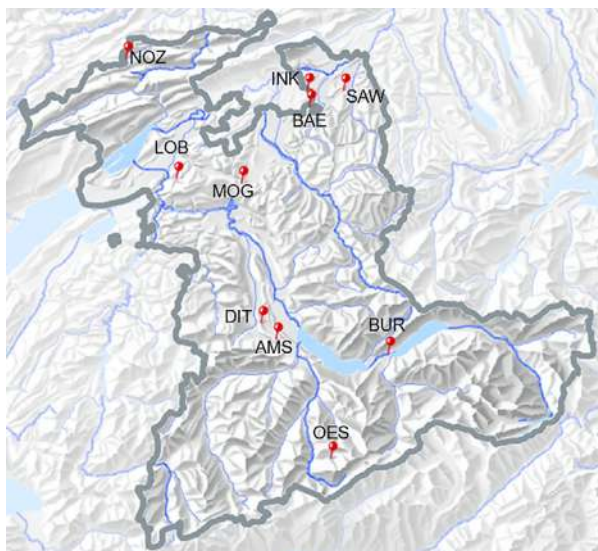




Ökologisches Monitoring Berner Kleinseen

Berner Kleinseen weiterhin unter grossem Druck

Im Kanton Bern gibt es über 100 Kleinseen. Sie sind wertvolle Lebensräume für Pflanzen und Tiere, dienen als Erholungsräume sowie Bade- und Fischereigewässer. Seit über 30 Jahren werden 10 dieser Seen vom Kanton untersucht. Wie in früheren Untersuchungen zeigte sich auch 2023, dass die meisten Kleinseen übermässig mit Nährstoffen belastet sind. Die Folge dieser sogenannten Eutrophierung ist eine erhöhte Algenproduktion, wobei es beim bakteriellen Abbau dieser Biomasse häufig zu Sauerstoffmangel kommt. Dies beeinträchtigt das Ökosystem und die Lebewesen. Die Klimaveränderungen, wie höhere Temperaturen und mehr Starkniederschläge werden diese Situation voraussichtlich verschärfen. In allen 10 Seen wurden auch zahlreiche Mikroverunreinigungen gefunden, darunter Pestizide und deren Abbauprodukte, Haushaltschemikalien und sogenannte «Ewigkeitschemikalien». In manchen Seen führen diese Stoffe dazu, dass schädliche Wirkungen auf Wasserlebewesen nicht ausgeschlossen werden können.



Lage der im Jahr 2023 untersuchten zehn Kleinseen

Amsoldingersee (**AMS**)
 Burgäschisee (**BAE**)
 Burgseeli (**BUR**)
 Dittligsee (**DIT**)
 Étang de la Noz (**NOZ**)
 Grosser Moossee (**MOG**)
 Inkwilensee (**INK**)
 Lobsigensee (**LOB**)
 Oeschinensee (**OES**)
 Sängeliweiher (**SAW**)



Kanton Bern
Canton de Berne

Hintergrund

Seen sind wertvolle Lebensräume für Pflanzen und Tiere, dienen als Erholungsräume, Badegewässer und prägen das Landschaftsbild. Besonders die Kleinseen mit ihren meist intakten Uferzonen haben ökologisch eine hohe Relevanz für eine Vielzahl von Lebewesen. Zugleich sind Kleinseen aufgrund ihres kleinen Wasservolumens besonders empfindlich gegenüber Umwelteinflüssen.

Die Messungen zeigen, dass Kleinseen schon seit mehreren Jahrzehnten unter Druck stehen, vor allem durch lokale Belastungen wie übermässiger Zufuhr von Nährstoffen, Einträgen von Mikroverunreinigungen sowie durch die Auswirkungen des Klimawandels. Die genannten Faktoren beeinträchtigen die ökologische Qualität und die Widerstandsfähigkeit der Seen. So werden Lebensräume für eine Vielzahl von bereits heute gefährdeten Arten bedroht. Im Kanton Bern gibt es über 100 Kleinseen, von denen zehn repräsentative Seen seit 30 Jahren alle 10 Jahre untersucht werden (Details siehe «Untersuchungsprogramm Kleinseen»).

Zu viele Nährstoffe

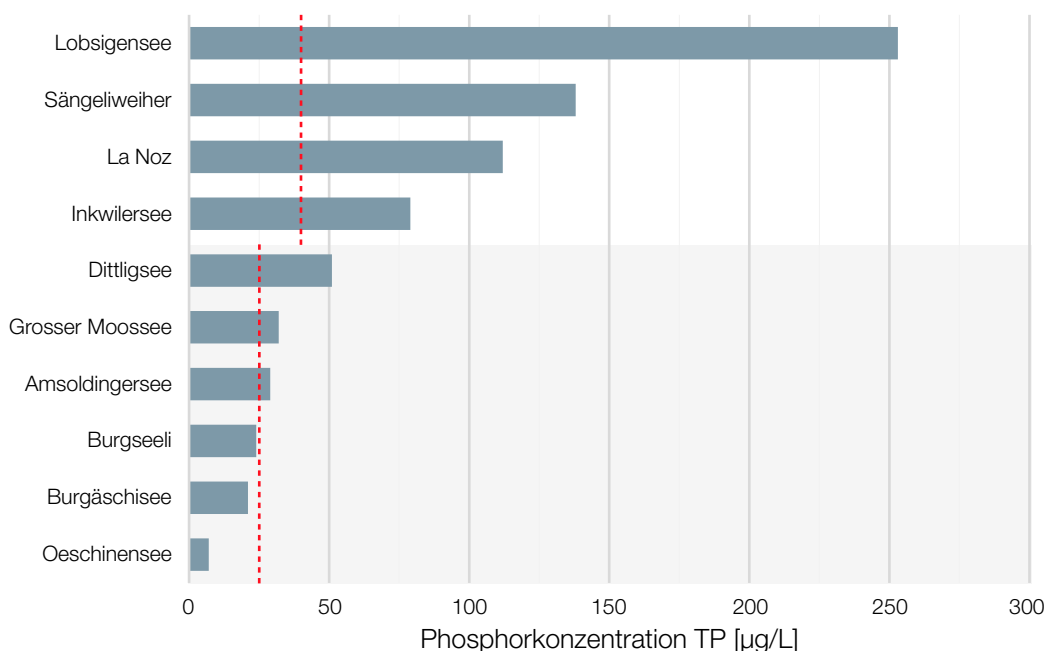
Die letzten Untersuchungen im Jahr 2023 zeigen, dass die meisten der ausgewählten Kleinseen immer noch zu viel Phosphor aufweisen. So haben neun von zehn Seen Phosphor-Konzentrationen über dem Ziel-

wert, welcher gemäss Gewässerschutzverordnung natürlicherweise nicht überschritten werden sollte (GSchV, Anh. 2, Ziff. 13.2). Phosphor ist relevant, weil er als wichtigster Nährstoff massgeblich das Wachstum der Biomasse beeinflusst. Durch die Reduktion von Phosphor kann eine übermässige Produktion von vor allem Algen und Pflanzen zu limitiert werden.

In den meisten untersuchten Seen wurde eine «Über-Produktivität» des Planktons (Algen, kleine Krebstierchen, etc.) festgestellt. Plankton ist die Basis von Seeökosystemen bzw. des Nahrungsnetzes. Was zunächst vermeintlich positiv nach «viel Leben» aussieht, hat langfristig negative Folgen - unter anderem eine raschere Verlandung und eine Veränderung der Lebensgemeinschaft. So wurde in den untersuchten Seen auch beobachtet, dass sich das Verhältnis der Arten verschiebt: es überwiegen häufig die Arten, welche gedüngte Bedingungen bevorzugen (Daten nicht dargestellt).

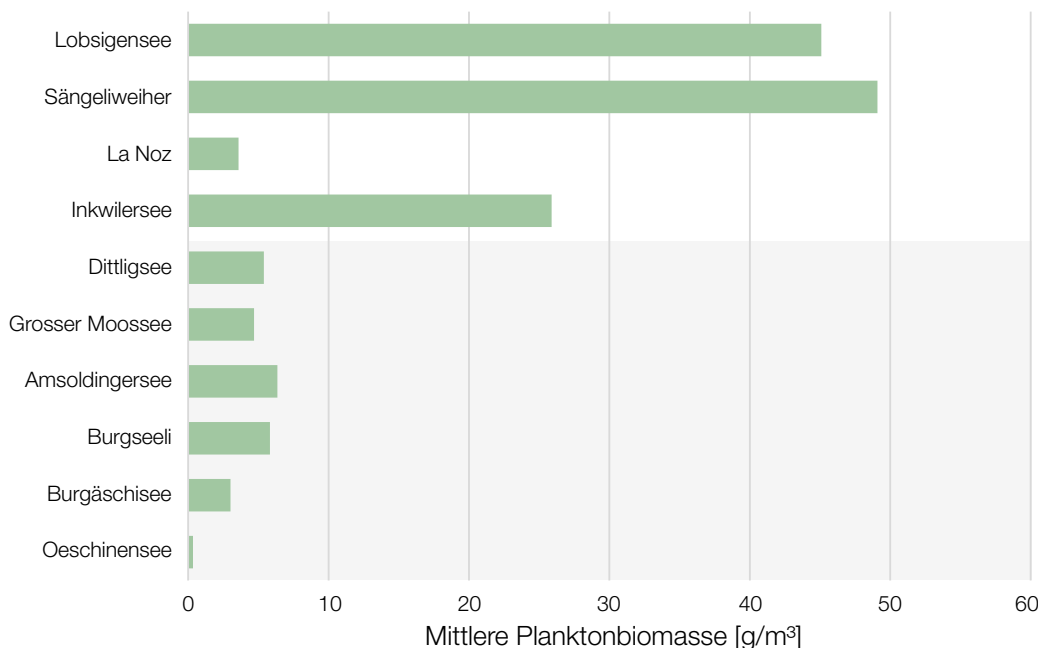
Nährstoffgehalt und Produktivität beschreiben zusammen mit anderen Indikatoren, wie die Wasserklarheit (Sichttiefe) und Temperaturentwicklung, den Trophiegrad eines Sees. Die Klassifizierung reicht von oligotroph für nährstoffarme bis hin zu hypertroph für extrem nährstoffreiche Seen. Ein Vergleich zwischen dem natürlichen Zustand, also den Zustand ohne oder mit

Phosphorkonzentrationen



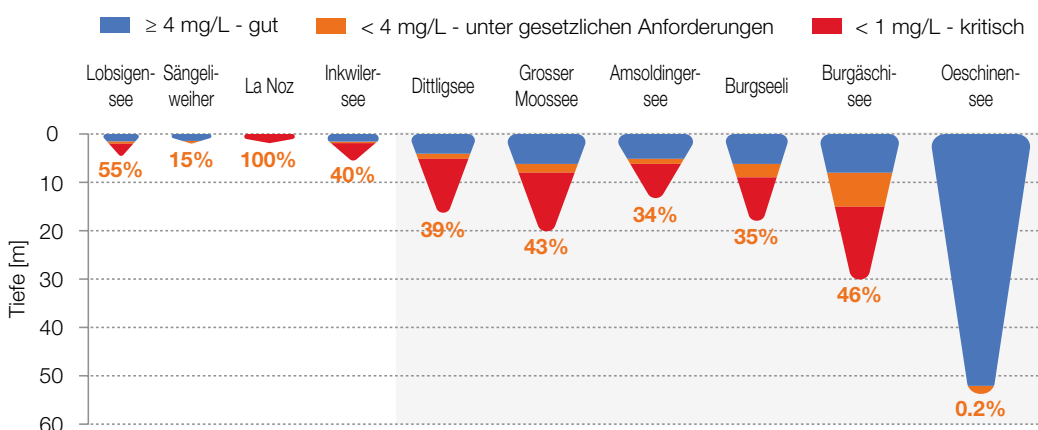
Die Werte zum Phosphorgehalt (µg/L) zeigen repräsentative Konzentrationen dieses Nährstoffs über das Jahr 2023 gesehen. Für Oeschinensee bis Dittligsee gilt der Frühjahrswert als repräsentativ, für Inkwilensee bis Lobsigensee der Jahresmittelwert. Grau hinterlegt sind Seen die tiefer als 10 m sind und natürlicherweise einen geringen Nährstoffgehalt haben.

