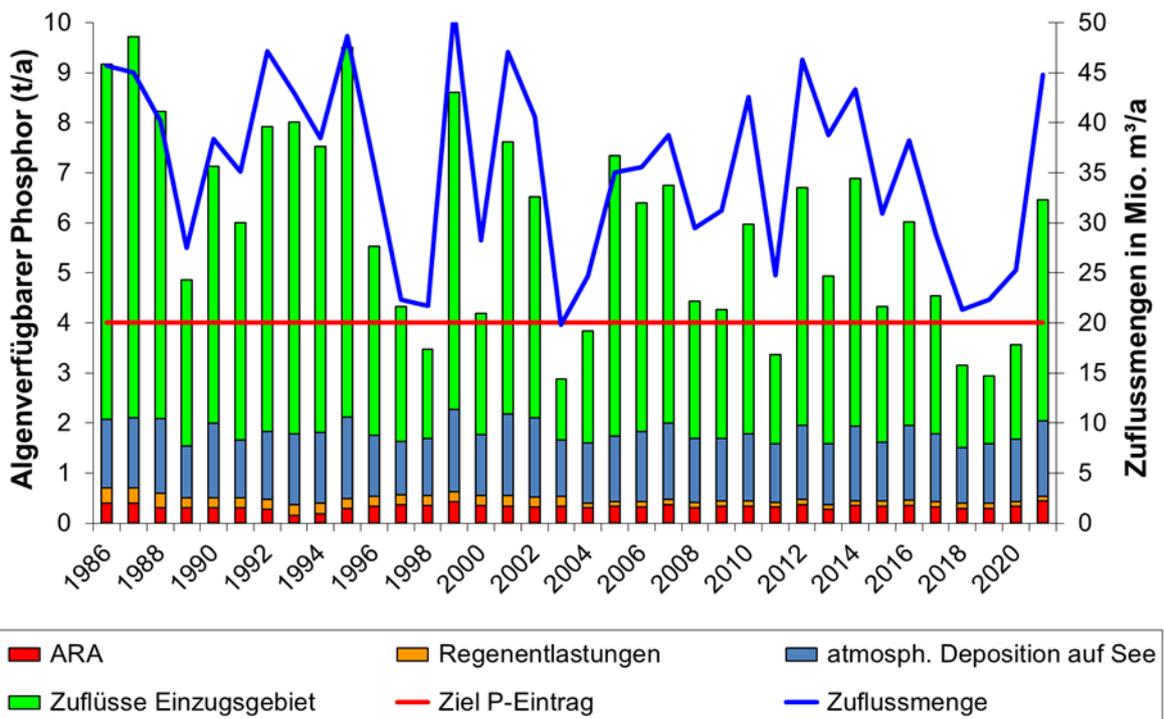
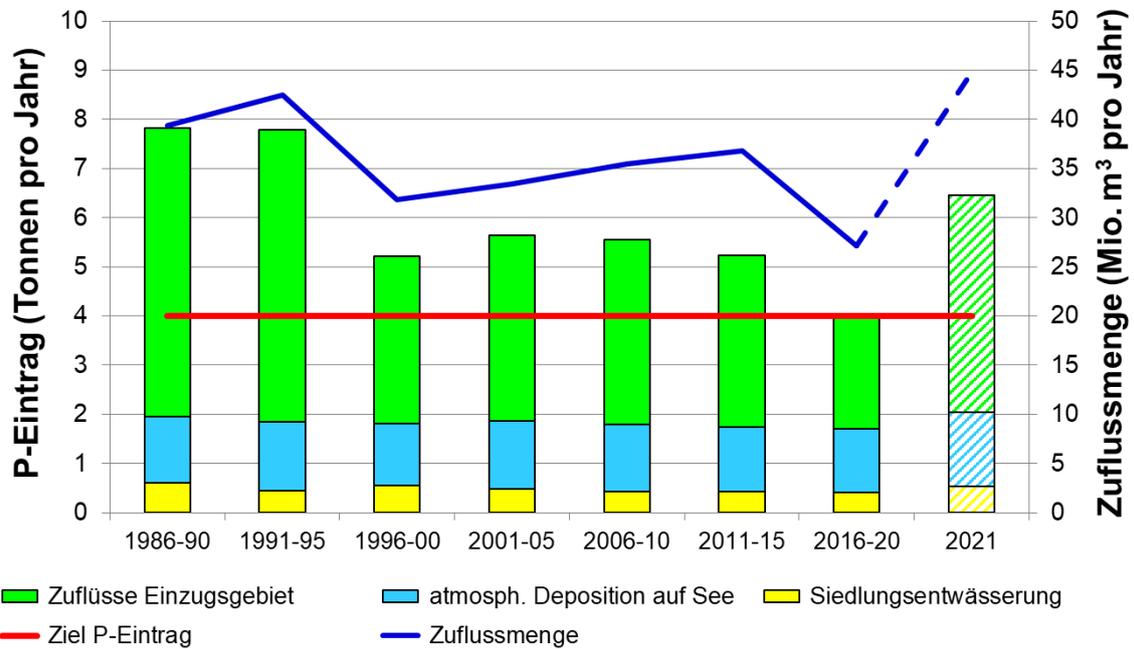
- Der Phosphoreintrag in den Sempachersee betrug im Jahr 2021 ca. 6.5 Tonnen. Damit wurde der Zielwert von 4 Tonnen überschritten. Grund war die hohe Niederschlagsmenge im 2021. Im Mittel der letzten 5 Jahre (2017 – 2021) gelangten 4.1 Tonnen Phosphor pro Jahr in den Sempachersee. Der überwiegende Anteil der Phosphorfrachten in den Sempachersee stammt von den landwirtschaftlich genutzten Flächen. Er muss weiter reduziert werden.
- Die Phosphor-Konzentration lag im Frühjahr 2022 unverändert zum Vorjahr bei 26 Milligramm Phosphor pro Kubikmeter ( $\text{mg P /m}^3$ ) und damit über dem Zielwert von 15 mg pro Kubikmeter. Sie muss unter den Zielwert von 15  $\text{mg P /m}^3$  sinken.
- Die Algenproduktion war im Sempachersee nach 2022 wiederum sehr hoch. Der Anteil der Blaualgen ist im Sempachersee gering.
- 2022 wurden feinblasig insgesamt knapp 190 Tonnen Sauerstoff mittels Druckluft in den Sempachersee eingetragen. Für eine ausreichende Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers müssten mindestens 200 Tonnen Sauerstoff eingetragen werden.
- Die Sauerstoffkonzentration am Seegrund lag im November 2022 bei 3.5 Milligramm pro Liter. Der Anforderungswert der GSchV von 4 mg/L konnte am Seegrund während ca. 3 Wochen nicht eingehalten werden.
- Die Fischerei des Sempachersees lag 2022 mit 68 Tonnen deutlich unter dem Vorjahresergebnis. Dies ist auf etwas schwächere Fänge, auf das Ausweichen der Fischerei auf den Baldeggersee, auf eine geringere Netzfischerei-Intensität und weitere Faktoren zurückzuführen. Auch mit geringeren Fängen als im Vorjahr, sind die Fangzahlen des Sempachersees weiterhin auf überdurchschnittlich hohem Niveau. Es ist davon auszugehen, dass die Naturverlaichung der Felchen nach wie vor nicht oder kaum funktioniert.

