

# Hallwilersee – nachhaltige Gesundung sicherstellen

Arno Stöckli | Abteilung für Umwelt | 062 835 33 60

**Die Sanierung des Hallwilersees hat in den letzten Jahren grosse Fortschritte gemacht. Das Ziel für den Phosphorgehalt im See wird seit 2008 eingehalten. Um die erreichten Fortschritte zu sichern, hat der Regierungsrat einen Verpflichtungskredit für eine weitere Sanierungsetappe von 2016 bis 2020 bewilligt.**

Der Hallwilersee wurde während rund 100 Jahren mit zu vielen Nährstoffen, insbesondere Phosphat, belastet. Dies führte zu übermässigem Algenwachstum und zu fehlendem Sauerstoff im Tiefenwasser. Die Sanierung des Hallwilersees ist daher seit Mitte des letzten Jahrhunderts ein Thema.

## Langjährige Sanierungsbemühungen

Mit der Fernhaltung der aargauischen Abwässer vom See und deren Reinigung in Seengen sowie der späteren Abwassersanierung im Kanton Luzern wurden bis Anfang der 1980er-Jahre erste wichtige Schritte zur Gesundung des Hallwilersees getan. Seither nehmen die Phosphorgehalte im Hallwilersee und im oben liegenden Baldeggersee ab. Um den Gesundungsprozess der Seen zu beschleunigen wurden in den 1980er-Jahren in beiden Seen sogenannte seeinterne Massnahmen (Zirkulationshilfe im Winter und Sauerstoffbelüftung im Sommer) in Betrieb genommen. Der Hallwilersee wird nun seit beinahe 30 Jahren belüftet.

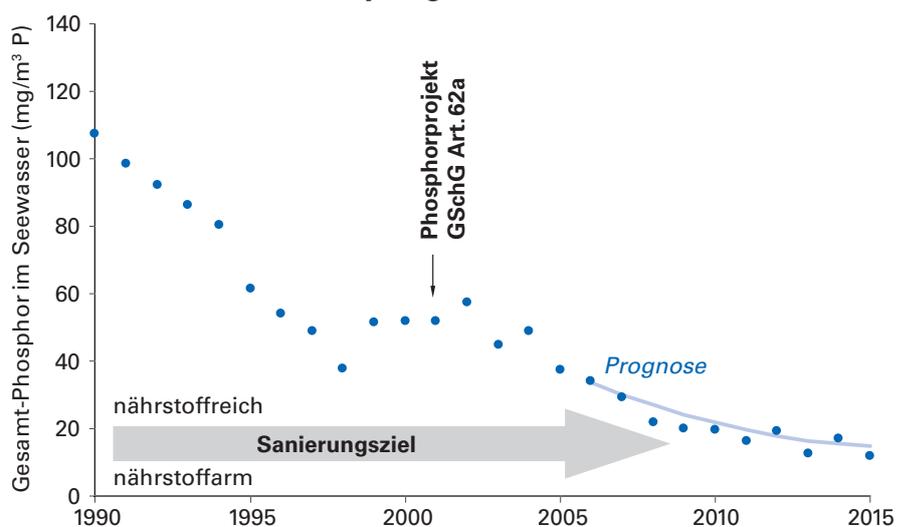
Gleichzeitig wurde auch der Beitrag der Landwirtschaft zur Überdüngungsproblematik erkannt und erste Massnahmen wurden getroffen (Förderung Güllelagerung, Beratung, Pufferstreifen). Nach Vorbild des Kantons Luzern wurde auch im aargauischen Einzugsgebiet des Hallwilersees von 2001 bis 2010 mit erheblicher finanzieller Beteiligung des Bundes ein Phosphorprojekt gestützt auf Art. 62a Gewässerschutzgesetz (GSchG) erfolgreich

durchgeführt. Dieses förderte Massnahmen zur Verminderung von Nährstoffverlusten aus der Landwirtschaft. Als bedeutendste und erfolgreichste Massnahme im Kanton Aargau erwies sich die finanzielle Abgeltung für eine gegenüber dem Pflanzenbedarf reduzierte Phosphatdüngung. So konnte verhindert werden, dass die Bauern überschüssige Hofdünger aus dem Kanton Luzern weiterhin annahmen. Zusätzlich wirkten erweiterte Pufferstreifen entlang von Bächen und dem Seeufer sowie pfluglose Saatverfahren gegen die oberflächliche Abschwemmung von Nährstoffen und gegen die Bodenerosion. Insgesamt erhielten die Landwirte im aargau-

schon Einzugsgebiet des Sees für die Periode 2001 bis 2010 rund 1,2 Millionen Franken an Beiträgen aus dem Phosphorprojekt. Davon trug der Bund rund 77 Prozent.