Plankton Gesamtbiomasse



Bei der mittleren Gesamtbiomasse (g/m³) des Planktons im Jahr 2023 ist die Berechnung auf das gesamte Seevolumen bezogen. Da Plankton vorwiegend in den oberen Wasserschichten vorkommt, welche bei tiefen Seen anteilmässig am Gesamtvolumen weniger ausmachen, erscheint es, als hätten die tieferen Seen absolut weniger Biomasse, was jedoch für die ökologischen Verhältnisse nicht aussagekräftig ist. Grau hinterlegt sind Seen die tiefer als 10 m sind und natürlicherweise einen geringen Nährstoffgehalt haben.

Sauerstoffstatus



Anteil des Seevolumens mit Sauerstoffkonzentrationen über (blau) und unter (orange & rot) 4 mg/L im Jahr 2023. Die Prozentzahlen geben den jeweiligen Gesamtanteil des Seevolumens <4 mg/L an. Grau hinterlegt sind Seen die tiefer als 10 m sind und natürlicherweise einen geringen Nährstoffgehalt haben.

minimaler menschlicher Beeinflussung, und dem aktuellen trophischen Zustand gibt Hinweise auf das Ausmass der durch den Menschen verursachte übermässigen Belastung mit Nährstoffen («anthropogenen Eutrophierung»). Es zeigte sich, dass acht der zehn untersuchten Seen deutlich von ihrem ursprünglichen ökologischen Zustand abweichen.

Die Eutrophierung eines Sees verschlechtert die Gesamtsituation des Ökosystems, da auch neben der Nährstoffkonzentration auch das Sauerstoffgleichgewicht beeinflusst wird. Als Folge der erhöhten Biomasseproduktion kommt es zu einer erhöhten Sauerstoffzehrung. Dies zeigt sich in den Messergebnissen darin, dass acht der beprobten Seen die gesetzlichen Sauerstoffanforderung von mindestens 4 mg/L

nicht erfüllen (GSchV, Anh. 2, Ziff. 13.3b). In mehreren der untersuchten Seen sinken die Sauerstoffwerte von Anfang Sommer bis in den Herbst sogar unter 1 mg/L, was als kritisches Niveau gilt, unter welchem grosse Teile der betroffenen Kleinseen für Gewässerorganismen wie Fische und Insektenlarven unbewohnbar werden.

Wie diese Prozesse genau zusammenhängen und warum sie sich selbst verstärken, ist im «Exkurs: Gedächtnis der Seen - Wieso Massnahmen lange brauchen» beschrieben.

Untersuchungsprogramm Kleinseen

Nach einer ersten Inventarisierung von über 100 Kleinseen in den 1990er-Jahren wurden zehn repräsentative Seen für eine langfristige, kantonale Beobachtung ausgewählt. Die Stichprobe umfasst möglichst verschiedene Seetypen: vom alpinen Bergsee bis zu Tieflandseen, lokalisiert in Landwirtschaftsgebieten oder eher abgelegenen Regionen, wobei sich die Gewässer in Tiefe und Nährstoffgehalt unterscheiden. Die Auswahl der Kleinseen im Rahmen des Monitorings wurde über die letzten Erhebungen weitgehend beibehalten. Um die Entwicklung der ausgewählten repräsentativen Kleinseen über die Zeit zu verfolgen, werden alle zehn Jahre umfassende Untersuchungen durchgeführt. Zusammen mit der Inventarisierung aus den 1990er-Jahren liegen mit den Messungen von 2003, 2013 und 2023 Daten über 30 Jahre vor.

Aufbauend auf die vorausgegangenen Erhebungen werden seit 2003 in der Regel vier Probenahmen pro Monitoring-Jahr durchgeführt. Dies mit dem Ziel die saisonale Dynamik eines Sees zu erfassen: Im Frühjahr sind die Wassertemperaturen über die ganze Tiefe des Sees einheitlich, wodurch Sauerstoff und Nährstoffe meist gleichmässig im See verteilt sind. Die Frühjahrsprobenahme erfasst damit den Ausgangszustand des Sees, bevor im Sommer besonders ausgeprägte Veränderungen auftreten. In den Sommermonaten isolieren stabile Temperaturschichten das Tiefenwasser nahezu vollständig vom Oberflächenwasser, während gleichzeitig die biologische Produktion ihr Maximum erreicht. Dies führt zu deutlichen Veränderungen in der Nährstoff- und Sauerstoffverteilung und erhöht das Risiko für Sauerstoffmangel. Probenahmen, die im Rahmen des Kleinseen Monitorings im Sommer erfolgten, dokumentieren diese kritische Phase. Gegen Ende des Sommers zeigt die Herbstprobenahme, wie sich die sommerliche Belastung auf den See ausgewirkt hat.

Bei jeder Probenahme werden physikalische und chemische Parameter untersucht: Temperatur, Sauerstoff, Nährstoffgehalt, aber auch chemische Stoffe wie Metalle und Mikroverunreinigungen. Zusätzlich werden die biologischen Parameter Biomasse und Artenzusammensetzung des Planktons erfasst. Das Phytoplankton (Algen) und Zooplankton (Kleinkrebse) dienen



Das Wasser wird bereits auf dem See für die chemische Analysen im Labor gefiltert.

als biologische Indikatoren und zeigen, wie das Ökosystem auf die Bedingungen reagiert. Im Juni 2023 wurden erstmals auch Umwelt-DNA-Proben (eDNA) entnommen und auf verschiedene Artengruppen (Fische, Eukaryoten/Insekten, Weichtiere und Amphibien) untersucht. So konnte ein grober Überblick über die Artenvielfalt des untersuchten Gewässers gewonnen werden. Wenngleich die ausgewählten Messparameter nicht die ganze Dynamik der See-Ökosysteme abbilden, so lässt diese Auswahl dennoch einen Rückschluss auf den ökologischen Zustand des Sees und dessen Zustandsentwicklung zu.



Die Sonde wird für die Tiefenprofile von Temperatur, Sauerstoff und weiteren Parametern herabgelassen.

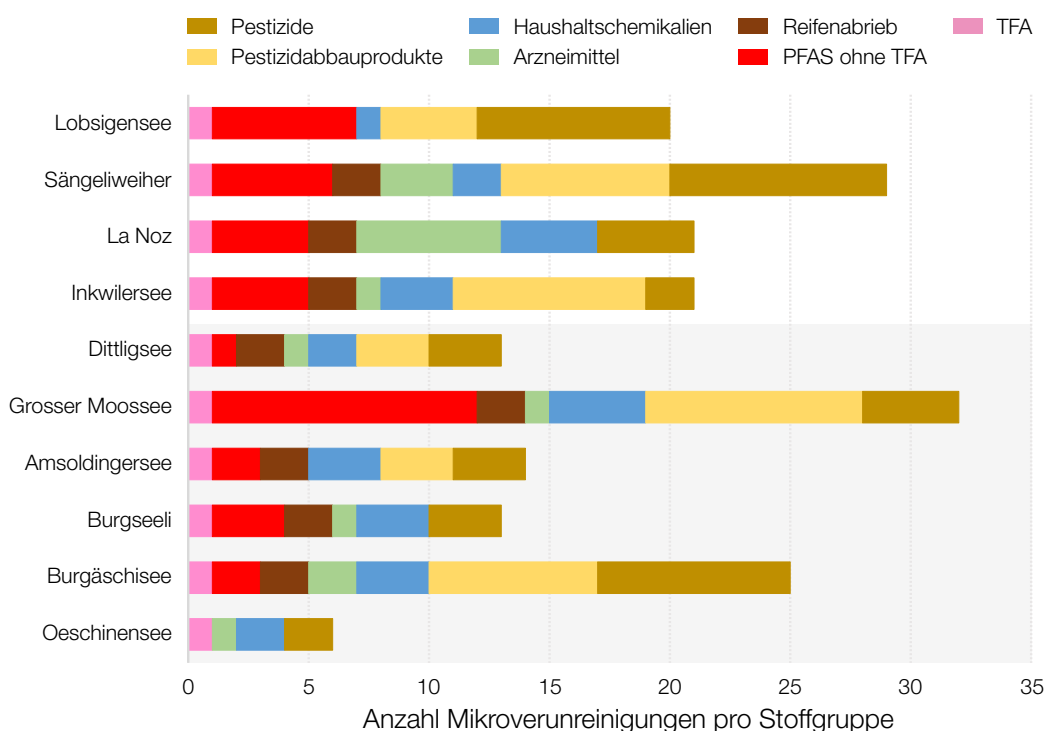
Mikroverunreinigungen

Unter Mikroverunreinigungen versteht man Chemikalien, die durch menschliche Aktivitäten in die Gewässer gelangen und die daher natürlicherweise im See nicht vorkommen. Dazu zählen beispielsweise Pestizide, aber auch Arzneimittel oder Stoffe aus dem Reifenabrieb im Verkehr. Die Konzentrationen liegen im Bereich von Millionstel Gramm pro Liter ($\mu\text{g/L}$). Trotz ihrer geringen Konzentration können einige dieser Stoffe schädlich für (Gewässer-) Lebewesen sein oder sich im Nahrungsnetz anreichern (z.B. PFAS, sogenannte «Ewigkeitschemikalien»).

landwirtschaftlich intensiv genutzten Mittelland mit hoher Siedlungsdichte.

In vier der untersuchten Kleinseen - dem Grossen Moossee, im Sängeliweiher, im Lobsigensee und einmalig im Inkwilersee - wurden drei verschiedene Substanzen in Konzentrationen gefunden, bei denen schädliche Auswirkungen auf Gewässerorganismen nicht ausgeschlossen werden können. Nachgewiesen wurde Propyzamid, ein Herbizid, welches in der Landwirtschaft aber auch im Zierpflanzenbau eingesetzt wird, und Lambda-Cyhalothrin, ein

Mikroverunreinigungen



Anzahl unterschiedlicher Mikroverunreinigungen pro Stoffgruppe im Jahr 2023. Je nach Nutzung des Einzugsgebietes sind unterschiedliche Stoffgruppen vorherrschend. TFA (Trifluoressigsäure) gehört zur Gruppe der PFAS, den sogenannten Ewigkeitschemikalien. TFA wird individuell ausgewiesen, da es in Konzentrationen vorkommt, die einen Faktor 100-1000 höher sind als die anderen PFAS. Für die Visualisierung der Anzahl Mikroverunreinigungen wurde diese gängige Praxis beibehalten. Grau hinterlegt sind Seen die tiefer als 10 m sind und natürlicherweise einen geringen Nährstoffgehalt haben.

Die Wasserproben des Kleinseen Monitorings wurden auf 180 verschiedene Substanzen analysiert, wobei 92 dieser Verbindungen nachgewiesen wurden. Mikroverunreinigungen sind in allen untersuchten Seen präsent - selbst im alpinen Oeschinensee wurden sechs Substanzen nachgewiesen, wenn auch in niedrigen Konzentrationen. Je nach Einzugsgebiet finden sich andere Mikroverunreinigungen, je nach Art von menschlicher Aktivitäten, die in der Umgebung stattfinden. Grosser Moossee, Burgäschisee und Sängeliweiher gehören zu den Seen, in denen die höchste Anzahl verschiedener Mikroverunreinigungen gefunden wurde. Alle drei liegen im

Insektizid mit ähnlicher Verwendung wie Propyzamid. Bei der dritten Verbindung handelt es sich um PFOS, ein wasser- und fettabweisender Stoff, welcher in der Vergangenheit in verschiedenen Bereichen eingesetzt wurde und zur Gruppe der PFAS, den Ewigkeitschemikalien, gehört.

Fazit zum ökologischen Zustand der Kleinseen

Der ökologische Zustand spiegelt wider, wie es dem See und seinen Lebewesen als Ökosystem geht. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen wurde der ökologische Zustand von acht der zehn Seen als schlecht bis unbefriedigend beurteilt.

Das Hauptproblem ist nach wie vor eine zu hohe Nährstoffbelastung mit dem Resultat, dass die Seen deutlich von ihrem natürlichen Zustand abweichen und häufig zu wenig Sauerstoff im Wasser vorhanden

nicht nur zu einer Verringerung von Nährstoffeinträgen, sondern auch zu einer Reduktion der Zufuhr von Mikroverunreinigungen. Aufgrund des „Nährstofflagers“ im Schlamm am Seegrund ist allerdings zu erwarten, dass es bis zu einer tatsächlichen Verbesserung der Nährstoffsituation sehr lange dauert und der Klimawandel zwischenzeitlich die Situation voraussichtlich weiter verschärft (siehe «Exkurs: Gedächtnis der Seen – Wieso Massnahmen lange brauchen»).