### 4.2 Phosphoreinträge

Der Phosphoreintrag im Jahr 2021 betrug ca. 6.5 Tonnen. Damit wurde der Zielwert von 4 Tonnen deutlich überschritten. Der überwiegende Anteil der Phosphorfrachten in den Sempachersee stammt von den landwirtschaftlich genutzten Flächen. Er muss weiter reduziert werden.

Der hohe Phosphor-Eintrag ist auf die hohe Niederschlagsmenge im 2021 zurückzuführen. Der Zielwert von 4 Tonnen muss auch in regenreichen Jahren eingehalten werden können. Mit den Massnahmen nach der revidierten Phosphorverordnung ab 1.1.2021 sollen die Phosphoreinträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen weiter reduziert werden.

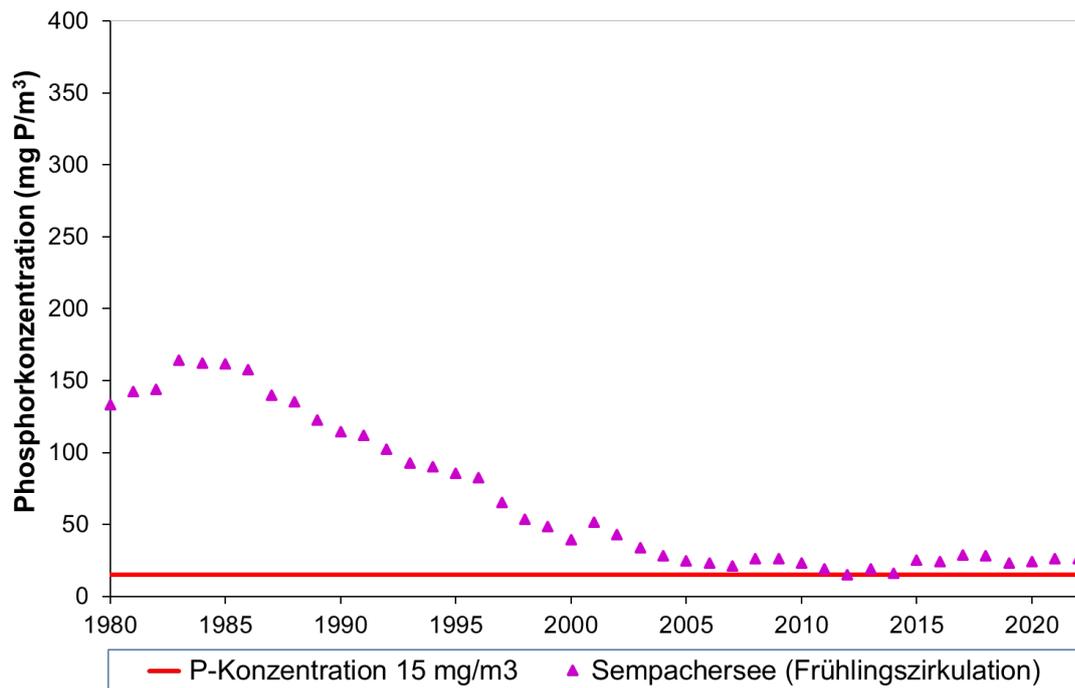
Die Einträge des algenverfügbaren Phosphors nach Eintragspfaden, das Sanierungsziel und die jährliche Wasserzuflussmenge nach 5-Jahresperioden (bis 2020, Werte 2021 schraffiert; obere Abbildung) und jährlich (Abbildung unten)



### 4.3 Phosphorkonzentration im See

Im Frühjahr 2022 wurden 26 Milligramm Phosphor pro Kubikmeter gemessen (unverändert zum Vorjahr). Der Zielwert von 15 mg P /m<sup>3</sup> wird nicht eingehalten. Die Anforderungen an den Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser und die geforderte mittlere Algenproduktion können erst im Bereich von unter 15 mg P /m<sup>3</sup> erreicht werden.

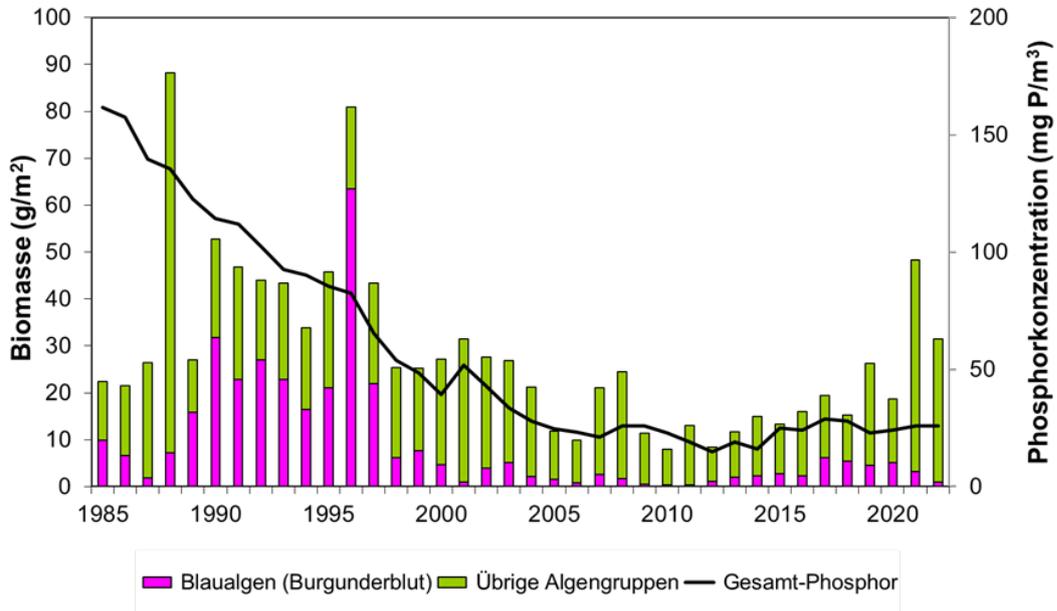
**Phosphorkonzentration im Sempachersee für die Jahre 1980 bis 2022 (während Frühlingszirkulation, gesamte Wassersäule 0 bis 85 m)**