Seit 2011 sind im Einzugsgebiet des Hallwilersees besondere kantonale Vorschriften bezüglich Düngung mit Phosphor in Kraft (§ 29 Verordnung zum Einführungsgesetz zur Bundesgesetzgebung über den Schutz von Umwelt und Gewässer). Die Vorschriften sollen sicherstellen, dass das bisher erreichte Niveau der Phosphorabschwemmungen in den Hallwilersee weiterhin erhalten bleibt, auch wenn ab 2011 keine Abgeltungen mehr für nicht ausgebrachten Phosphor bezahlt werden. In reduziertem Umfang wurden weiterhin kantonale Beiträge für Pufferstreifen und erosionsmindernde Anbauverfahren ausgerichtet. Im Bereich Siedlungsentwässerung haben die Gemeinden durch den Bau von Regenklärbecken und die Abtrennung von Sauberwasser die Abwasserbelastung des Hallwilersees weiter vermindert.

## Zeitlicher Verlauf des Phosphorgehalts im Hallwilersee seit 1990



Die Phosphorkonzentration im See gilt als Leitindikator für den Zustand des Hallwilersees. Viel Phosphor führt zu übermässigem Algenwachstum. Das für den Hallwilersee definierte Sanierungsziel liegt bei 10 bis 20 Milligramm Phosphor pro Kubikmeter Seewasser.

## Massnahmen zeigten Wirkung

Alle diese Massnahmen führten zu einer markanten Abnahme der Phosphorbelastung des Hallwilersees. Lag die maximale Belastung des Sees Mitte der 1970er-Jahre bei mindestens 16 Tonnen Phosphor pro Jahr, so beträgt diese heute durchschnittlich rund drei Tonnen an algenverfügbarem Phosphor pro Jahr, wie die laufenden Untersuchungen der Zuflüsse zum See zeigen.

Im selben Zeitraum führte dies zu einer Abnahme des mittleren Phosphorgehaltes im See um mehr als das Zehnfache – von maximal 250 auf heute weniger als 20 Milligramm pro Kubikmeter. So wurden während des Phosphorprojekts 8 bis 9,5 Tonnen weniger Phosphor jährlich im Einzugsgebiet des Hallwilersees auf die Landwirtschaftsflächen ausgebracht (UMWELT AARGAU, Nr. 58, November 2012, Seite 9 bis 12). Von 2001 bis 2010 reduzierte sich der Phosphorge-

halt des Sees von 50 auf 20 Milligramm pro Kubikmeter.

Durch die Massnahmen des Kantons Luzern am damals weit stärker belasteten Baldeggersee konnte dessen Phosphorgehalt ebenfalls massiv reduziert werden, auf heute 20 bis 30 Milligramm pro Kubikmeter.

## Burgunderblutalgen nehmen ab

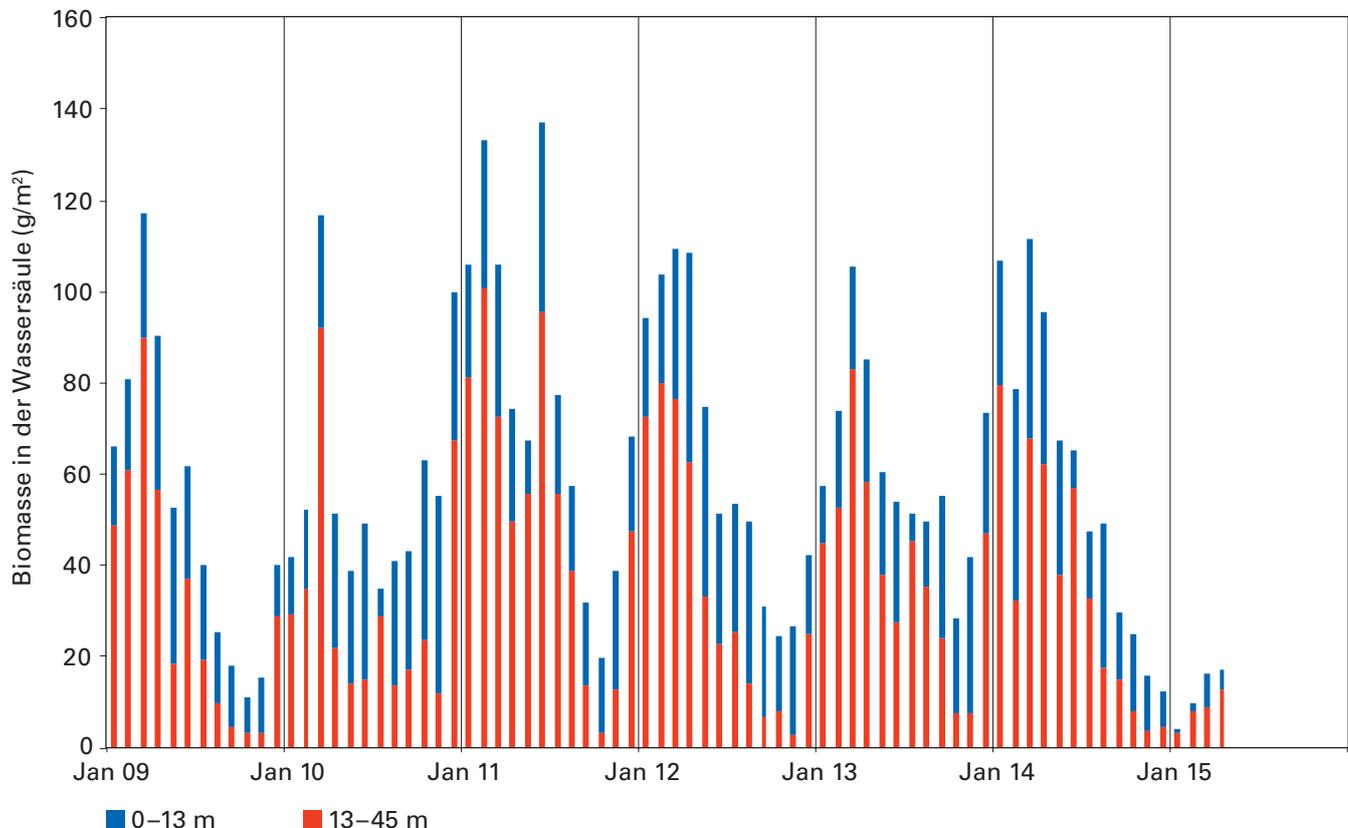
Die Algenentwicklung im Hallwilersee hat auf die verminderten Phosphorgehalte reagiert, wie im UMWELT AARGAU, Nr. 58, November 2012, Seite 13 bis 20, ausführlich berichtet wurde. Allerdings geschah dies nicht in linearer Form, sondern, wie von der Wissenschaft vorausgesagt, in Phasen. Ab Mitte der 1990er-Jahre entwickelte sich die Burgunderblutalge stark und bildete vor allem im Winter rote Algenblüten an der Wasseroberfläche. Um 2002 setzte die Trendwende ein mit einer stetigen Abnahme der Algenbiomasse parallel zum weiteren Rück-