Zustandsübersicht

	Phosphorgehalt	Sauerstoffgehalt	Abweichung vom natürlichen Zustand	Mikroverunreinigungen über CQK	Ökologischer Zustand
Lobsigensee (LOB)				Pestizide & PFOS	Schlecht
Sängeliweiher (SAW)				Pestizid & PFOS*	Schlecht
La Noz (NOZ)					Schlecht
Inkwilersee (INK)				PFOS	Schlecht
Dittligsee (DIT)					Schlecht
Grosser Moossee (MOG)				PFOS	Unbefriedigend
Amsoldingersee (AMS)					Unbefriedigend
Burgseeli (BUR)					Gut
Burgäschisee (BAE)					Unbefriedigend
Oeschinensee (OES)					Sehr gut

Übersicht zur fachlichen Bewertung einzelner Parameter und der Gesamteinschätzung des ökologischen Zustands der 10 untersuchten Berner Kleinseen. Die Bewertung von Phosphor-, Sauerstoffgehalt und Abweichung vom natürlichen Zustand wurde von gut (grün), über mittel (gelb) zu schlecht (rot) vorgenommen, bei den Mikroverunreinigungen wurde erfasst, ob das chronische Qualitätskriterium (CQK) überschritten wurde. Die daraus abgeleitete Bewertung des ökologischen Zustands erfolgte in 5 Zustandsklassen von „sehr gut“ bis „schlecht“, in Anlehnung an das Modul-Stufen-Konzept.

* Im Sängeliweiher überschreitet PFOS das CQK nur in einer Messung.

ist, was ihn als Lebensraum unbewohnbar machen kann. Die «Über-Produktion» von Biomasse beschleunigt zudem die „Verlandung“, da die Schlammabildung am Seegrund verstärkt ausfällt.

Nur wenn die genannten Belastungen gezielt minimiert werden, können die Kleinseen auch für kommende Generationen als Erholungsräume und wertvolle Lebensräume bewahrt werden.

Zur Verbesserung der Situation müssen die Nährstoffeinträge aus den Einzugsgebieten reduziert werden. Konkret bedeutet dies, sowohl Belastungen aus der Siedlungsentwässerung, etwa durch Abwasserleitungen fälschlicherweise direkt in den Bach gehen zu verringern, als auch Einträge aus der Landwirtschaft weiter zu reduzieren. In vielen Fällen führen diese Massnahmen

Für jeden der untersuchten Seen wurde ein separates Faktenblatt erstellt. Folgende Dokumente sind unter [Berichte Kleinseen-Monitoring 2023](#) vorhanden:

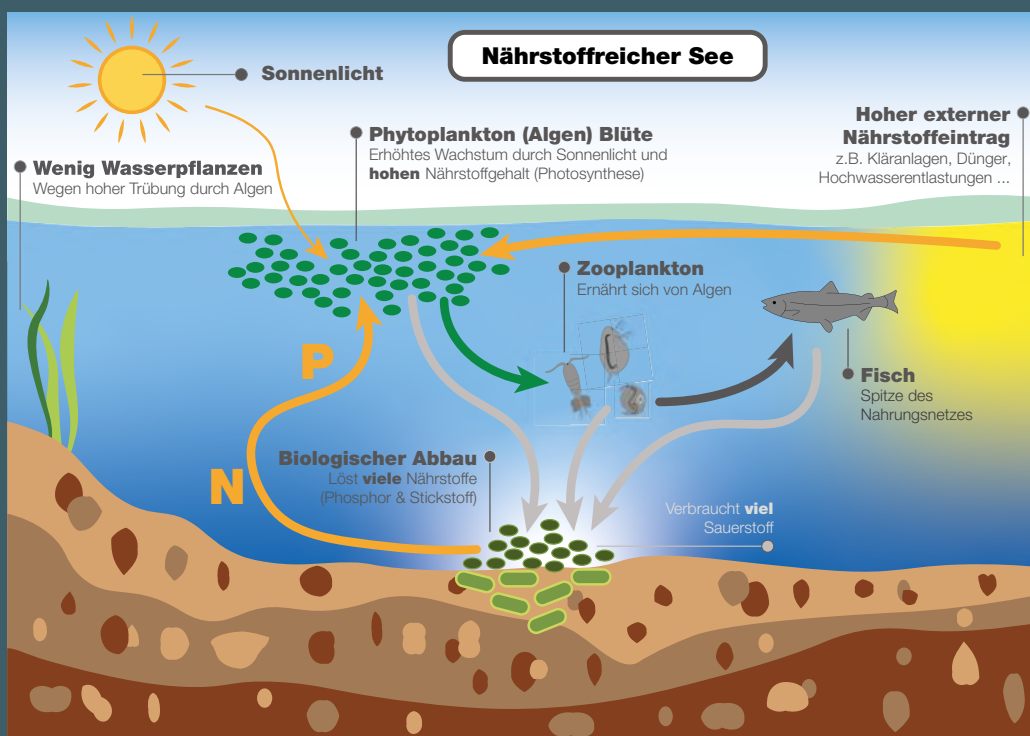
- Vorliegender Synthesebericht
- Amsoldingersee (AMS)
- Burgäschisee (BAE)
- Burgseeli (BUR)
- Dittligsee (DIT)
- Étang de la Noz (NOZ)
- Grosser Moossee (MOG)
- Inkwilersee (INK)
- Lobsigensee (LOB)
- Oeschinensee (OES)
- Sängeliweiher (SAW)
- Fachbericht eDNA Analysen

Exkurs: Gedächtnis der Seen – Wieso Massnahmen lange brauchen

In See-Ökosystemen regulieren Phosphor und Stickstoff das Wachstum von Pflanzen und Algen (inkl. Phytoplankton), welche die Basis des Nahrungsnetzes bilden. Besonders Phosphor spielt eine zentrale Rolle, da er in vielen Fällen der limitierende und damit wachstumsregulierende Faktor für die Algenproduktion ist. Befinden sich zu grosse Mengen dieser Nährstoffe im Gewässer, kommt es zu einer übermässigen Bildung von Algen, wodurch u.a. das Wasser trüb wird und empfindliche Arten verdrängt werden. Dieser Prozess - genauer gesagt der meist durch menschliche Einflüsse entstandene Nährstoffüberschuss - wird als «Eutrophierung» bezeichnet.

Nährstoffquelle und führt dazu, dass das System zu einem sich selbst verstärkenden Kreislauf wird, der die Eutrophierung weiter vorantreibt. Diese interne Nährstoffbelastung mit Phosphor aus dem Seegrund kann so gross werden, dass sie die Wirkung von Massnahmen zur Reduktion der externen Einträge überlagert oder scheinbar wirkungslos macht. Trotzdem kann dieser sich selbst verstärkende Prozess nur durch die Reduktion externer Nährstoffeinträge unterbunden werden.

Die Reduktion der Nährstoffzufuhr ist besonders wichtig, da der Klimawandel die Eutrophierung und die damit verbundenen



Schematische Darstellung eines gestörten ökologischen See-Kreislaufs. Ein Nährstoffüberschuss führt u.a. zu Algenblüten, Sauerstoffmangel und Nährstoff-Freisetzung aus dem Sediment

Ein Zuviel an Nährstoffen gefährdet auch die Sauerstoffversorgung und führt zur Verlandung der Seen. Nach einem übersteigerten Biomassewachstum (v.a. Algen) sinkt nach dem Absterben übermässig viel biologisches Material auf den Seegrund. Es bildet sich eine immer dicker werdende Schicht aus Schlamm. Der See wird flacher und verlandet schneller. Zudem benötigt der Abbau des biologischen Materials viel Sauerstoff. Sinkt der Sauerstoffgehalt am Seegrund stark ab, verändern sich als Folge die chemischen Bedingungen im Sediment, so dass Phosphor, der über Jahrzehnte dort gebunden war, freigesetzt wird. Am Seegrund entsteht so eine zusätzliche

Auswirkungen beschleunigen wird: Höhere Temperaturen fördern das Algenwachstum, Starkniederschläge führen dazu, dass vermehrt Nährstoffe in die Gewässer gespült werden. Ausserdem tragen längere Hitzeperioden dazu bei, dass sich die Zeitspanne stabiler Wasserschichtung verlängert und sich das Wasser stärker erwärmt. In Anbetracht dieser Auswirkungen ist mit längeren Perioden von Sauerstoffmangel zu rechnen.

Impressum

Für jeden der untersuchten Seen wurde ein separates Faktenblatt erstellt. Folgende Dokumente sind unter [Berichte Kleinseen-Monitoring 2023](#) vorhanden:

- Vorliegender Synthesebericht
- Amsoldingensee (AMS)
- Burgäschisee (BAE)
- Burgseeli (BUR)
- Dittligsee (DIT)
- Étang de la Noz (NOZ)
- Grosser Moossee (MOG)
- Inkwilersee (INK)
- Lobsigensee (LOB)
- Oeschinensee (OES)
- Sängeliweiher (SAW)
- Fachbericht eDNA Analysen

Herausgeber

Bau- und Verkehrsdirektion des Kantons Bern BVD
Amt für Wasser und Abfall AWA
Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL
Schermenweg 11
3014 Bern
Tel. +41 31 636 50 00
info.gbl@be.ch | www.be.ch/gewaesserqualitaet

Februar 2025

Bilder

Soweit nicht speziell vermerkt, wurden die Bilder von AWA-Mitarbeitenden aufgenommen.
Das copyright liegt beim AWA.

Weiterführende Links

[Berichte Kleinseen-Monitoring 2023](#)
[Berichte zur Gewässerqualität](#)
[Weitere Themen zur Gewässerqualität](#)



Kanton Bern
Canton de Berne



Ökologisches Monitoring Berner Kleinseen

Zustand des Amsoldingersees

Der Amsoldingersee ist ein wertvoller Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Er ist jedoch eher nährstoffreich und weiterhin in einem ökologisch unbefriedigenden Zustand, er hat sich weder deutlich verbessert noch verschlechtert. Er erfüllt die gesetzlichen Anforderungen bezüglich Sauerstoff- und Nährstoffgehalt nicht. Der Sauerstoffgehalt ist über Monate in einem grossen Teil des Sees so tief, dass in diesem Bereich kaum mehr Leben möglich ist. Mikroverunreinigungen - aus landwirtschaftlichen sowie Siedlungsquellen - kommen in niedrigen Konzentrationen vor; es gibt jedoch kein erkennbares Risiko.



Monitoring des Amsoldingersees

Der Amsoldingersee ist ein typischer Voralpensee, der seit Beginn des kantonalen Kleinseen-Monitorings im Jahr 1993 Teil des Programms ist (siehe Box). Das Monitoring findet alle 10 Jahre statt und wurde zuletzt im Jahr 2023 wiederholt. Um die jahreszeitliche Entwicklung grob zu erfassen, wurden Proben im Frühjahr, Sommer (2x) und Herbst entnommen.

Da kleine stehende Gewässer im Verlauf eines Jahres bezüglich Nährstoffeintrag, Temperaturverhältnissen und Algenproduktion stark variieren können, kann mit der geringen Probenanzahl nicht die ganze Dynamik dieses Ökosystems erfasst werden. Die Daten sind jedoch ausreichend, um eine Beurteilung des Gewässers vorzunehmen. Der vorliegende Bericht gibt

einen Überblick über die Zustandsentwicklung des Amsoldingersee in den letzten 30 Jahren.

Kleinseen-Monitoring

Das Kleinseen-Monitoring im Kanton Bern wurde in den Jahren 1993, 2003, 2013 und zuletzt im Jahr 2023 durchgeführt. Alle 10 Jahre wurden in einer repräsentativen Auswahl von 10 Seen bis zu 4-mal pro Jahr Proben genommen, um deren Entwicklung zu erfassen. An der tiefsten Stelle jedes Sees wurden Tiefenprofile für physikalische Parameter (z.B. Temperatur, Sauerstoff) sowie chemische (z.B. Nährstoffgehalt, Mikroverunreinigungen) und biologische Proben (Plankton) untersucht. Zusätzlich zu diesem regelmässigen Überwachungsprogramm wurden im Juni 2023 Umwelt-DNA-Proben (eDNA) entnommen, um einen groben Überblick über die Artenvielfalt in jedem See zu erhalten.

Weitere Informationen unter:

www.be.ch/gewaesserqualitaet



Allgemeines

Der Amsoldingersee liegt in der Gemeinde Amsoldingen im Berner Oberland, rund 5 Kilometer westlich von Thun und nahe den Ortschaften Höfen und Niederstocken. Der See liegt auf 641 Metern über Meer, ist maximal 13.9 Meter tief und mit einer Fläche von 38 Hektaren zählt er zu den grösseren Kleinseen der Region.