### 4.4 Algenwachstum

Von 2007 bis 2019 schwankte die Biomasse der Algen in einem Bereich zwischen 10 und 20 g/m<sup>2</sup>. Nach einer Verdopplung der Biomasse im Jahr 2021, gab es im 2022 eine leichte Abnahme auf 30 g/m<sup>2</sup>. Damit wurde wiederum eine sehr hohe Biomasse gemessen. Die Blaualgen (z.B. Burgunderblutalgen) machen im Sempachersee einen deutlich geringeren Anteil aus als im Baldegger- oder Hallwilersee. Aufgrund neuester Forschungsergebnisse der Eawag und der Entwicklung im Hallwilersee ist zu erwarten, dass die Algenbiomasse sinken wird, sobald die Phosphorkonzentration weiter sinkt und den Zielwert von 15 mg/m<sup>3</sup> unterschreitet.

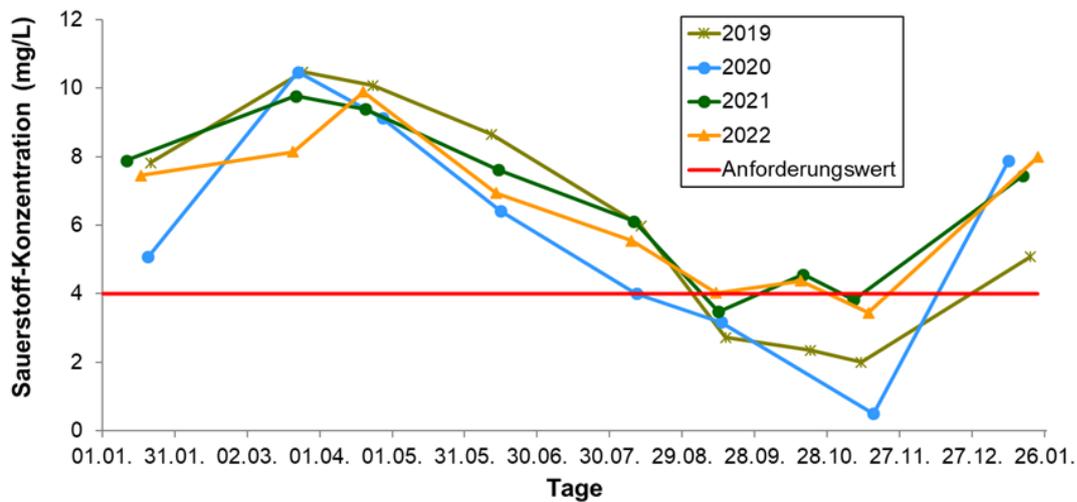
**Biomasse der Algen im Sempachersee (Blaualgen hervorgehoben) sowie die mittlere Phosphor-Konzentration für die Jahre 1985 bis 2022 (Wassertiefe 0 bis 15 m)**



**4.5 Sauerstoffverhältnisse im See**

Die Sauerstoffkonzentration am Seegrund betrug im November 2022 3.5 Milligramm pro Liter. Die gesetzlich geforderte Anforderung an die Wasserqualität von 4 mg/L konnte am Seegrund nur während ca. 3 Wochen knapp nicht eingehalten werden. Damit konnten so gute Verhältnisse wie im 2021 erreicht werden.