gang des Phosphors im See. Noch bis letzten Sommer dominierte aber die Burgunderblutalge die Zusammensetzung des Planktons. Inzwischen zeichnet sich eine weitere Veränderung der Algenzusammensetzung ab. Im Winter 2014/2015 war der Hallwilersee so klar wie seit 20 Jahren nicht mehr. Statt Burgunderblutalgen vermehren sich nun Kieselalgen und weitere Algen, die typisch für eine Artenvielfalt unter knappen Nährstoffressourcen sind.

## Grosse Schwankungen beim Sauerstoff

Die Sauerstoffzehrung des Hallwilersees blieb trotz Rückgang des Phosphorgehalts bis vor wenigen Jahren hoch. Somit war eine Belüftung mit Reinsauerstoff lange notwendig, um im Tiefenwasser genügend Sauerstoff für den Abbau des organischen Materials sicherzustellen. Erst mit der Abnahme der Algenbiomasse währ-

## Burgunderblutalgen



Entwicklung der Biomasse der Burgunderblutalge *Planktothrix rubescens* in Mischproben von 0 bis 13 Metern und von 13 bis 45 Metern Tiefe. Im Winter, wenn die Zirkulationshilfe im See läuft, verteilt sich die Alge über die gesamte Tiefe des Sees. Sie wächst aber auch mit wenig Licht. Im letzten Winter hingegen fand unerwartet eine markante Abnahme statt.

### Hallwilersee zukünftig ohne «Burgunderblut»?

Burgunderblotalgen im Hallwilersee galten als Zeichen für eine verbesserte Wasserqualität. Nun verschwinden sie – aber nicht, weil es dem See wieder schlechter geht. Der geringe Phosphorgehalt fördert nun Kieselalgen, die typisch für eine Artenvielfalt unter knappen Nährstoffressourcen sind.

Während der frühlinghaften Schönwetterphase Mitte März 2015 waren auffallend wenige Burgunderblotalgen an der Wasseroberfläche des Hallwilersees sichtbar. Noch vor einem Jahr berichteten Medien, dass weite Uferbereiche in tiefes Rot getaucht seien. Die Blaualge, *Planktothrix rubescens* bildete während der letzten zwanzig Jahre im Hallwilersee im Winter und Frühjahr regelmässig unansehnliche, rötlich gefärbte Algenblüten auf dem Wasser – besonders bei schönem windstillem Wetter.

Entgegen früheren Jahren entwickeln sich nun im Winter Kieselalgen. Dass sich die Algenzusammensetzung im Hallwilersee markant verändert, zeichnete sich bereits letzten Spätherbst ab mit fehlendem Wachstum von Burgunderblotalgen. Seit Jahren war der Hallwilersee im Winter – mit sieben Metern Sichttiefe im Februar – nie mehr so klar.

Burgunderblotalgen traten im Hallwilersee bereits 1898 erstmals in Erscheinung, in der Frühphase der Überdüngung. Während der stärksten Belastung des Sees mit Phosphor zwischen den 1960er- und 1980er-Jahren fehlten Burgunderblotalgen hingegen weitgehend, da nährstoffliebende Grünalgen sie verdrängten. Als Folge von Sanierungsmassnahmen nahm der Phosphorgehalt im Hallwilersee ab, sodass in den 1990er-Jahre Burgunderblotalgen erneut aufkamen und die Zusammensetzung der Algenbiomasse dominierten.