Eckdaten zum See und Einzugsgebiet

A

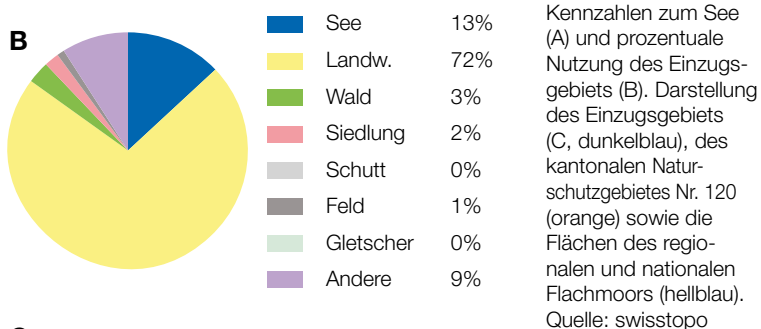
Einzugsgebiet [ha]	420
Höhe des Seespiegel [m.ü.M.]	641
Seefläche [ha]	38
Maximale Seetiefe [m]	13.9
Volumen [m³]	2'552'682

Das umliegende Einzugsgebiet - also die Landschaft, aus der Wasser in den See gelangt - prägt die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Wasserzuflusses und beeinflusst damit direkt die Wasserqualität. Charakteristisch für das Einzugsgebiet des Amsoldingersees sind landwirtschaftlich genutzte Flächen, die überwiegend als Wiesen und Weiden bewirtschaftet werden. Ergänzt wird diese Nutzung durch weitere Flächentypen wie regionale und nationale Flachmoore. Mehrere Zuflüsse bringen Wasser in den See und führen auf ihrem Weg vermutlich eine mässig hohe Menge an externen Nährstoffen mit sich. Zusätzlich kann die Wasserqualität gelegentlich durch häusliche Abwässer beeinträchtigt sein. Den grössten Wasserzufluss liefert der Seemattbach.

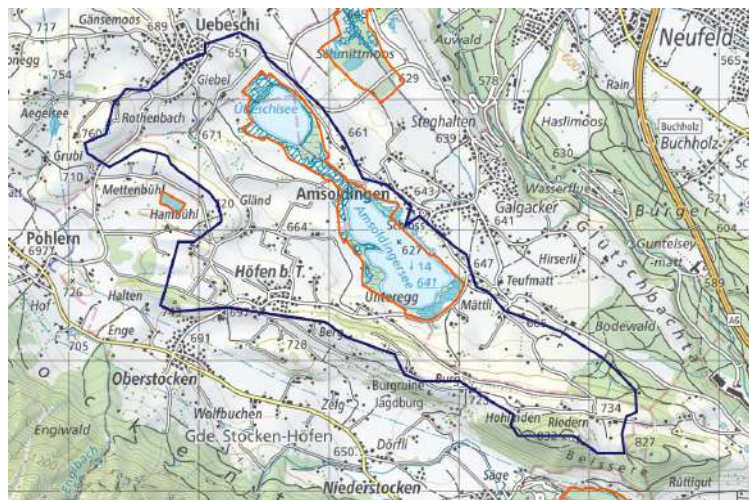
Das Gebiet um den Amsoldingersee besitzt einen hohen ökologischen Wert und wurde 1977 als kantonales Naturschutzgebiet ausgewiesen. Das umliegende Flachmoor mit seinen fliessenden Übergängen stellt einen bedeutenden Lebensraum für verschiedene Organismen dar, darunter Amphibien, die in unterschiedlichen Entwicklungsstadien sowohl im Wasser als auch an Land leben. Flachmoore sind seltene Lebensräume und stehen gemäss Moorlandschaftsverordnung unter Schutz. Dank der weitgehend intakten Uferlinie kann sich die natürliche Sukzession von Land- zu Wasserpflanzen entfalten, was die ökologische Vielfalt zusätzlich fördert.

Die flachen Uferzonen bieten zudem wertvolle Lebensbedingungen für die Wasserfauna, indem sie Insekten, Fischen und Wasservögeln Schutz und Nahrung bieten.

B



C



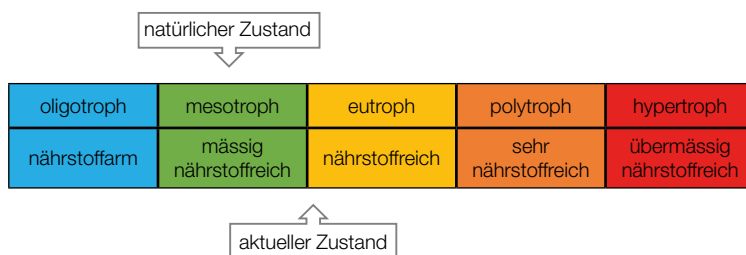
Nährstoffgehalte

In See-Ökosystemen regulieren die beiden Nährstoffe Phosphor und Stickstoff das Wachstum von Pflanzen und Algen, welche die Basis des Nahrungsnetzes bilden. Hohe Einträge dieser Nährstoffe führen zu einer übermässigen Bildung von Algen und zu einer Verschlechterung der Gewässerqualität. Dieser Prozess wird als Eutrophierung bezeichnet. Die Gewässerschutzverordnung gibt vor, dass ein gesundes Ökosystem ohne schädliche Auswirkungen der Eutrophierung, wie Sauerstoffmangel, erhalten werden soll. Dazu ist festgelegt, dass «der Nährstoffgehalt höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen darf; besondere natürliche Verhältnisse

bleiben vorbehalten» (GSchV, Anh. 2, Ziff. 13.2).

Der trophische Zustand eines Sees beschreibt, wie nährstoffreich und produktiv er ist - und damit auch, wie gut er als gesundes und vielfältiges Ökosystem funktionieren kann. Zur Bestimmung werden mehrere Indikatoren herangezogen - insbesondere der Phosphorgehalt, der meist das Algenwachstum limitiert, aber auch die Wasserklarheit (Sichttiefe), die Temperaturentwicklung und die Algenbiomasse. Basierend auf diesen Indikatoren reicht die Klassifizierung von oligotroph für nährstoffarme, über mesotroph für mässig nährstoffreiche, und eutroph für nährstoffreiche bis hypertroph für extrem mit Nährstoffen belastete Seen. Ein Vergleich zwischen dem natürlichen Zustand - ohne oder mit minimaler menschlicher Beeinflussung - und dem aktuellen trophischen Zustand gibt Hinweise auf das Ausmass der anthropogenen Eutrophierung. Unter anderem

Trophischer Zustand

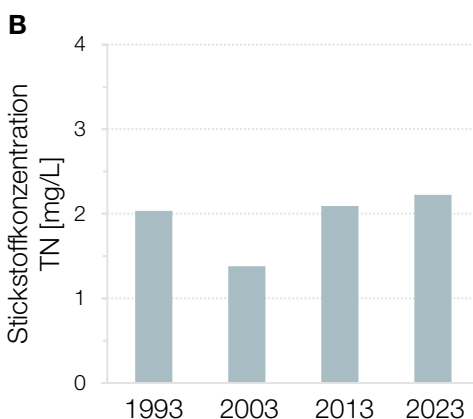
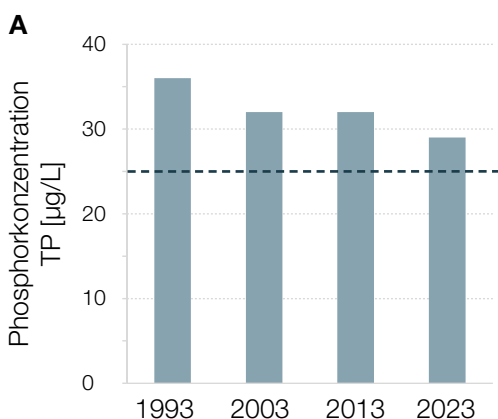


Trophische Skala für Seen mit Angabe des natürlichen Zustands und des aktuellen Zustands. Je stärker die anthropogenen Einflüsse sind, desto mehr weichen die Zustände voneinander ab.

konzentration, welche die Produktivität natürlicherweise oligo- bis mesotropher Seen auf einem mässigen Niveau begrenzen soll.

Der Amsoldingersee hatte natürlicherweise einen mässig hohen Nährstoffgehalt und lag deswegen ursprünglich im mesotrophen Bereich (Referenzwert, LAWA 1998). Durch die vom Menschen verursachte Nährstoffbelastung aus dem Einzugsgebiet

Entwicklung der Nährstoffe



Phosphor- (A) und Stickstoffentwicklung (B). Durchschnittliche Konzentration des gesamten Seevolumens. Die horizontale Linie stellt die Zielkonzentration für Phosphor (25 µg/L) dar, die ein natürlicherweise oligo- bis mesotropher See nicht überschreiten sollte.

führen Siedlungsentwicklung, Abholzung, landwirtschaftliche Düngung, Drainagen, Abwassereinleitungen, Hochwasserentlastungen und künstliche Seeabsenkungen zu verstärkten Nährstoffeinträgen und können die Produktivität des Sees über das natürliche Mass hinaus erhöhen.

Im Amsoldingersee wurde über einen Zeitraum von 30 Jahren im Rahmen des Kleinseen-Monitorings keine deutliche Veränderung der Nährstoffkonzentrationen von Stickstoff und Phosphor im See festgestellt. Die wasserchemischen Daten weisen auf einen insgesamt stabilen aber eher nährstoffreichen Zustand des Sees hin. Die Phosphor-Konzentrationen liegen in allen Messjahren oberhalb der allgemeinen Ziel-

ist der See nährstoffreicher geworden und befindet sich, basierend auf der aktuellen Bewertung im Rahmen des Monitorings (Berechnung mittels LAWA 2014), heute im Grenzbereich zwischen mässig nährstoffreich (mesotroph) und nährstoffreich (eutroph). Die zunehmende Eutrophierung des Sees verschlechterte die Gesamtsituation im Ökosystem See, welche auch das Sauerstoffgleichgewicht beeinflusste.

Sauerstoff & Temperatur

Der Amsoldingersee und ähnlich tiefe Seen durchlaufen im Jahresverlauf Phasen der Durchmischung (Zirkulation) und der Schichtung (Stagnation). Im Amsoldingersee tritt die Zirkulation im Frühjahr und im

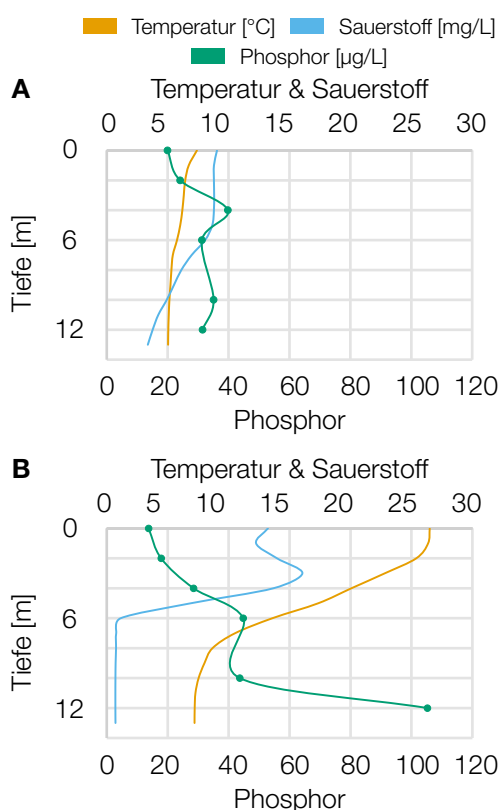
Herbst auf, wenn die Wassertemperatur von der Oberfläche bis zum Grund einheitlich ist. In dieser Zeit werden Sauerstoff und Nährstoffe zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser ausgetauscht, wodurch ihre Konzentrationen über die gesamte Wassersäule relativ ähnlich sind.