**Sauerstoffkonzentrationen am Seegrund im Jahresverlauf im Sempachersee**



## 4.6 Sauerstoffeintrag

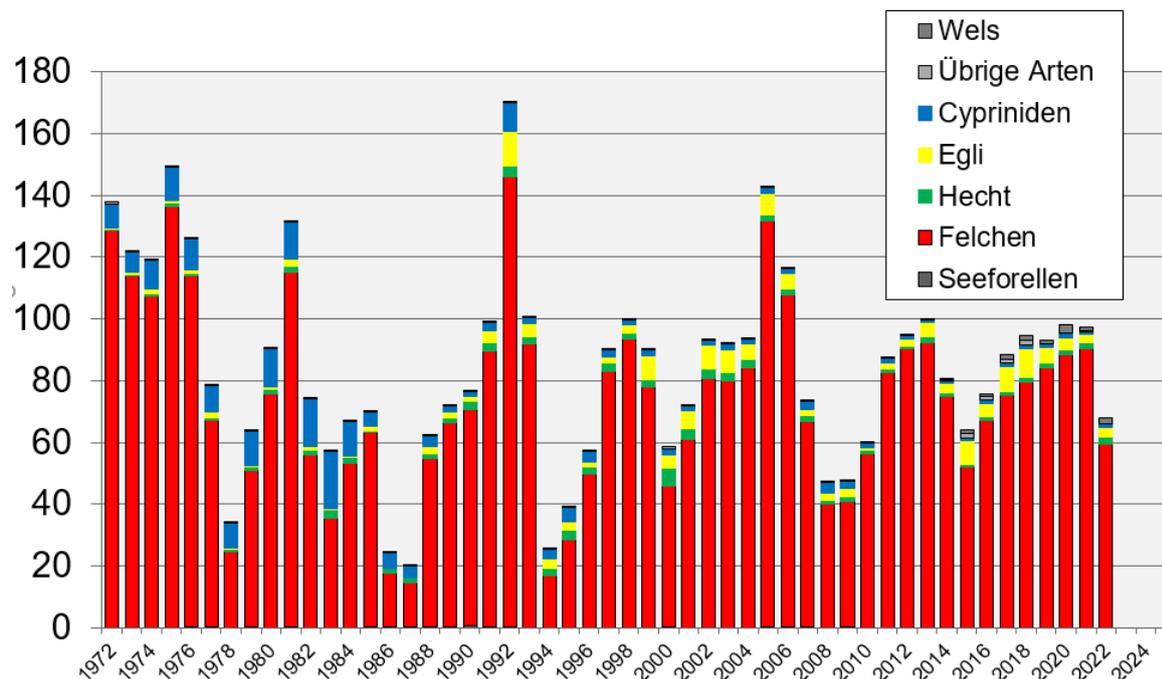
Der neue Kompressor ist seit 2020 in Betrieb. Damit konnte im 2022 vom 9. Mai bis 1. Dezember ein störungsfreier 24 h-Betrieb durchgehend gefahren werden. So wurden insgesamt knapp 190 Tonnen Sauerstoff mittels Druckluft in den Sempachersee eingetragen. Grundsätzlich müssten mindestens 200 Tonnen Sauerstoff in den Sempachersee eingetragen werden, um die gesetzliche geforderte Anforderung zu erreichen. Im Vergleich zu 2021 musste der Durchsatz von 25 kg/h auf 20 kg/h reduziert werden. Die 40 Jahre alten Belüftungsanlagen erreichen das Ende ihrer Lebensdauer. Es muss darauf geachtet werden, dass die feinen Blasen nicht bis zur Oberfläche aufsteigen. Dies bedingt, dass die Belüftung jährlich mit weniger Durchsatz betrieben werden kann, um den Aufstieg der Blasen zu verhindern. So kann künftig jährlich etwas weniger Sauerstoff eingetragen werden. Um den Sempachersee auch in Zukunft ausreichend belüften zu können, müssen die seeinternen Anlagen erneuert werden (s. Kap. 7). Mit dem Klimawandel, werden die Temperaturen im Winter wärmer und die Durchmischung setzt später ein. Deshalb muss damit gerechnet werden, dass die natürliche Durchmischung des Sees im Winter geringer ist und der See im Winter weniger Sauerstoff aus der Luft aufnimmt. Zudem wird auch die Phase der Sauerstoffzehrung während der Sommerschichtung bis zur Winterzirkulation – infolge der wärmeren Temperaturen - länger. Auch aus diesem Grund ist es wichtig, dass in Zukunft die Mischung des Sees mittels Zirkulationshilfe unterstützt werden kann. Die Belüftung mit Druckluft und die Zirkulationshilfe werden in den nächsten Jahren weiterhin die Sanierung des Sempachersees unterstützen müssen.

## 4.7 Fischerei im Sempachersee

Der Gesamtfangertrag 2022 im Sempachersee ist mit 67.88 Tonnen (Vorjahr 97.21 Tonnen) deutlich unter jenem der Vorjahre ausgefallen. Während der Fangertrag der Angelfischenden mit 11.17 Tonnen weniger als 10% unter dem Vorjahresertrag (12.15 Tonnen) lag, ist der Fangertrag der drei Berufs-/Netzfischer um einen Drittel von 85.06 Tonnen (2021) auf 56.71 Tonnen (2022) zurückgegangen. Die ansässigen Fischereibetriebe hatten einen vergleichsweise eher schwachen Felchenfang. Aufgrund der zeitweise geringen Fänge ist ein Berufsfischerbetrieb verstärkt auf den Baldeggersee als Fanggrund ausgewichen. Dies lässt sich anhand der Baldeggersee-Fangstatistik unter Ziff. 2.7 gut erkennen.

Im langjährigen Vergleich zeigt sich, dass es in regelmässigen Abständen immer wieder zu tieferen Fängen kommt. Im Sempachersee-Seenbericht zur GV 2023 des Schweizerischen Berufsfischerverbandes schreibt Berufsfischer Thomas Hofer von den geringeren Fängen bei den Felchen und zudem von aussergewöhnlich geringen Eglifängen der Berufsfischer im Vergleich zu den sehr häufigen Kaulbarsch-Fängen. Der Kaulbarsch ist eine im Sempachersee nicht heimische eingeschleppte Art.

## Fischfangerträge der Berufs- und Angelfischerei im Sempachersee [in Tonnen]



Neben der Hauptfischart Felchen wurden im Sempachersee im Fischereijahr 2022 durch Berufs- und Angelfischerei insbesondere auch 2.28 Tonnen Hecht (Vorjahr 2.18 Tonnen) und 3.05 Tonnen Egli (Vorjahr 2.49 Tonnen) gefangen. Bei der standortfremden, eingeschleppten Fischart Wels sind die Fänge von 1.10 Tonnen im Vorjahr auf 1.95 Tonnen angestiegen, allerdings nur bei der Angelfischerei. Bei der Berufsfischerei sind die Welsfänge über die letzten fünf Jahre sehr stabil bei rund einer halben Tonne.

Am Sempachersee waren 2022 drei Netzfischerbetriebe tätig. Von der kantonalen Fischereiverwaltung wurden 2022 1'664 Jahrespatente (Vorjahr 1'757), 7 Monatspatente (Vorjahr 18) und 45 Wochenpatente (Vorjahr 28) und 41 Tagespatente (Vorjahr 31) ausgegeben. Die Mehrzahl der Tagespatente werden aber von externen Verkaufsstellen ausgegeben und sind sehr beliebt.

## 5 Massnahmen Landwirtschaft

### 5.1 Landwirtschaft Kanton Luzern: Phosphor-Projekt

Das Phosphorprojekt Phase III hat Ende 2022 das zweite Jahr abgeschlossen.

Rund 150 Landwirtinnen und Landwirte im Zuströmbereich (Zo) der Mittellandseen haben beim Kantonsgericht ein Erlassprüfverfahren gegen die angepasste Phosphorverordnung eingereicht. Mit dem Urteil vom 20. August 2021 wurde die Erlassprüfung durch das Kantonsgericht abgewiesen. Am 27. September 2021 wurde durch die Landwirtinnen und Landwirte beim Bundesgericht eine entsprechende Beschwerde in öffentlich-rechtlichen Angelegenheiten eingereicht. Das Urteil des Bundesgerichts ist noch ausstehend.