### Kaum natürliche Fortpflanzung von Felchen

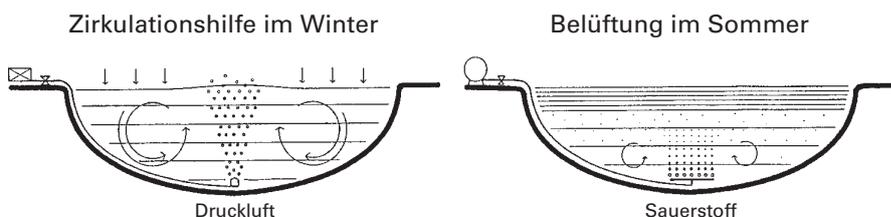
In den letzten Jahren wurden umfangreiche Untersuchungen zur Frage durchgeführt, ob sich Felchen bereits natürlich im See fortpflanzen können. Felchen lassen ihre Eier auf den Seegrund absinken, vorwiegend im flacheren Uferbereich. Während fünf Jahren wurden jeweils kurz vor dem Schlüpftermin mit einer bewährten Methode Felcheneier vom Seegrund gesammelt und auf ihren Entwicklungsstand hin untersucht. Nur vereinzelt fanden sich Eier, die so weit entwickelt waren, dass die Felchen möglicherweise geschlüpft wären. Viele waren aufgrund der vom schlammigen Grund ausgehenden Sauerstoffzehrung abgestorben. Zusätzlich prüfte die Fischereifachstelle unter finanzieller Beteiligung der Abteilung für Umwelt mit einem neuen, aufwändigen Markierverfahren, ob sich junge Felchen aus den im See abgelegten Eiern entwickeln können (Artikel auf Seite 65 in diesem Heft). Erste Beobachtungen im Spätherbst 2014 zeigten, dass wenige Prozente Jungfelchen ohne Markierung vorhanden waren. Unter besonders günstigen Bedingungen können sich also Felchen bereits heute vereinzelt natürlich fortpflanzen.

rend der letzten zehn Jahre konnte auch der Sauerstoffeintrag von durchschnittlich 600 Tonnen auf heute rund 200 Tonnen pro Jahr reduziert werden.

Der Bedarf an Sauerstoff schwankt von Jahr zu Jahr stark, je nach Witterung. Während eines milden Winters wie 2007 oder 2014 kann sich das Seewasser trotz Zirkulationshilfe ungenügend mit Sauerstoff sättigen. Entsprechend höher ist im folgenden Sommer der Sauerstoffbedarf. 2007 mussten 800 Tonnen Sauerstoff eingetragen werden, um im Herbst am Seegrund gerade noch genügend Sauerstoff für die im Schlamm lebenden Würmer zu gewährleisten. Diese Lebewesen haben eine wichtige Funktion im Gesundheitsprozess. Sie durchwühlen den Schlamm und mineralisieren so das während früherer Jahrzehnte abgelagerte organische Material. 2014 genügten 200 Tonnen Sauerstoff für den gleichen Erfolg. Der Vergleich dieser beiden extrem ungünstigen Jahre zeigt, wie die Gesundung des Hallwilersee inzwischen grosse Fortschritte gemacht hat und

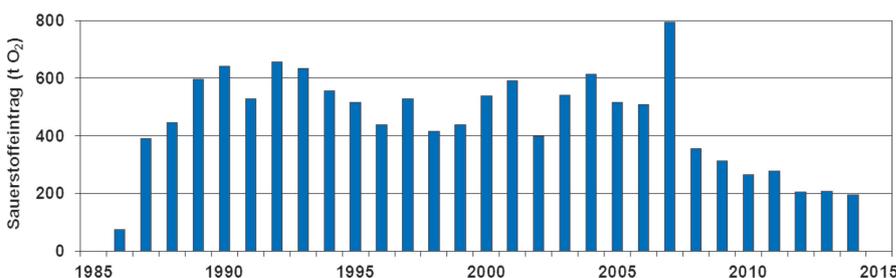
wie die Intensität der seeinternen Massnahmen nun reduziert werden kann.

### Belüftungsmassnahmen im Hallwilersee



Im Winter wird mit grobblasiger Druckluft die Zirkulation im See angeregt. Im Sommer wird der See mit Sauerstoff (feinblasig) belüftet.

### Sauerstoffeintrag der letzten 30 Jahre



Jährlicher Eintrag von Sauerstoff mittels Druckluft oder Reinsauerstoff von April bis Oktober ins Tiefenwasser des Hallwilersees. Nach milden Wintern steigt der Sauerstoffbedarf im Sommer markant an (2007).