Im Winter und Sommer, wenn sich die Wassertemperaturen zwischen Oberfläche und Tiefenwasser deutlich unterscheiden, sind die Wassermassen aufgrund der unterschiedlichen Dichte weitgehend voneinander getrennt - der See befindet sich in der Stagnationsphase, die während der warmen Sommermonate besonders ausgeprägt ist. In der oberen Wasserschicht kommen Mikroalgen vor, die während ihres Wachstums Nährstoffe aufnehmen und mittels Photosynthese Sauerstoff produzieren. Ihre Wachstumsrate ist im Sommer höher, wodurch die Oberflächenschicht mit Sauerstoff gesättigt wird und die Nährstoffkonzentrationen sinken. In den tieferen Wasserschichten hingegen wird abgestorbenes organisches Material - wie Plankton und Algen - durch Bakterien abgebaut. Dabei wird Sauerstoff verbraucht (Sauerstoffzehrung) und gleichzeitig werden Nährstoffe wie Phosphat und Ammonium an das umgebende Wasser abgegeben. Da der Amsoldingersee über Monate geschichtet bleibt, entwickeln sich deswegen unterschiedliche Bedingungen in Oberflächen- und Tiefenwasser. Es entsteht ein vertikaler Gradient: Die Nährstoffkonzentrationen steigen mit der Tiefe, während der Sauerstoffgehalt abnimmt. Mit fortschreitender Stagnation bildet sich dieser Unterschied immer stärker aus und die sauerstoffarme Zone wandert zunehmend nach oben. Unter diesen Bedingungen können sich im Tiefenwasser toxische Sulfide bilden, welche anzeigen, dass das Wasser über einen längeren Zeitraum sauerstofffrei war. Obwohl ein Sauerstoffrückgang im Tiefenwasser während der Stagnationsphase grundsätzlich normal ist, kann sich dieser durch eine erhöhte Biomasseproduktion wegen erhöhter Nährstoffeinträge verstärken.

Der Amsoldingersee erfüllt die gesetzliche Anforderung an den Sauerstoffgehalt seit 1993 nicht. In der Gewässerschutzverordnung wird spezifiziert, dass der Sauerstoffgehalt im gesamten Seewasser unabhängig von der Jahreszeit mindestens 4 mg/L betragen muss; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten (GSchV, Anh. 2, Nr. 13.3b). Doch auch im Jahr 2023

konnte keine Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser beobachtet werden. Bereits ab März liegt der Sauerstoffgehalt in durchschnittlich 6 Metern Tiefe unter dem gesetzlichen Grenzwert. Dadurch sind rund 30 % des Seevolumens für Gewässerorganismen wie Fische und Insektenlarven als Lebensraum nicht mehr nutzbar. Ab August wurde zudem im Tiefenwasser Sulfid nachgewiesen (Anzeiger

Saisonale Tiefenprofile

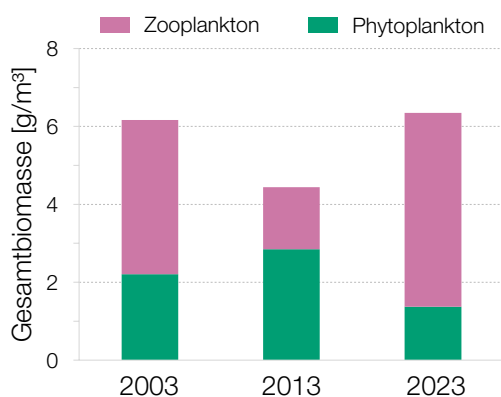


Tiefenprofil im März (A, während der Zirkulationsphase) und August (B, während der Stagnationsphase) 2023. Dargestellt sind Temperatur und Sauerstoffgehalt (obere Achse) sowie Phosphorgehalt (untere Achse) im Tiefenverlauf.

für langdauernde Sauerstoffarmut). Bis Oktober stiegen die Sulfid Konzentrationen auf bis zu 1 mg/L an, was die Wasserqualität zusätzlich beeinträchtigt.

Eine zentrale Ursache für die erhöhten Phosphorwerte im Amsoldingersee sind einerseits Einträge aus dem Einzugsgebiet und andererseits die Freisetzung von Phosphor aus dem Seesediment, in dem Phosphor aus früheren Nährstoffeinträgen gespeichert wurde. Wenn im Sommer das Tiefenwasser kaum noch Sauerstoff enthält, wird dieser Phosphor wieder ins Wasser abgegeben. Das kann zu einer erhöhten Algenbiomasse in der nächsten Vegetationsperiode führen, deren Abbau wiederum mehr Sauerstoff verbraucht - ein Kreislauf, der sich selbst verstärkt. Diese interne Nährstoff-Quelle kann sogar grösser sein als die heutigen externen Einträge.

Entwicklung der Plankton Gesamtbiomasse



Mittlere Gesamtbiomasse des Planktons als Summe des Phyto- und Zooplanktons [g/m³].

ge, wodurch etwaige Massnahmen zur Reduktion des Nährstoffeintrags im Einzugsgebiet als nicht effektiv erscheinen. Um diesen Teufelskreis zu durchbrechen, ist es jedoch essenziell, die externen Phosphor-/Nährstoffeinträge möglichst stark zu reduzieren. Nur so können die Sauerstoffverhältnisse langfristig verbessert und ein gesundes Ökosystem ermöglicht werden.

Plankton

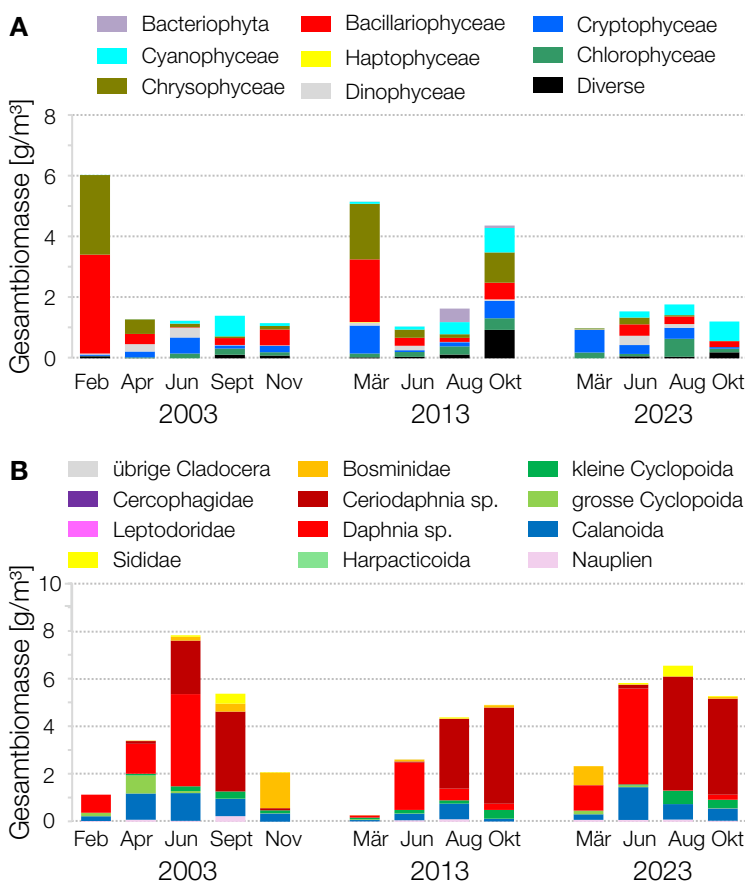
Plankton bildet die Basis der Seeökosysteme bzw. des Nahrungsnetzes. Phytoplankton (Algen und Cyanobakterien) vermehren sich mit Hilfe von Sonnenlicht und Nährstoffen, während Zooplankton (z. B. Krebstiere und Insektenlarven) sich davon ernährt und wiederum als Nahrung für Fische dient. Phyto- und Zooplankton stehen in enger Wechselwirkung, was zu natürlichen Biomassenschwankungen führt - Biomasse beschreibt die Menge an Leben im See. Die Interpretation von Veränderungen in Planktongemeinschaften ist komplex. Natürliche Schwankungen, kurze Generationszeiten und die dynamische Zusammensetzung der Organismen können je nach Probenahmezeitpunkt variierende Ergebnisse liefern. Dennoch ist die Überwachung unerlässlich, da Plankton empfindlich auf physikalische, chemische und biologische Veränderungen reagiert. Aus diesem Grund und wegen ihrer zentralen ökologischen Rolle werden sowohl Phyto- als auch Zooplankton (Krebstierarten) im Rahmen des Kleinseen-Monitorings erfasst.

Im Amsoldingensee lag die Gesamtbiomasse des Planktons in einem ähnlichen Grössenbereich wie 2003.

Die Phytoplanktonbiomasse variierte im Jahrverlauf 2023 in einer ähnlichen Grössenordnung wie in den vorherigen Untersuchungen. Im Vergleich zu früheren Erhebungen fehlen jedoch insbesondere die Frühjahrsmaxima der Kiesel- und Goldalgen (Bacillariophyceae & Chrysophyceae). Im März überwogen die beweglichen Schlundalgen (Cryptophyceae), im Juni waren alle Artengruppen vertreten, im August dominierten die Grünalgen (Chlorophyceae) und im Oktober die Blaualgen (Cyanophyceae).

Die Zooplanktonbiomasse blieb im Jahr 2023 ebenfalls weitgehend stabil. Im Frühjahr dominierten Schwebekrebschen (*Eu-*

Entwicklung der Planktonzusammensetzung



Phytoplankton (A) und Zooplankton (B) Biomasse [g/m³] als Summe der beobachteten Arten-Gruppen.

diaptomus gracilis, Calanoida), grosse Hüpfertinge (*Cyclops vicinus*, Grosse Cyclopoida) und Wasserflöhe (*Daphnia sp.*). Im Sommer folgten kleine Hüpfertinge (*Mesocyclops leuckartii*, Kleine Cyclopoida) und Litoral-Wasserflöhe (*Ceriodaphnia sp.*). *Diaphanosoma brachyurum* (Sididae) trat im Hochsommer in ähnlicher Häufigkeit wie 2003 auf, im Gegensatz zu 2013. Im März

wurde zudem ein Maximum von Rüsselkrebsechen (*Bosmina longirostris*, Bosminiidae) festgestellt - eine Art, die 2013 weitgehend fehlte.

Neben der Biomasse liefert auch die Zusammensetzung der Planktongemeinschaften wertvolle Hinweise auf den ökologischen Zustand eines Gewässers. Bestimmte Phytoplanktongruppen gelten als Indikatorarten für den Nährstoffgehalt des Wassers. Auch wenn es keine allgemein anerkannten Indikatorarten für Zooplankton gibt, liefern deren Populationsdynamik und Veränderungen in der Gemeinschaftsstruktur wichtige Informationen über Umweltbelastungen wie Nährstoffanreicherung, Sauerstoffmangel oder erhöhten Frassdruck.

Im Amsoldingensee schwanken die Anteile der Phytoplankton-Indikatorarten über die Jahreszeiten deutlich. Im Jahr 2023 überwog insgesamt aber jenes Phytoplankton, welches gedüngte bis sehr stark gedüngte (eu- hypertroph) Gewässer bevorzugt. In den früheren Untersuchungsjahren war die Biomasse der Indikatorarten für kaum bis mässig gedüngte Gewässer (oligo-mesotroph) meist höher.

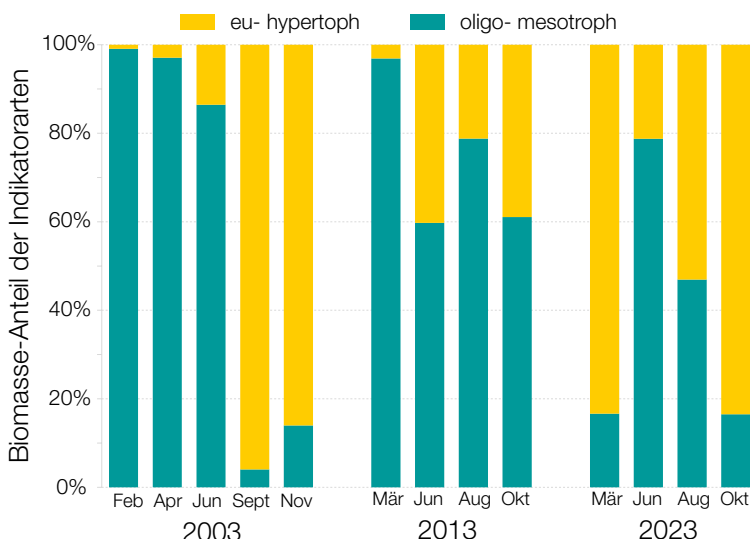
Die saisonale Entwicklung des Zooplanktons (Krebstierarten) folgt einem für kleine meso- bis eutrophe Seen typischen Muster, mit Biomassehöchstwerten im Sommer und Herbst. Wie beschrieben dominierten im Juni grosse Wasserflöhe (*Daphnia sp.*), während im August und Oktober hohe Dichten von Litoral-Wasserflöhen (*Ceriodaphnia sp.*) beobachtet wurden - diese Beobachtung untermauert die trophische Einstufung zusätzlich. Ab Juni traten Larven der Büschelmücken (*Chaoborus sp.*) im Freiwasser auf - ein Hinweis auf Sauerstoffmangel in tieferen Wasserschichten.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass trotz eines leichten Rückgangs der Phytoplankton-Biomasse, die Zusammensetzung und Entwicklung von Phyto- und Zooplankton im Amsoldingensee weiterhin eine erhöhte Nährstoffverfügbarkeit widerspiegeln. Die Artenzusammensetzung hat sich im Allgemeinen kaum verändert.