#### Seevertrag

Im Zuströmbereich der drei Mittellandseen bewirtschaften 625 direktzahlungsberechtigte Betriebe total 11'503 ha Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN). Zusätzlich bewirtschaften 25 nicht direktzahlungsberechtigte Betriebe 208 ha LN.

Die folgenden Aussagen beziehen sich ausschliesslich auf direktzahlungsberechtigte Betriebe. Die Zahlen in Klammer sind die Vorjahreswerte.

	Zo Baldeggersee	Zo Hallwilersee	Zo Sempachersee
<b>Landwirtschaftliche Nutzfläche (ha)</b>	4'910 (4'927)	2'424 (2'419)	4'169 (4'278)
<b>Landwirtschaftliche Betriebe (n)</b>	266 (269)	132 (133)	227 (237)
<b>Betriebe mit Seevertrag (n)</b>	234 (229)	106 (106)	149 (150)
<b>Betriebe mit Seevertrag (%)</b>	88% (85%)	80% (80%)	66% (63%)
<b>GVE / ha</b>	2.51 (2.50)	1.84 (1.92)	2.35 (2.30)

In allen drei Zuströmbereichen hat die Teilnahme am Seevertrag, im Vergleich zu 2021, leicht zugenommen oder ist stabil geblieben. Im Zo des Baldeggersees plus 3%, im Zo des Hallwilersees gleichbleibend und im Zo des Sempachersees plus 3%. Dies ist erfreulich, da aufgrund der Erlassprüfung nicht sicher war, ob die Teilnahme nicht deutlich zurückgehen würde.

Die Tierbestände sind im Zo der Mittellandseen immer noch hoch und haben sich im Vergleich zum Vorjahr (27'427 GVE) mit 27'277 GVE nur unwesentlich verändert. Somit liegt der Tierbesatz unverändert bei 2.33 GVE / ha LN.

## Entschädigung

Mit dem Beitrag für den Seevertrag werden die folgende Anforderungen entschädigt:

- Keine Winterbrache
- Bauliche Anforderungen Gewässerschutz
- Einschränkung der Phosphordüngung

Dieser flächenbezogene Beitrag wurde flexibel ausgestaltet, damit die Finanzierung der einzelnen Massnahmen auch bei jährlich unterschiedlichem Finanzbedarf sichergestellt werden kann. Im Jahr 2022 wurden für die Erfüllung der Seevertragsanforderungen total CHF 797'927.- resp. CHF 85.- / ha LN an die Betriebe ausbezahlt. Dieser Betrag fällt im Vergleich zum Vorjahr mit CHF 766'435.- leicht höher aus.

### Maximaler Phosphoreigenversorgungsgrad von 80% resp. 90%

Die Phosphor-Düngung der Kulturen unter dem Bedarf wird differenziert nach Zuströmbe- reich und Bedarfsdeckung entschädigt. Die wesentliche Unterdeckung des Bedarfs sowie Betriebe im Zo Baldeggersee werden mit einem höheren Beitrag entschädigt.

<b>Bedarfsdeckung</b>	<b>Zo Baldeggersee</b>	<b>Zo Hallwilersee</b>	<b>Zo Sempachersee</b>
<b>80 – 90%</b>	<b>CHF 16.-</b>	<b>CHF 16.-</b>	<b>CHF 16.-</b>
<b>70 – 80%</b>	<b>CHF 20.-</b>	<b>CHF 16.-</b>	<b>CHF 16.-</b>
<b>60 – 70%</b>	<b>CHF 25.-</b>	<b>CHF 20.-</b>	<b>CHF 20.-</b>

Im Jahr 2022 wurden total CHF 1'659'178.- für die reduzierte Phosphordüngung an die Be- triebe ausbezahlt. Dieser Betrag fällt im Vergleich zum Vorjahr mit CHF 1'693'290.- leicht tie- fer aus. Im Durchschnitt wurden für die Betriebe im Zo Baldeggersee CHF 4'194.-, für die Betriebe im Zo Hallwilersee CHF 2'594.- und für Betriebe im Zo Sempachersee CHF 2'503.- ausbezahlt. Dabei betrug die durchschnittliche Phosphorbedarfsdeckung aller Betriebe mit Seevertrag im Zo Baldeggersee 75%, im Zo Hallwilersee 78% und im Zo Sempachersee 79%.

### Weitere einzelbetriebliche Massnahmen

Die zwei folgenden Massnahmen sind einzelbetriebliche Massnahmen, welche nicht Be- standteil des Seevertrages sind und auf Gesuch hin umgesetzt werden können.

#### *Wasserrückhalt mit Retentionsweihern:*

Im Jahr 2022 wurden nur beim Retentionsweiher Lohn Unterhaltsarbeiten durchgeführt. Da- bei belaufen sich die totalen Kosten auf CHF 846.-.

#### *Impulsbeitrag für Einkommensalternativen:*

Im Jahr 2022 wurde kein Gesuch für Einkommensalternativen gestellt.

## **Seevertrag plus**

### Beteiligung

Von den 12 teilnehmenden Betrieben (Stand 2021) hat sich ein weiterer Betrieb vom Seevertrag plus abgemeldet, da für ihn der Aufwand für die Erfassung der Daten mit Barto zu gross ist. Somit nahmen 2022 noch 11 Betriebe am Seevertrag plus teil.

### Parzellenscharfe P-Bilanzierung

Im laufenden Jahr haben die Betriebsleiter die erforderlichen Daten in Barto erfasst, dabei war der Aufwand für die Landwirte resp. den Umfang an Unterstützung, welche sie beanspruchten, sehr unterschiedlich.