## Sanierungsziele, Erfolge und Defizite

Für den Seezustand gelten gemäss Vorgaben der Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998

### Bisherige Sanierungskosten

Die Kosten der Seesanierung für die bisherigen vier Sanierungsstufen betragen 9,76 Millionen Franken. An den Investitions- und Betriebskosten beteiligten sich Bund und Kanton Luzern mit 3,05 Millionen Franken. Mit dem Erfolg der Massnahmen liessen sich die durchschnittlichen Jahreskosten in den letzten Jahren reduzieren:

1984–1995	Fr. 369'000 pro Jahr
1996–2002	Fr. 290'000 pro Jahr
2003–2010	Fr. 295'000 pro Jahr
2011–2015	Fr. 189'000 pro Jahr

Seit 2003 ist eine verursachergerechte Kostenbeteiligung des Kantons Luzern in Kraft. Sie berücksichtigt einerseits den Nutzen des Sees für den jeweiligen Kanton (Anteil Seefläche) und den Verursacher der Verschmutzung (Anteil Phosphorfrachten). Die laufende Überprüfung der Phosphorfrachten zum Hallwilersee bestätigt, dass die für den Kostenteiler gewählten Faktoren im Berechnungsmodell richtig gewählt sind. Mit der abnehmenden Fracht aus dem luzernischen Einzugsgebiet hat sich der Beitrag des Kantons Luzern an die Betriebskosten der see-internen Massnahmen von 52 Prozent im Jahr 2003 auf 45 im Jahr 2014 reduziert.

und den heutigen Erkenntnissen weiterhin die 2010 definierten Ziele für die nachhaltige Gesundung des Hallwilersees:

- 10 bis 20 Milligramm Phosphor pro Kubikmeter Seewasser
- gesamte Belastung mit algenverfügbarem Phosphor maximal 2,5 Tonnen pro Jahr
- mässige Algenproduktion, das heisst wenig Burgunderblutalgen, aber hierfür typische Kiesalgen
- ausreichende Sauerstoffversorgung des Seegrunds für das Überleben von Würmern
- natürliche Fortpflanzung von Felchen (Felcheneier können sich am Sediment entwickeln)

Der Phosphorgehalt des Hallwilersees erreicht das angestrebte Ziel (a) bereits seit 2008. Die tolerable Phosphorbelastung des Sees (b) wird im direkten Einzugsgebiet des Hallwilersees erreicht. Die gesamte Belastung liegt mit rund drei Tonnen pro Jahr nur noch wenig über dem Sanierungsziel. Die Frachten aus dem Baldeggersee und der Abwasserreinigungsanlage (ARA) Hitzkirchertal müssen daher noch weiter reduziert werden. Die Algenproduktion (c) dürfte sich mit der im vergangenen Winter eingetretenen Umstellung der Algenzusammensetzung (markanter Rückgang der Burgunderblutalgen) nun auf ein mässiges Niveau einpendeln.

Weiterhin unklar hingegen ist, wie lange die Belüftung des Sees im Sommer noch aufrechterhalten werden muss, um eine ausreichende Sauerstoffversorgung des Seegrundes (d) sicherstellen zu können. Der Bedarf an Reinsauerstoff konnte in den letzten Jahren erheblich reduziert werden. An-

gesichts der Klimaerwärmung muss die Zirkulationshilfe im Winter allerdings auf unbestimmte Zeit beibehalten werden. Das übergeordnete Sanierungsziel der natürlichen Fortpflanzung der Felchen (e) wird bis heute höchstens punktuell erreicht. Die künstliche Aufzucht von Felchen wird daher noch längere Zeit eine wichtige Stütze für die Felchenfischerei im Hallwilersee bleiben.

### Wie lange muss der Hallwilersee noch belüftet werden?

Die wissenschaftliche Analyse des Sauerstoffhaushaltes des Hallwilersees durch das Wasserforschungsinstitut Eawag weist nach, dass sich der Zustand des Sees in den letzten Jahren wesentlich verbessert hat. Insbesondere auf die Zirkulationshilfe im Winter, aber auch auf eine Belüftung mit Druckluft im Sommer kann allerdings noch nicht verzichtet werden. Es besteht eine grosse Variationsbreite bei der Sauerstoffsituation im See je nach Witterung und Algenentwicklung. Die Zielsetzungen der Seebelüftung sind:

1. Ende Winter eine optimale Sauerstoffreserve für die Stagnationsphase im Sommer zu erreichen, und
2. wenn nötig im Sommer so viel Sauerstoff ins Tiefenwasser nachzuliefern, dass die Belebung des Sediments (Würmer als Indikator) und genügend Lebensraum für Fische erhalten bleiben.