Umwelt DNA (eDNA)

Organismen hinterlassen in ihrer Umwelt (Luft, Boden, Wasser) nachweisbare Spu-

Phytoplankton nach Nährstoffpräferenz



Prozentuale Verteilung der Biomasse der Indikatorarten für verschiedene Trophiestufen des Phytoplanktons (Zuordnung gemäss PTSI Indikatorliste Version 8.0.x, Stand März 2022, gewässer-bewertung-berechnung.de). Gelb = gedüngt bis sehr stark gedüngt, Grün = kaum bis mässig gedüngt.

ren in Form von DNA-Fragmenten. Diese DNA wird als Umwelt-DNA (engl. Environmental DNA, kurz eDNA) bezeichnet. Die erstmals im Rahmen des Monitorings entnommenen eDNA-Wasserproben wurden auf verschiedene Artengruppen (Fische, Eukaryoten/Insekten, Weichtiere und Amphibien) untersucht, um einen Einblick in die Artenvielfalt des untersuchten Gewässers zu erhalten (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

Der Amsoldingensee weist die grösste Diversität unter den zehn mit eDNA untersuchten Kleinseen auf. So wurden im Amsoldingensee die meisten Fischarten (8 Taxa) aber auch viel Arthropoden (eine Gruppe zu der auch Insekten zählen) und Rädertiere (Zooplankton) nachgewiesen. Unter den Fischen wurde jedoch auch die DNA des nicht heimischen Sonnenbarsch (*Lepomis gibbosus*) gefunden. Ursprünglich aus Nordamerika kommend ist er ein beliebter Teich- und Aquarienfisch, welcher mittlerweile in vielen Schweizer Gewässern anzutreffen ist. Ein weiterer interessanter Befund ist, dass DNA vom Hausrind nachgewiesen wurde, was auf die landwirtschaftliche Nutzung der Region zurückzuführen ist.

Mikroverunreinigungen

Mikroverunreinigungen sind chemische Spurenstoffe, die in den Gewässern in sehr tiefen Konzentrationen (Mikrogramm pro Liter oder tiefer) vorkommen. Trotz ih-



Feldarbeit zur eDNA-Probenahme: Wasser wird sorgfältig gefiltert, um genetische Spuren aquatischer Organismen zu erfassen

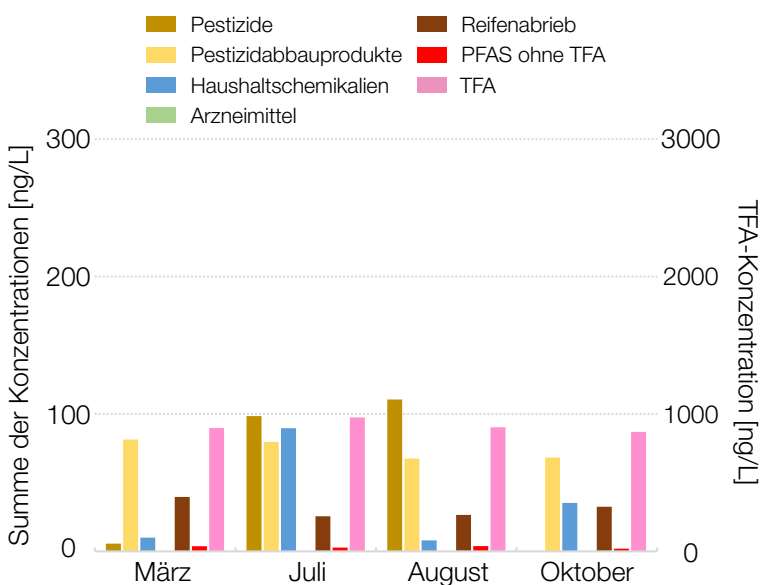
rer geringen Konzentration können einige Stoffe negative Auswirkungen auf aquatische Lebewesen haben. Bestimmte Substanzen sind schwer oder nicht abbaubar und problematisch, da sie in der Umwelt angereichert werden. Mikroverunreinigungen gelangen über Punktquellen (z.B. Kläranlagen, Entlastungen der Kanalisation bei Regen) und diffuse Quellen (z.B. Landwirtschaft, Deponien oder Altlasten) in die Gewässer und können in ihrer ursprünglichen Form als Ausgangssubstanzen oder in abgewandelter Form als Abbauprodukte vorkommen. Im Rahmen des Kleinseen-Monitorings 2023 wurden 180 organische Mikroverunreinigungen aus verschiedensten Anwendungsbereichen untersucht.

Im Amsoldingensee wurden insgesamt 14 organische Substanzen nachgewiesen sowohl aus der Landwirtschaft als auch aus der Siedlungsentwässerung. Die Anzahl der gefundenen Verbindungen ist über das Jahr betrachtet relativ konstant und die Konzentrationen liegen im tiefen Bereich. Ist die Umweltkonzentration grösser als ein ökotoxikologisches Qualitätskriterium, so kann ein Risiko für Organismen angenommen werden. Von den untersuchten Substanzen wurden keine Konzentrationen über den bekannten ökotoxikologischen Qualitätskriterien gefunden.

Auffällig sind jedoch die beiden Pestizidsummenbefunde über die Sommermonate. Die höhere Konzentration im Sommer im Vergleich zu den Messungen im Frühjahr und Herbst wird durch das Biozid DEET verursacht, das in der oberen Schicht des Sees mit rund 90 ng/L detektiert wurde und damit den Grossteil der gefundenen Konzentrationen ausmacht. Die Substanz ist als Wirkstoff in Insektenschutzmitteln für Mensch und Tier verbreitet. Hingegen begründet sich die kontinuierliche Präsenz der Pestizid-Abbauprodukte auf die Landwirtschaft. Die Befunde sind auf das über Jahrzehnte eingesetzte Herbizid Metolachlor zurückzuführen, welches seit kurzem verboten ist, dessen Abbauprodukte sich aber hartnäckig halten. Bei den PFAS sind die relativ hohen TFA-Werte (Trifluoressigsäure) typisch für Gebiete mit landwirtschaftlicher Nutzung. TFA ist ein Abbauprodukt verschiedener Pflanzenschutzmittel.

Ganzjährig sowie im Juni und Oktober lassen sich auch Substanzen aus häuslichem Abwasser nachweisen. Der Süsstoff Acesulfam ist in niedriger Konzentration allgegenwärtig, die Korrosionsschutzmittel Methyl-/Benzotriazol sind ebenfalls typisch für häusliches Abwasser. Es kann sich um Entlastungen aus der Kanalisation bei Starkregenereignissen handeln, da im Einzugsgebiet keine ARA (Kläranlagen) gereinigtes Abwasser einleitet. Das Reifenadditiv 1,3-Diphenylguanidin gelangt über das Abwasser von Strassen nach Regen in die Gewässer.

Mikroverunreinigungen im Jahresverlauf



Summe der Konzentrationen pro Stoffgruppe (gruppiert gemäss ihrer Verwendung) im Jahr 2023. TFA ist aufgrund deutlich höherer Konzentrationen auf einer separaten (rechten) y-Achse mit einer um den Faktor 10 höheren Skalierung dargestellt.

Weiterführende Links

[Berichte Kleinseen-Monitoring 2023](#)
[Berichte zur Gewässerqualität](#)
[Weitere Themen zur Gewässerqualität](#)

Impressum

AWA, Gewässer- und Bodenschutzlabor
 Schermenweg 11
 3014 Bern



Ökologisches Monitoring Berner Kleinseen

Zustand des Burgäschisees

Der Burgäschisee ist ein wertvoller Lebensraum für Pflanzen und Tiere sowie ein Bade- und Fischereigewässer. Er ist insgesamt jedoch in einem ökologisch unbefriedigenden Zustand. Er erfüllt die gesetzlichen Anforderungen bezüglich Sauerstoff- und Nährstoffgehalt nicht. Durch die Tiefwasserableitung wurde die Nährstoffbelastung stabilisiert, die jedoch im Vergleich zur natürlichen Belastung weiterhin zu hoch ist. Der Sauerstoffgehalt hat sich trotz der Massnahme nicht verbessert und ist über Monate in einem grossen Teil des Sees so niedrig, dass in diesem Bereich kaum mehr Leben möglich ist. Im See wurden ganzjährig verschiedene Mikroverunreinigungen gefunden, die vorwiegend aus Landwirtschaft und zum Teil aus der Siedlungsentwässerung stammen; es gibt jedoch kein erkennbares Risiko.



Monitoring des Burgäschisees

Der Burgäschisee ist ein landwirtschaftlich geprägter See, der seit Beginn des kantonalen Kleinseen-Monitorings im Jahr 1993 Teil des Kleinseen Programms ist (siehe Box). Das Monitoring findet alle 10 Jahre statt und wurde zuletzt im Jahr 2023 wiederholt. Um die jahreszeitliche Entwicklung grob zu erfassen, wurden Proben im Frühjahr, Sommer (2x) und Herbst entnommen.

Da kleine stehende Gewässer im Verlauf eines Jahres bezüglich Nährstoffeintrag, Temperaturverhältnissen und Algenproduktion stark variieren können, kann mit der geringen Probenanzahl nicht die ganze Dynamik dieser Ökosysteme erfasst werden. Die Daten sind jedoch ausreichend, um eine Beurteilung des Gewässers vorzunehmen. Der vorliegende Bericht gibt

einen Überblick über die Zustandsentwicklung des Burgäschisees in den letzten 30 Jahren.

Kleinseen-Monitoring

Das Kleinseen-Monitoring im Kanton Bern wurde in den Jahren 1993, 2003, 2013 und zuletzt im Jahr 2023 durchgeführt. Alle 10 Jahre wurden in einer repräsentativen Auswahl von 10 Seen bis zu 4-mal pro Jahr Proben genommen, um deren Entwicklung zu erfassen. An der tiefsten Stelle jedes Sees wurden Tiefenprofile für physikalische Parameter (z.B. Temperatur, Sauerstoff) sowie chemische (z.B. Nährstoffgehalt, Mikroverunreinigungen) und biologische Proben (Plankton) untersucht. Zusätzlich zu diesem regelmässigen Überwachungsprogramm wurden im Juni 2023 Umwelt-DNA-Proben (eDNA) entnommen, um einen groben Überblick über die Artenvielfalt in jedem See zu erhalten. Weitere Informationen unter:

www.be.ch/gewaesserqualitaet



Allgemeines

Der Burgäschisee liegt eingebettet im Mittelland, in den Gemeinden Aeschi (SO) und Seeburg (BE). In seiner Umgebung liegen die Ortschaften Herzogenbuchsee, Wangen an der Aare und Subingen; rund 10 Kilometer nordöstlich befindet sich Langenthal. Der See liegt auf 465 Metern über Meer, ist maximal 30 Meter tief und mit einer Fläche von 20 Hektaren ein mittelgrosser Kleinsee der Region.

Eckdaten zum See und Einzugsgebiet

A

Einzugsgebiet [ha]	382
Höhe des Seespiegels [m.ü.M.]	465
Seefläche [ha]	20
Maximale Seetiefe [m]	30
Volumen [m³]	2'784'114

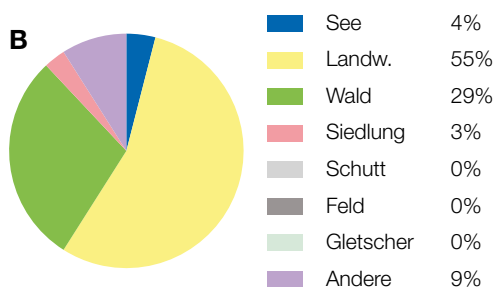
Das umliegende Einzugsgebiet - also die Landschaft, aus der das Wasser in den See gelangt - prägt die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Zuflusses und hat daher einen erheblichen Einfluss auf die Wasserqualität. Charakteristisch für das Einzugsgebiet des Burgäschisees sind landwirtschaftlich genutzte Flächen sowie Waldgebiete. Mehrere kleine Zuflüsse bringen Wasser in den See und führen auf ihrem Weg vermutlich eine mässig hohe Menge an externen Nährstoffen mit sich. Zusätzlich wird die Wasserqualität gelegentlich durch häusliche Abwässer beeinträchtigt.