Die Auswertung der Bodenproben ergibt, dass sich 33% der Böden der 11 beteiligten Betriebe in der Versorgungsklasse E (angereichert) und sich je knapp 30% in den Versorgungsklassen D (Vorrat) und C (genügend) befinden

Bei der parzellenscharfen Düngungsplanung ist es wesentlich, den effektiven Nährstoffgehalt der Hofdünger zu kennen. Aus diesem Grund wurden die Hofdünger Gülle und Mist im Winterhalbjahr 2022 und die Gülle ein zweites Mal im August 2022 analysiert. Dabei zeigte es sich, dass die Herbstwerte, mit einer Ausnahme, unter den Gehalten vom Winter lagen. Dies war sowohl beim Phosphor wie auch beim Stickstoff der Fall. Der Ansatz, die Nährstoffgehalte der Hofdünger im Nachweis Plus zusammen mit dem anfallenden Abwasser zu bestimmen, bestätigte nur teilweise die analysierten Werte. Aufgrund dieser Erfahrungen, werden auch 2023 die Nährstoffgehalte der Hofdünger analysiert.

### Parzelle mit Null-Phosphordüngung

Die kantonale Beratung (BBZN Hohenrain) erstellt für jeden Betrieb eine kulturspezifische Düngungsplanung für die Null-Phosphor-Parzelle, nach welcher die Düngung ohne Phosphor zu erfolgen hat.

Ende Saison wurde von den Betrieben keine relevanten Ertragsunterschiede zwischen den Null-Phosphor-Parzellen und den Kontroll-Parzellen gemeldet, welche auf die Phosphordüngung zurückzuführen waren.

### Entschädigung

Im Rahmen des Seevertrags plus wurden 2022 total CHF 35'093.- entschädigt. Dabei erhielten die 11 Betriebe im Seevertrag plus ein Beitrag von jeweils CHF 6'670.-. Dieser beinhaltet den zusätzlichen Arbeitsaufwand wie auch die Entschädigung für die Lizenz von Barto.

Die Kosten für die Beratung durch BBZN Hohenrain betragen CHF 9'293.-. Der Aufwand von Landor betrug CHF 2'693.-.

Der Hauptteil der Kosten von total CHF 16'438.- ist den Analysen, wie auch der Probenentnahme bei den Hofdüngern und im Boden zuzuschreiben.

## 5.2 Landwirtschaft Kanton Aargau

Als Einzelmassnahmen wurden weiterhin

- Direktsaaten von Wintergetreide und Begrünungen sowie
- Streifen(fräs)saaten bei Mais

mit kantonalen Beiträgen unterstützt. Dies in Ergänzung zu den Ressourceneffizienzbeiträgen (REB) der Direktzahlungsverordnung. Die Förderung dieser Anbauverfahren reduziert die Bodenerosion und möglichen P-Abtrag.

### Fläche der Aargauer Direkt- und Streifenfrässaaten 2016 – 2022

Massnahme	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	ha						
Direktsaat von Begrünungen	-	7.43	3.20	6.90	4.96	8.07	3.18
Direktsaat von Wintergetreide	20.31	18.86	19.30	15.33	20.60	12.94	8.79
Direktsaat von Mais und Mais-Streifenfrässaat	5.83	1.00	8.08	1.30	1.39	1.99	1.12
<b>Total</b>	<b>26.14</b>	<b>27.29</b>	<b>30.58</b>	<b>23.53</b>	<b>26.95</b>	<b>23.00</b>	<b>13.09</b>

Die Saaten der Kulturen 2022 wurden mit Beiträgen von insgesamt 2'291 Franken zusätzlich und nach Berücksichtigung der durch den Bund bereits geleisteten REB zulasten des Seesänerungskredits abgegolten. Das extrem niederschlagsreiche Jahr 2021 führte dazu, dass im Herbst weniger Direktsaaten von Zwischenkulturen und Hauptkulturen des Folgejahres gemacht wurden.

## 5.3 Gewässerraum Kanton Aargau

Seit 2017 schützt ein gesetzlich festgelegter Gewässerraum von 15 Metern Breite, gemessen ab Uferlinie, den Hallwilersee. Bei Bächen von weniger als 2 Metern Breite wird der Schutz vor Nährstoff- und Schadstoffeinträgen durch einen Gewässerraum von 11 Metern Breite (inklusive mittig liegender Bach) garantiert. Bei grösseren Bächen von mehr als 2 Metern Breite wird der Gewässerraum erst mit der Überarbeitung der jeweiligen kommunalen Nutzungsplanung festgelegt. Die einschränkenden Regelungen bei Bächen werden dann grundeigentümerverbindlich, wenn die kommunalen Nutzungsplanungen Rechtskraft erlangen. Im Gewässerraum ist der Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln verboten. Zudem darf keine Bodenbearbeitung erfolgen. Die landwirtschaftliche Bewirtschaftung in Gewässerräumen ist grundsätzlich nur noch als Biodiversitätsförderfläche möglich. Zugelassen ist die Nutzung als Uferwiese, extensiv genutzte Wiese, Streufläche, Hecke, Ufergehölz oder extensiv genutzte Weide.

Seit 2022 werden die entsprechenden Bewirtschaftungseinschränkungen in Fahrwangen und Leutwil umgesetzt. Ab 2023 startet die Umsetzung zusätzlich in Beinwil am See und in Meisterschwanden.

## **6 Massnahmen Siedlungsentwässerung**

### **6.1 Siedlungsentwässerung Kanton Luzern**

#### **Belastete Einleitungen**

In 7 Gemeinden im Einzugsgebiet des Baldeggersees wurden von 2012/2013 belastete Einleitungen festgestellt. Die Massnahmen zur Sanierung der belasteten Einleitungen sind erst zu einem Teil umgesetzt und in den Gemeinden weiter voranzutreiben.

#### **Abwasserfrachten**

Der Ausbau der ARA Hochdorf wirkte sich besonders im 2020 in einer Verringerung des P-Eintrags der ARA Hochdorf in den Baldeggersee aus. Ein neues Bewirtschaftungskonzept für die Aussenbauwerke der ARA Hochdorf führt zu einer Optimierung des Betriebs der Entlastungsbecken, was zu einer Reduktion der Regenentlastungen führte. Im 2021 nahm der P-Eintrag der ARA witterungsbedingt wieder etwas zu.

Der Anteil an der Phosphor-Fracht aus der Siedlungsentwässerung (ARA und Regenentlastungen) in den Sempachersee konnte seit 2004 auf einem tiefen Niveau gehalten werden.