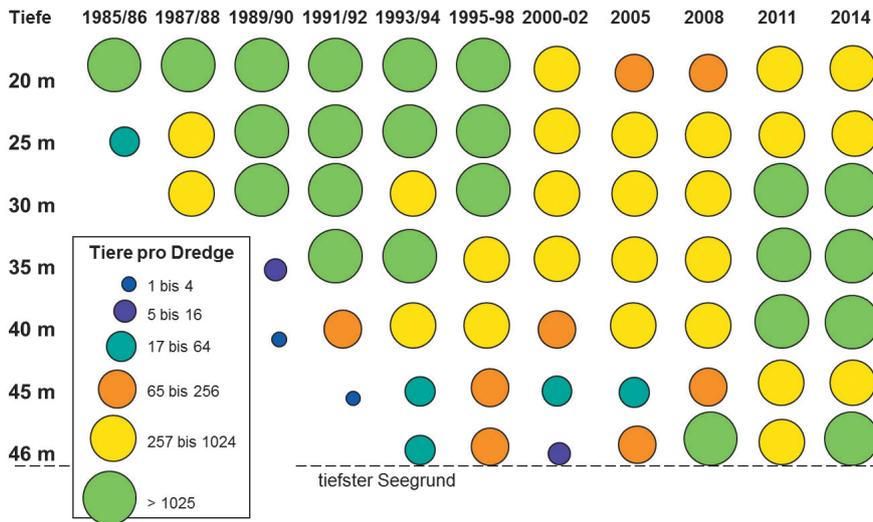
Ziel 1 wird mit der Zirkulationshilfe im Winter angestrebt, Ziel 2 mit der Belüftung des Tiefenwassers je nach Bedarf mit Druckluft und allenfalls Reinsauerstoff.

## Sanierungsziele und Ist-Zustand Hallwilersee

Kriterien	Sanierungsziele	Situation 2015
Phosphorgehalt	10–20 Milligramm pro Kubikmeter	12 Milligramm pro Kubikmeter
Phosphorbelastung	2,5 Tonnen pro Jahr	rund 3 Tonnen pro Jahr
Algenproduktion	mässig, wenig Burgunderblutalgen	weniger Burgunderblutalgen, weniger Algenblüten
Sauerstoffversorgung des Seegrunds	natürlicherweise ausreichend für Überleben von Würmern	Belüftung noch erforderlich im Sommer und Winter
Fortpflanzung der Felchen	Felcheneier können sich am Sediment entwickeln	vereinzelt natürliche Fortpflanzung möglich

*Gewisse Sanierungsziele (Phosphorgehalt und -belastung) werden heute bereits erreicht.*

## Entwicklung der Würmer



Würmer haben den Hallwilersee bis zum Grund wieder besiedelt seit es dort genügend Sauerstoff gibt. In den mittleren Wasserschichten sind die Sedimente heute bereits so weit regeneriert, dass die abnehmende Nahrungsgrundlage keinen massenhaften Bestand mehr zulässt. Eine Dredge ist eine Art Netz für die Probenahme.

Die Zirkulationshilfe im Winter ist dabei die effizienteste Methode und deckt 80 Prozent des Sauerstoffbedarfs ab. Sie muss wohl langfristig weitergeführt werden.

Ein Verzicht auf die Belüftung im Sommer bereits zum gegenwärtigen Zeitpunkt würde bedeuten, dass die tiefste Zone des Sees im Herbst regelmässig ohne Sauerstoff wäre. Die positive Wirkung der schlambewohnenden Würmer auf den Abbau des organischen Materials wäre reduziert und damit der Gesundungsprozess des Sees verlangsamt.

Ein vollständiger Verzicht auf seeinterne Massnahmen, das heisst auch ein Verzicht auf die Zirkulationshilfe im Winter, würde die Gesundheit des Hallwilersees gar grundsätzlich infrage stellen. Unter aktuellen klimatischen Bedingungen mischt sich der Hallwilersee natürlicherweise alle zehn Jahre nur ein- bis zweimal im Winter vollständig. Durch die Klimaerwärmung werden sich die Voraussetzungen dazu noch verschlechtern.

### Belüftung so lange wie nötig

Im Mai 2015 hat der Regierungsrat einen Verpflichtungskredit von 800'000 Franken für eine weitere Sanierungs- etappe 2016 bis 2020 beschlossen. Gemäss der Strategie für die Sanierung

des Hallwilersees gilt es bereits seit 2011, die erreichten Fortschritte zu halten und die nachhaltige Gesundung des Sees sicherzustellen. Dazu werden die seeinternen Massnahmen, Zirkulationshilfe im Winter und die feineblasige Belüftung im Sommer mittels Diffusoren bis mindestens 2020 fortgesetzt.

Beim Einsatz von Druckluft im Sommer steht die kostengünstige, optimale Mischung des Tiefenwassers im Vordergrund. Die Sauerstoffzehrung ist am Seegrund am höchsten. Mit der Druckluftbelüftung wird die gleichmässige Verteilung des Sauerstoffs im Tiefenwasser erreicht. Der teure Reinsauerstoff soll nur noch dann zum Einsatz kommen, wenn mengenmässig zur Verfügung gestellt werden kann. Dies könnte besonders nach einem milden Winter (wie 2007 oder 2014) der Fall sein. Der Sauerstofftank wird dazu als Reserve beibehalten, damit im Fall ungünstiger Witterung zusätzlich zu Druckluft mit Reinsauerstoff belüftet werden kann. Nach fünf Jahren wird die Sauerstoffsituation erneut beurteilt und der Belüftungsbetrieb angepasst. Falls sich der Sauerstoffhaushalt des Sees günstig entwickelt, kann der Verzicht auf die Belüftung im Sommer ins Auge gefasst werden. Die

grobblasige Zirkulationshilfe im Winter aber muss aller Wahrscheinlichkeit nach auf unbestimmte Zeit weitergeführt werden.