Aufgrund seiner natürlichen Vielfalt steht der Burgäschisee seit 1956 unter Naturschutz. 1984 wurde das gesamte Gebiet als Landschaft von nationaler Bedeutung ausgewiesen. Dennoch wurde der See zwischen 1943 und den 1980er Jahren ökologisch zunehmend beeinträchtigt - vor allem durch hohe Nährstoffeinträge aus der intensiver werdenden Landwirtschaft und den zusätzlichen Nährstoffen aus den trockengelegten Feuchtgebieten wegen der Seespiegelabsenkung. Grundsätzlich besteht aufgrund der im Verhältnis zur Oberfläche grossen Tiefe des Sees ein erhöhtes Risiko für Sauerstoffarmut in der Tiefe. Die beschriebenen Veränderungen führten dazu, dass sich in den tieferen Wasserschichten sauerstoffarme Bedingungen entwickelten, unter denen sich Schadstoffe

in giftigen Konzentrationen ansammelten.

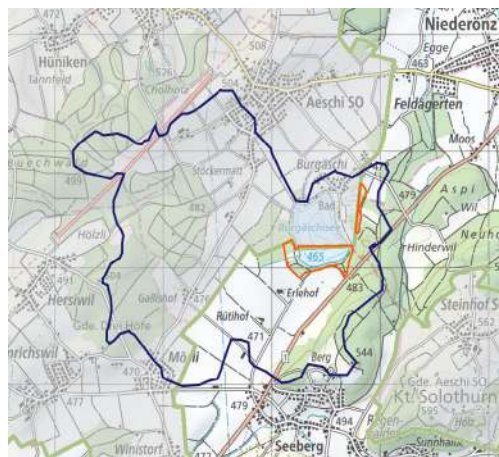
Als Reaktion auf diese Entwicklung wurde 1977 ein Tiefenwasserableitung installiert. Diese leitet das mit Giftstoffen belastete, sauerstofffreie Tiefenwasser direkt aus dem See in den Seebach und soll verhindern, dass sich die kritischen Bedingungen im See weiter verschärfen. Der Abtransport von sauerstoffarmem Tiefenwasser durch

B



Kennzahlen zum See (A) und prozentuale Nutzung des Einzugsgebiets (B). Darstellung des Einzugsgebiets (C, dunkelblau), sowie des kantonalen Naturschutzgebietes Nr. 32 (orange). Quelle: swisstopo

C



die Ableitung kann die Stagnationsphase abschwächen und die Zirkulation im See erleichtern.

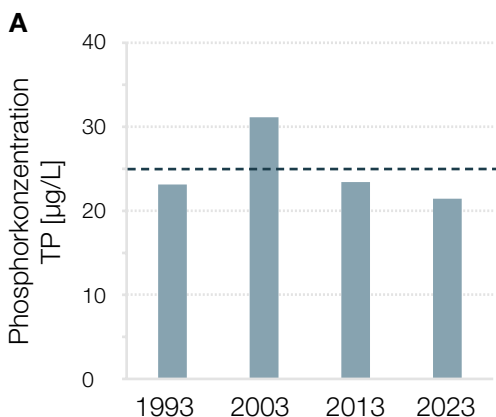
Parallel dazu veränderte sich auch die Ufervegetation grundlegend: Der ursprünglich dichte, zusammenhängende Schilfgürtel war bis 1987 auf vereinzelte Fragmente geschrumpft. Wegen Seespiegelabsenkung trockneten die ehemaligen Feuchtgebiete rund um den See ab und eindringende Büsche und Bäume verdrängten die ursprüngliche Sumpfpflanzenvegetation. Spezialisierte Tier und Pflanzenarten verschwanden, die Lebensraumvielfalt verringerte sich.

Der See wird zweimal jährlich im Rahmen des kantonalen Gewässermonitorings untersucht, wobei insbesondere die Entwicklung der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen sowie die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser beobachtet werden ([Kantonales Geoportal](#)). Der vorliegende Bericht fokussiert auf die zusätzlichen Ergebnisse im Rahmen des Kleinseen Monitoring Programms.

Nährstoffgehalte

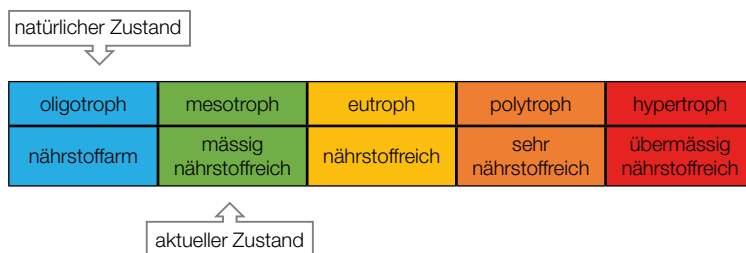
In See-Ökosystemen regulieren die beiden Nährstoffe Phosphor und Stickstoff das Wachstum von Pflanzen und Algen, welche die Basis des Nahrungsnetzes bilden. Hohe Einträge dieser Nährstoffe führen zu einer übermässigen Bildung von Algen und zu einer Verschlechterung der Gewässerqualität. Dieser Prozess wird als Eutrophierung bezeichnet. Die Gewässerschutzverordnung gibt vor, dass ein gesundes Ökosystem ohne schädliche Auswirkungen der Eutrophierung, wie Sauerstoffmangel, erhalten werden soll. Dazu ist festgelegt, dass «der Nährstoffgehalt höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen darf; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten» (GSchV, Anh. 2, Ziff. 13.2).

Entwicklung der Nährstoffe



Der trophische Zustand eines Sees beschreibt, wie nährstoffreich und produktiv er ist - und damit auch, wie gut er als gesundes und vielfältiges Ökosystem funktionieren kann. Zur Bestimmung werden mehrere Indikatoren herangezogen - insbesondere der Phosphorgehalt, der meist das Algenwachstum limitiert, aber auch die Wasserklarheit (Sichttiefe), die Temperaturentwicklung und die Algenbiomasse. Basierend auf diesen Indikatoren reicht die Klassifizierung von oligotroph für nährstoff-

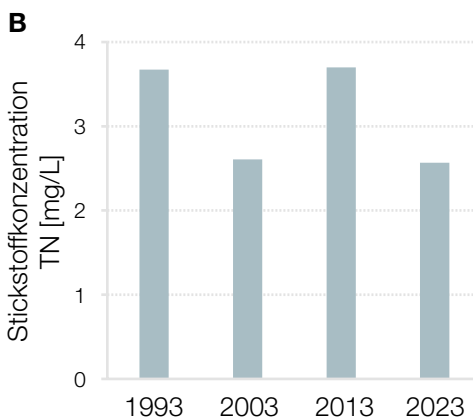
Trophischer Zustand



Trophische Skala für Seen mit Angabe des natürlichen Zustands und des aktuellen Zustands. Je stärker die anthropogenen Einflüsse sind, desto mehr weichen die Zustände voneinander ab.

arme, über mesotroph für mässig nährstoffreiche, und eutroph für nährstoffreiche, bis hypertroph für extrem mit Nährstoffen belastete Seen. Ein Vergleich zwischen dem natürlichen Zustand - ohne oder mit minimaler menschlicher Beeinflussung - und dem aktuellen trophischen Zustand gibt Hinweise auf das Ausmass der anthropogenen Eutrophierung. Unter anderem führen Siedlungsentwicklung, Abholzung, landwirtschaftliche Düngung, Drainagen, Abwassereinleitungen, Hochwasserentlastungen und künstliche Seeabsenkungen zu verstärkten Nährstoffeinträgen und können die Produktivität des Sees über das natürliche Mass hinaus erhöhen.

Im Burgäschisee wurden über einen Zeit-



Phosphor- (A) und Stickstoffentwicklung (B). Durchschnittliche Konzentration des gesamten Seevolumens. Die horizontale Linie stellt die Zielkonzentration für Phosphor (25 µg/L) dar, die ein natürlicherweise oligo- bis mesotropher See nicht überschreiten sollte.

raum von 30 Jahren keine deutliche Veränderung der Nährstoffkonzentrationen von Stickstoff und Phosphor im See festgestellt. Die wasserchemischen Daten weisen auf einen insgesamt stabilen Zustand mit eher mässiger Phosphorbelastung hin. Diese Konzentrationen liegen in fast allen Messjahren des Kleinseen Monitorings unterhalb der allgemeinen Zielkonzentration, welche die Produktivität natürlicherweise oligo- bis mesotropher Seen auf einem mässigen Niveau begrenzen soll. Ein Ver-

gleich mit dem natürlichen Zustand zeigt jedoch eine deutliche Veränderung.

Der Burgäschisee hatte natürlicherweise einen niedrigen Nährstoffgehalt und lag deswegen ursprünglich im oligotrophen Bereich (Referenzwert, LAWA 1998). Durch die vom Menschen verursachte Nährstoffbelastung aus dem Einzugsgebiet ist der See nährstoffreicher geworden und befindet sich, basierend auf der aktuellen Bewertung im Rahmen des Monitorings (Berechnung mittels LAWA 2014), heute im mässig nährstoffreichen, mesotrophen Zustand. Die zunehmende Eutrophierung des Sees verschlechterte die Gesamtsituation des Ökosystems, welche auch das Sauerstoffgleichgewicht beeinflusste.

Sauerstoff & Temperatur

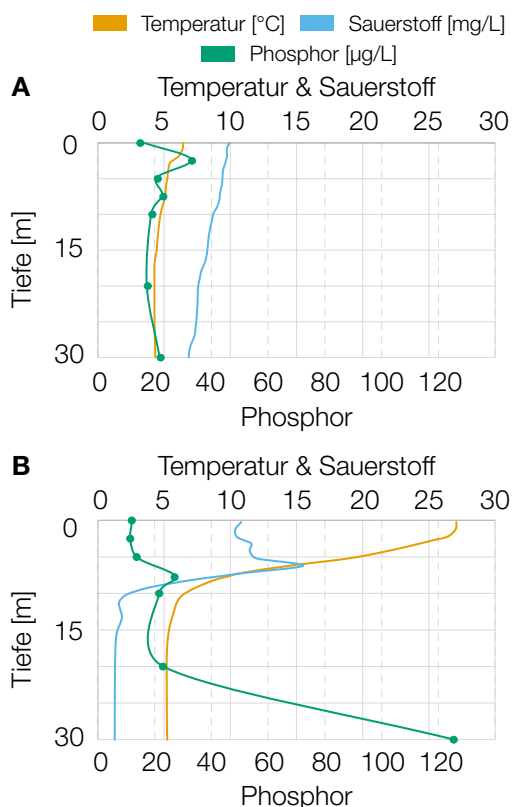
Der Burgäschisee und ähnlich tiefe Seen durchlaufen im Jahresverlauf Phasen der Durchmischung (Zirkulation) und der Schichtung (Stagnation). Im Burgäschisee tritt die Zirkulation im Frühjahr und im Herbst auf, wenn die Wassertemperatur von der Oberfläche bis zum Grund einheitlich ist. In dieser Zeit werden Sauerstoff und Nährstoffe zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser ausgetauscht, wodurch ihre Konzentrationen über die gesamte Wassersäule relativ ähnlich sind.

Im Winter und Sommer, wenn sich die Wassertemperaturen zwischen Oberfläche und Tiefenwasser deutlich unterscheiden, sind die Wassermassen aufgrund der unterschiedlichen Dichte weitgehend voneinander getrennt - der See befindet sich in der Stagnationsphase, die während der warmen Sommermonate besonders ausgeprägt ist. In der oberen Wasserschicht kommen Mikroalgen vor, die während ihres Wachstums Nährstoffe aufnehmen und mittels Photosynthese Sauerstoff produzieren. Ihre Wachstumsrate ist im Sommer höher, wodurch die oberflächennahe Schicht mit Sauerstoff gesättigt wird, und die Nährstoffkonzentrationen sinken. In den tieferen Wasserschichten hingegen wird abgestorbenes organisches Material - wie Plankton und Algen - durch Bakterien abgebaut. Dabei wird Sauerstoff verbraucht (Sauerstoffzehrung) und gleichzeitig werden Nährstoffe wie Phosphat und Ammonium an das umgebende Wasser abgegeben. Da der Burgäschisee über Monate geschichtet bleibt, entwickeln sich deswegen unterschiedliche Bedingungen in Oberflächen-

und Tiefenwasser. Es entsteht ein vertikaler Gradient: Die Nährstoffkonzentrationen steigen mit der Tiefe, während der Sauerstoffgehalt abnimmt. Mit fortschreitender Stagnation bildet sich dieser Unterschied immer stärker aus und die sauerstoffarme Zone breitet sich nach oben aus. Unter diesen Bedingungen können sich im Tiefenwasser toxische Sulfide bilden, welche anzeigen, dass auch das Wasser über einen längeren Zeitraum sauerstofffrei war. Obwohl ein Sauerstoffrückgang im Tiefenwasser während der Stagnationsphase grundsätzlich normal ist, kann sich dieser durch eine erhöhte Biomasseproduktion wegen erhöhter Nährstoffeinträge verstärken.