### **6.2 Siedlungsentwässerung Kanton Aargau**

Erste Abschätzungen haben ergeben, dass ca. 0.2 Tonnen Phosphor pro Jahr aus Regenbecken in den See gelangen. Diese Abschätzung ist jedoch ungenau, weil für die Phosphorkonzentrationen im Entlastungswasser aus Regenbecken und Regenüberläufen nur grobe Schätzungen vorliegen. Das Reduktionspotential aus Regenüberläufen und Regenbecken ist unklar und liegt geschätzt bei 10 bis 30% (etwa bei 20 – 60 kg/a). Weitere Abklärungen zu Phosphorfrachten aus Regenbecken und Regenüberläufen und entsprechenden Optimierungsmöglichkeiten sind angedacht.

## **7 Seeinterne Massnahmen: Erneuerung der Seebelüftungen**

Die fast 40 Jahre alten Belüftungsanlagen sind am Ende ihrer Lebensdauer und zu ersetzen. Die Vorabklärungen hierzu laufen. Die Arbeitsgruppe Erneuerung Belüftungsanlagen hat ein Ingenieurbüro beauftragt, die Arbeiten zu koordinieren.

Es werden zwei Wege verfolgt:

- a. Regeneration der Metallsinterzylinder (Fritten) für die feinblasige Belüftung. Damit können die bisherigen Fritten weiterverwendet werden (Kosten CHF 500 pro Fritte gemäss Offerte).
- b. Die Fritten, die nicht regeneriert werden können sind neu herzustellen (geschätzte Kosten CHF 4'000 pro Fritte).

Insgesamt sind im Baldegger- und Hallwilersee je 252 (je 6 Diffusoren) und im Sempachersee 336 Fritten (8 Diffusoren) im Einsatz.

Gemäss den ersten Vorabklärungen geht man davon aus, dass alle Fritten vom Baldeggersee neu produziert, alle Fritten vom Hallwilersee regeneriert und je die Hälfte der Fritten vom Sempachersee regeneriert bzw. produziert werden müssen. Mit dieser Annahme belaufen sich die Gesamtkosten auf ca. 4 Mio. CHF. Falls alle heute eingesetzten Fritten neu produziert werden müssen, ist mit Gesamtkosten von ca. 5.7 Mio. CHF zu rechnen. Zusammengefasst ergibt sich aufgrund dieser Abschätzungen eine voraussichtliche Kostenspanne von 4-6 Mio. CHF. Dies erfordert einen finanziellen Kraftakt von Seiten der Seeverbände und dem Kanton Aargau.

Im Sinne einer Anschubfinanzierung sichern die AfU Aargau und Dienststelle uwe Luzern je CHF 50'000 im 2023 an die Vorabklärungen zu.

## **8 Untersuchung der atmosphärischen Deposition auf die 3 Seen**

Die atmosphärische Deposition von Phosphor auf die 3 Seeflächen wurde von August 2019 bis Juli 2020 von der Forschungsstelle für Umweltbeobachtung AG (FUB), Rapperswil, untersucht. Bei Regenmessstationen an je 2 Standorten an den grösseren Seen Sempacher- und Hallwilersee und an einem Standort am Baldeggersee wurden monatlich die Trocken- und Nassdepositionen bestimmt.

Die Messperiode gehört zu den trockensten Jahren seit 1986. Weil es daher sehr fraglich ist, ob die Messperiode repräsentativ war, wurden die Phosphorfrachten durch den Niederschlag auf die Seeoberfläche für diesen Bericht noch mit den bisherigen Konzentrationsabschätzungen berechnet (Kapitel 2.2, 3.2 und 4.2). Um repräsentativere Resultate auch für regenreichere Jahre zu erhalten wird die Untersuchung von beiden Kantonen in den Jahren 2023 und 24 wiederholt. Der Start ist im Januar 2023 erfolgt.

## 9 Organische Mikroverunreinigungen in den 3 Seen

Seit 2020 werden organische Mikroverunreinigungen im Baldegger-, Hallwiler- und Sempachersee nach einem gemeinsamen Konzept untersucht. Zu den untersuchten Stoffen gehören eine Vielzahl an Pflanzenschutzmitteln, Arzneimitteln, Industriechemikalien usw. sowie Abbauprodukte.

		Anzahl unter- suchter Stoffe	Anzahl Nachweise	Anzahl >0.1 µg/l
<b>Baldegger- see</b>	2020: März	94	15	1
	2021: März	140	51	5
	2022: März / Oktober	90 / 95	20 / 20	1 / 1
<b>Hallwilersee</b>	2020: März / Mai / Dezember	3 / 63 / 3	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1
	2021: März	140	43	7
	2022: März / Oktober	146 / 401	38 / 49	6 / 6
<b>Sempacher- see</b>	2020: März	94	7	1
	2021: März	140	43	4
	2022: März / Oktober	93 / 95	21 / 19	2 / 1

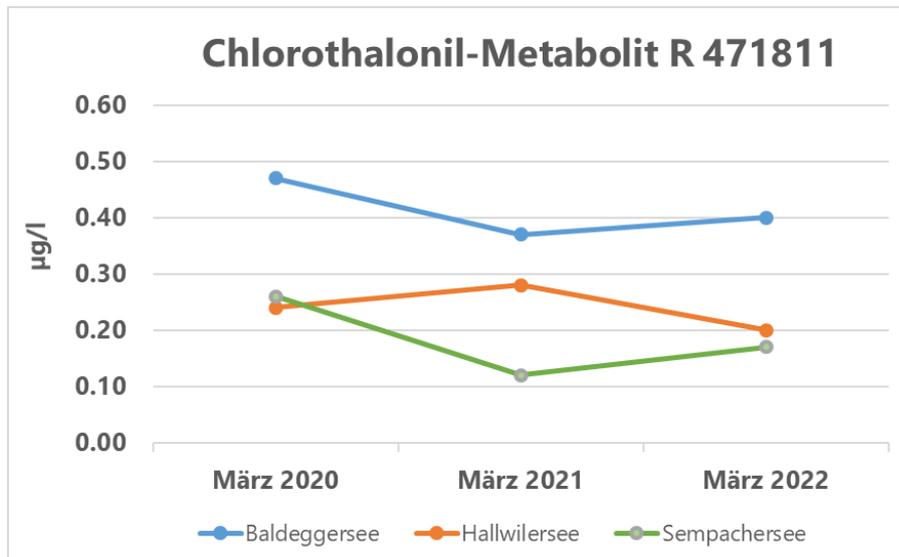
Im Jahr 2022 wurden die Untersuchung der organischen Mikroverunreinigungen in den drei Mittellandseen im März und Oktober durchgeführt. Proben aus drei unterschiedlichen Tiefen von der Wasseroberfläche bis zum Seegrund wurden entnommen und auf 91 bis 401 Stoffe analysiert.