### Düngebeschränkungen in Kraft

In Zukunft geht es darum, das Erreichte zu halten und den Landwirten zu signalisieren, weiterhin dem Hallwilersee Sorge zu tragen. Daher sollen bewährte Einzelmassnahmen weiterhin finanziell gefördert werden.

Bei den 2011 eingeführten Düngebeschränkungen ist nach anfänglichen Schwierigkeiten im Vollzug mittels Bodenproben seit 2014 eine generelle Beschränkung der Phosphordüngung auf maximal 100 Prozent des Pflanzenbedarfs in Kraft. Diese Massnahme scheint von den Landwirten nun akzeptiert zu sein und soll verhindern, dass Böden erneut überdüngt werden.

Die finanziellen Abgeltungen für besondere Leistungen zum Schutz des Hallwilersees (Direkt- und Streifenfräsaaten sowie Pufferstreifen entlang von Bächen und Seeufer) sind wirksame Massnahmen gegen die Erosion. Sie werden weiterhin unterstützt. Nicht mehr weitergeführt werden Beiträge für die Stilllegung von Ackerland in drainierten Gebieten, da mit verhältnismässigen Beiträgen zu wenig Anreiz für eine Umstellung erreicht werden konnte. Hingegen sollen im Rahmen von Meliorationsvorhaben technische Massnahmen in einzelnen drainierten Gebieten mit hoher P-Auswaschung geprüft werden.

### Sanierungserfolge werden überwacht

Als Wirkungskontrolle für die seeexternen und seeinternen Massnahmen wird das Monitoring der Phosphorbelastung sowie des Zustandes des Hallwilersees mit den bereits auf die wichtigsten Ziele optimierten Programmen weitergeführt.

Eine präzise Phosphorbilanz der Zu- und Abflüsse des Hallwilersees ist wichtig, um Veränderungen im seeinternen Phosphorhaushalt, insbesondere die Bedeutung des Rücklösungsprozesses von Phosphor aus dem Seesediment, erfassen zu können. Bei einem gesunden See wird wenig Phosphor rückgelöst – die Eigendüngung ist gering.

Zur Überwachung der Wirkung der Düngungsbeschränkung werden die Phosphorgehalte in den Schwebstoffen von Drainagen und Bächen bestimmt. Diese Gehalte widerspiegeln den Düngungszustand von abschwemmungsgefährdeten Böden im betreffenden Einzugsgebiet.

Der Sauerstoffgehalt und weitere chemisch/physikalische Messgrößen sowie das Plankton im See werden monatlich untersucht. Der Bestand an Würmern am Seegrund wird als biologischer Indikator für die Sauerstoffversorgung der Sedimente alle drei Jahre erhoben.

**Massnahmen  
Siedlungsentwässerung**

Massnahmen im Bereich Abwasserreinigung und Siedlungsentwässerung haben ebenfalls erhebliche Wirkung auf den Hallwilersee. Im Rahmen der kürzlich revidierten Generellen Entwässerungsplanung des Abwasserverbands Hallwilersee (VGEP) hat die Ab-

teilung für Umwelt spezifische Massnahmen zur weiteren Reduktion des Phosphoreintrages sowie zur Verbesserung der Badewasserqualität verlangt. Diese werden nun von den jeweiligen Gemeinden umgesetzt.

Langfristig wird kantonsübergreifend im Seetal angestrebt, sodass alles gereinigte Abwasser von den Seen ferngehalten werden kann. Die Abwasserverbände und Gewässerschutzfachstellen Aargau und Luzern haben entsprechende Studien erstellt und wollen ihre Planung auf dieses Ziel ausrichten.

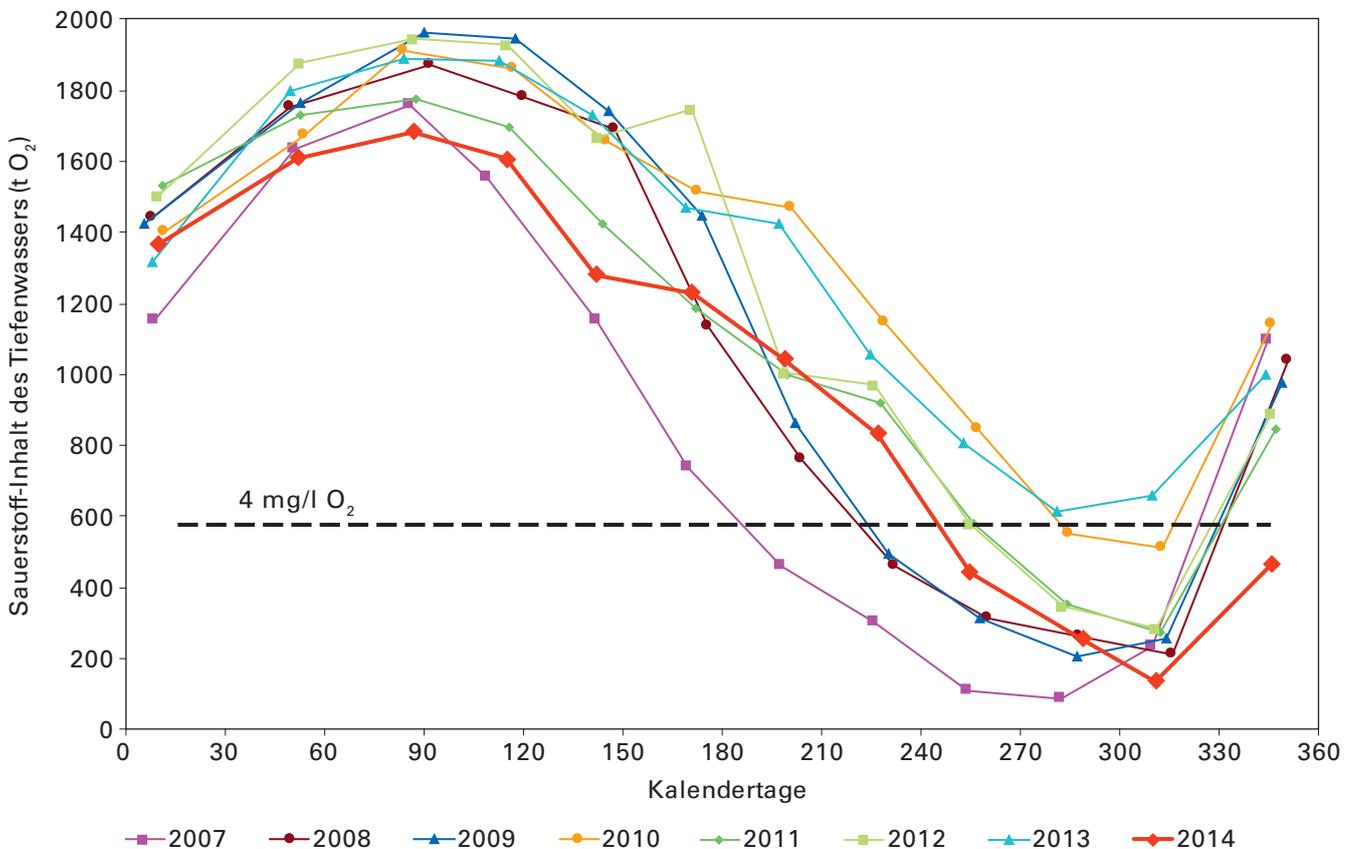
**Massnahmen  
des Kantons Luzern**

Der grösste Teil des Einzugsgebiets des Hallwilersees liegt im Kanton Luzern. Entsprechend wichtig für die Gesundheit des Hallwilersees sind die Massnahmen im Nachbarkanton. Die aktuell erforderlichen Optimierungen der ARA Hochdorf und der ARA Hitzkirchertal werden umgesetzt.

Aktuell ist der Kanton Luzern mit den Bundesstellen über die zukünftige Ausrichtung des luzernischen Phosphorprojekts im Gespräch. Dabei sollen Schwerpunkte auf den massgeblich beitragenden Flächen gesetzt werden, um die Phosphorfrachten aus dem Einzugsgebiet weiter zu reduzieren.

Aus Sicht des Kantons Aargau brachten die bisherigen Massnahmen des Kantons Luzern einen erfreulich reduzierten Phosphorgehalt des Baldeggersees. Dieser kann und soll noch weiter reduziert werden. Kritisch für die Entwicklung im Hallwilersee würde es, wenn beim Baldeggersee eine negative Trendwende einsetzen würde, denn der Phosphorausstrag aus diesem See trägt massgeblich zur Belastung des Hallwilersees bei. Daher muss nicht nur aus finanziellen Überlegungen der verursachergerechte Kostenteiler zwischen den Kantonen Aargau und Luzern beim Betrieb der seeinternen Massnahmen auch in den folgenden Jahren weitergeführt werden.

**Jährliche Entwicklung des Sauerstoffinhalts im Tiefenwasser von 2007 bis 2014**



Im Verlauf des Winters nimmt der See Sauerstoff aus der Atmosphäre auf. Im Verlauf des Sommers ist das Seewasser geschichtet. Sauerstoff gelangt nur durch die Belüftung ins Tiefenwasser. Die Variationsbreite der Sauerstoffzehrung im Sommer hängt entscheidend von der Ausgangslage Ende Winter ab. Die Winter 2007 und 2014 waren ausserordentlich mild.