Durch die analytischen Fortschritte in den letzten Jahren können immer mehr Stoffe in noch geringeren Konzentrationen nachgewiesen werden. Nur wenige Stoffe erreichen eine Konzentration in den untersuchten Seen von grösser als 0.1 Mikrogramm pro Liter.

Eine dieser Substanzen ist das Abbauprodukt R471811 des Fungizids Chlorothalonil. Dieser Metabolit wird seit 2020 in zahlreichen Grundwasserträgern des Mittellandes in erhöhten Konzentrationen gefunden. Ab 1. Januar 2020 wurde die Anwendung dieses Fungizids verboten. Die Überwachung zeigt das Verhalten dieses Abbauprodukts R471811 nach dem Quellenstopp in den drei Seen. Eine leicht rückläufige Tendenz der Konzentrationen ist erkennbar. Im März 2022 wurden im Baldeggersee 0.4 µg/l, im Hallwilersee 0.23 µg/l und im Sempachersee 0.17 µg/l gemessen. Ein weiterer im Grundwasser verbreitet nachgewiesener Metabolit des Chlorothalonils (R17888) konnte im Baldegger- und Sempachersee in geringeren Konzentrationen nachgewiesen werden.

Die vorliegenden Konzentrationen des Metabolits R471811 liegen im Bereich gemessener Konzentrationen anderer Seen im Mittelland ([2021-chlorothalonil-metaboliten-in-berner-oberflaechengewassern-gbl-de \(2\).pdf](#))

## Konzentrationen des Chlorothalonil Metaboliten R471811 ( $\mu\text{g/l}$ ) bei vollständiger Mischung im März in jedem der drei Mittellandseen in den Jahren 2020, 2021 und 2022



Die nachgewiesenen organischen Spurenstoffe in den vorliegenden Konzentrationen dürften keine nachteiligen Auswirkungen auf die Wasserlebewesen haben. Im Falle einer Nutzung des Seewassers als Trinkwasser ist einzig die Konzentration des Chlorothalonil-Metaboliten R 471811 von Interesse. Dies hängt aber mit dem noch ausstehenden Entscheid des Bundesverwaltungsgerichts zusammen, ob dieser Metabolit als relevant eingestuft wird oder nicht.

## 10 Neobiota im Hallwilersee und Baldeggersee

### Ausgangslage

Die Quaggamuschel (*Dreissena rostriformis bugensis*) ist eine aus dem Schwarzmeerraum stammende Süßwassermuschel. Sie besiedelt Seen und Fließgewässer und ist in einigen Schweizer Seen nachgewiesen. Die Mittellandseen sind nicht von der Quaggamuschel befallen. Wenn die Quaggamuschel einmal ein Gewässer erreicht hat, ist sie nicht mehr einzudämmen, und es entstehen bedeutende ökologische und ökonomische Schäden. Es gibt zudem weitere invasive gebietsfremde Arten (igA), deren Einschleppung in die beiden Mittellandseen in naher Zukunft droht (z.B. die Schwarzmeergrundeln, der Stachelflohkrebs u.a.).

Der Transport von invasiven Arten an Rumpf und Aussenhülle von Freizeitbooten wird als wichtigster Verschleppungsmechanismus betrachtet. Auch Wassersportgeräte wie Paddel- oder Schlauchboote, Tauch- sowie Fischereiausrüstung stellen sowohl für den Hallwiler- wie auch den Baldeggersee eine Verschleppungsmöglichkeit dar. Zudem besteht das Potenzial von verbotenen Freisetzungen von Aquarien- oder Gartenteichtieren und Köderfischen.

## **Neobiota-Schutzmassnahmen Hallwilersee und Baldeggersee**

Um die Einschleppung der Quaggamuschel und weiterer Neobiota in den Hallwilersee zu verhindern, wurden im 2021 die bereits ergriffenen Massnahmen (Sofortmassnahmen) fortgeführt und in ein langfristiges Neobiota Schutzkonzept für den Hallwiler- und Baldeggersee überführt. Weil die beiden Seen bezüglich Neobiota als Gesamtsystem betrachtet werden müssen, ist eine Zusammenarbeit der Kantone Aargau und Luzern für die Umsetzung der Schutzmassnahmen essentiell.

Ab Mai 2021 wurden vom Kanton Aargau folgende Massnahmen umgesetzt:

- Ausbau der Informationskampagne: Plakate an Einwasserungsstellen, Informationsschreiben an verschiedene Akteure, Merkblätter und Informationsveranstaltungen
- Einführung eines Bootswaschobligatoriums vor dem Einwassern in den Hallwilersee für Schiffe, welche zuvor in einem anderen Gewässer lagen.
- Einführung von obligatorischen Kontrollen vor dem Einwassern für kennzeichnungspflichtige Schiffe mit Wasserliegeplatz nach dem Aufenthalt auf einem anderen Gewässer
- Bootswaschmöglichkeiten in Zusammenarbeit mit Autowaschanlagen und Werften in der Region
- Erfolgskontrolle mit
  - Umsetzungskontrolle – wurden die Massnahmen von den Betroffenen umgesetzt?
  - Wirkungskontrolle mit einem biologischen Monitoring neu auftretender Neobiota, insbesondere eDNA-Untersuchungen

Ab 2022 wurden die Neobiota-Schutzmassnahmen mit geringen Anpassungen weitergeführt. Die Zusammenarbeit mit dem Kanton Luzern und der Umwelt-Zentralschweiz soll noch verstärkt werden. Als Erweiterung der Massnahmen wurden Informationen zum Thema «Kein Freisetzen von Neobiota aus Gartenteichen - und Aquarien» auf der Webseite des Kantons Aargau zusammengestellt und illustriert. Eine Infokampagne soll ab 2023 in Zusammenarbeit mit anderen Kantonen umgesetzt werden.