Der Burgäschisee erfüllt die gesetzliche Anforderung an den Sauerstoffgehalt seit 1993 nicht. In der Gewässerschutzver-

Saisonale Tiefenprofile



Tiefenprofil im März (A, während der Zirkulationsphase) und August (B, während der Stagnationsphase) 2023. Dargestellt sind Temperatur und Sauerstoffgehalt (obere Achse) sowie Phosphorgehalt (untere Achse) im Tiefenverlauf.

ordnung wird spezifiziert, dass der Sauerstoffgehalt im gesamten Seewasser unabhängig von der Jahreszeit mindestens 4 mg/L betragen muss; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten (GSchV, Anh. 2, Nr. 13.3b). Doch auch im Jahr 2023 konnte keine nachhaltige Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser beobachtet werden. Ab Juni 2023 liegt der Sauerstoffgehalt in durchschnittlich 10 Metern Tiefe unter dem gesetzlichen Grenz-

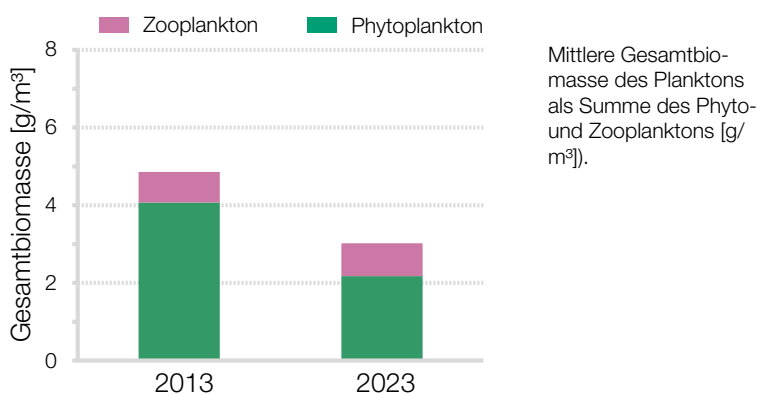
wert. Dadurch sind rund 40 % des Seevolumens für Gewässerorganismen wie Fische und Insektenlarven nicht mehr als Lebensraum nutzbar. Im Oktober wurde zudem im Tiefenwasser Sulfid nachgewiesen (Anzeiger für langdauernde Sauerstoffarmut), was die Wasserqualität zusätzlich beeinträchtigt.

Obwohl der Tiefenwasserableitung im Burgäschisee dazu beiträgt, die Nährstoffe im See auf einem mässigen Niveau zu stabilisieren, reicht sie nicht aus, um Sauerstoffmangel zu verhindern. Der Sauerstoffverbrauch findet vermutlich hauptsächlich in den Sedimenten statt, wo der Abbau von organischem Material erfolgt - ein Erbe früherer Phasen starker Eutrophierung, verstärkt durch den anhaltenden externen Nährstoffeintrag. Als Folge des Sauerstoffmangels wird die Situation dadurch verschärft, dass niedrige Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser die Rücklösung von sedimentgebundenem Phosphor zurück ins Wasser fördern. In der nächsten Vegetationsperiode kann dies zu einer erhöhten Algenvermehrung führen, dessen Abbau wiederum mehr Sauerstoff verbraucht - ein sich selbst verstärkender Kreislauf. Diese interne Phosphorbelastung kann die externen Einträge überlagern und die Wirkung von Massnahmen zur Reduktion des Nährstoffeintrags im Einzugsgebiet als nicht effektiv erscheinen lassen. Die Reduktion der externen Einträge ist jedoch entscheidend, um langfristig die Sauerstoffverhältnisse zu verbessern und ein gesundes Ökosystem zu ermöglichen.

Plankton

Plankton bildet die Basis der Seeökosysteme bzw. des Nahrungsnetzes. Phytoplankton (Algen und Cyanobakterien) vermehren sich mit Hilfe von Sonnenlicht und Nährstoffen, während Zooplankton (z. B. Krebstiere und Insektenlarven) sich davon ernährt und wiederum als Nahrung für Fische dient. Phyto- und Zooplankton stehen in enger Wechselwirkung, was zu natürlichen Biomasseschwankungen führt - Biomasse beschreibt die Menge an Leben im See. Die Interpretation von Veränderungen in Planktongemeinschaften ist komplex. Natürliche Schwankungen, kurze Generationszeiten und die dynamische Zusammensetzung der Organismen können je nach Probenahmezeitpunkt variierende Ergebnisse liefern. Dennoch ist die Überwachung unerlässlich, da Plankton emp-

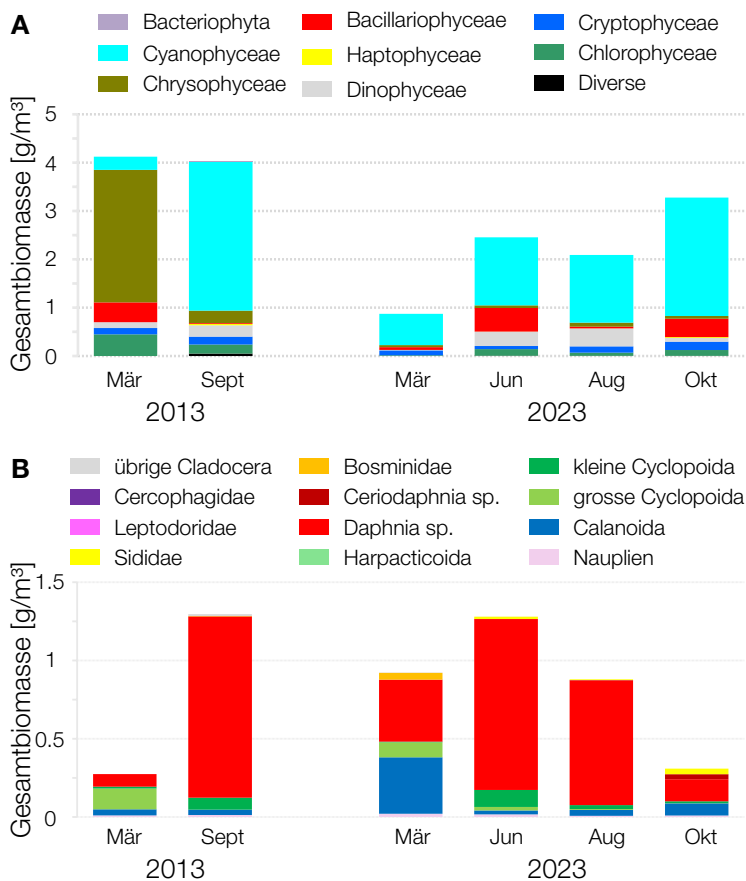
Entwicklung der Plankton Gesamtbio- masse



findlich auf physikalische, chemische und biologische Veränderungen reagiert. Aus diesem Grund und wegen ihrer zentralen ökologischen Rolle werden sowohl Phyto- als auch Zooplankton (Krebstierarten) im Rahmen des Kleinseen-Monitorings erfasst.

Im Burgäschisee ist die Gesamtbio- masse des Planktons 2023 leicht niedriger als im Jahr 2013, da die Biomasse des Phyto- planktons etwas geringer als im Vergleichs- jahr war. Insgesamt ist die Gesamtbio- mas-

Entwicklung der Planktonzusammensetzung



Phytoplankton (A) und Zooplankton (B) Biomasse [g/m³] als Summe der beobachteten Arten-Gruppen.

se auf einem eher niedrigen Niveau, da die Ableitung des Tiefenwassers zur Stabilisierung der Nährstoffverhältnisse beiträgt.

Beim Phytoplankton fällt im Jahresverlauf 2023 besonders das Dominieren der Blaualgen (Cyanophyceae) in jeder Probe, insbesondere der Burgunderblutalge (*Planktothrix rubescens*), auf. Diese Art schwebt üblicherweise in grösseren Tiefen und kann unter anderem dank eines weiteren Pigments (Phycoerythrin) auch bei geringen Lichtmengen überleben. Gelegentlich schwimmt sie in Form rötlicher Schlieren an der Oberfläche auf, wobei dann vom Baden abgeraten wird, da sie Toxine produzieren kann. Sie bildet lange Fäden, die nur von wenigen Zooplankton-Organismen gefressen werden können und somit kaum zur Biomassebildung des Zooplanktons beitragen kann.

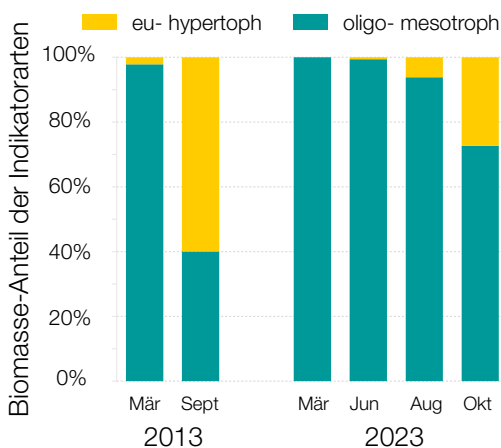
Die Zooplankton-Biomasse erreicht niedrige absolute Werte, im Vergleich zu ähnlichen Seen. In allen untersuchten Proben dominierten 2023 beim Zooplankton die grossen Wasserflöhe mit *Daphnia hyalina* und *D. galeata*. Im März und Oktober erreichten die Schwebekrebschen (*Eudiaptomus gracilis*, Calanoida) und die grossen Hüpferlinge (*Cyclops boweri* und *C. vicinus*, Grosse Cyclopodida) einen höheren Wert als im Juni und August.

Neben der Biomasse liefert auch die Zusammensetzung der Planktongemeinschaften wertvolle Hinweise auf den ökologischen Zustand eines Gewässers. Bestimmte Phytoplanktongruppen gelten als Indikatorarten für den Nährstoffgehalt des Wassers. Auch wenn es keine allgemein anerkannten Indikatorarten für Zooplankton gibt, liefern deren Populationsdynamik und Veränderungen in der Gemeinschaftsstruktur wichtige Informationen über Umweltbelastungen wie Nährstoffanreicherung, Sauerstoffmangel oder erhöhten Frassdruck.

Im Burgäschisee zeigt die Zusammensetzung der Phytoplankton-Indikatorarten eine leichte Verbesserung gegenüber 2013. Sowohl die Biomasse, als auch die Anzahl (Daten nicht dargestellt), der Indikatorarten für kaum bis mässig gedüngte (oligo-mesotroph) Gewässer überwog 2023 diejenige der Indikatoren für stark gedüngte (eu-hypertroph) Gewässer.

Die Zooplankton-Zusammensetzung und die sehr tiefe Gesamtbiomasse deuten auf eher mesotrophe Verhältnisse mit tiefer Nahrungsverfügbarkeit hin. Das Fehlen typisch eutropher Rüsselkrebse (Bosminidae) unterstützt die Beurteilung als nicht überdüngtes Gewässer. Ab Juni traten auch Larven von Büschelmücken (*Chironomus* sp.) in hohen Dichten im Freiwasser auf - ein Hinweis auf unzureichende Sauerstoffverhältnisse im See.

Phytoplankton nach Nährstoffpräferenz



Prozentuale Verteilung der Biomasse der Indikatorarten für verschiedene Trophiestufen des Phytoplanktons (Zuordnung gemäss PTSI Indikatorliste Version 8.0.x, Stand März 2022, gewässerbewertung-berechnung.de). Gelb = gedüngt bis sehr stark gedüngt, Grün = kaum bis mässig gedüngt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Untersuchungen 2023 zwar eine leichte Verbesserung gegenüber 2013 zeigt, doch für eine valide Aussage ist der Vergleich von zwei Jahren nicht ausreichend. Sowohl die Phytoplankton-Indikatoren als auch die Zooplankton-Zusammensetzung deuten auf mesotrophe bis schwach eutrophe Verhältnisse hin. Die Dominanz der Burgunderblutalge und das Auftreten von Büschelmücken-Larven weisen weiterhin auf gewisse ökologische Belastungen, wie unzureichender Sauerstoffgehalt, hin.

Umwelt DNA (eDNA)

Organismen hinterlassen in ihrer Umwelt (Luft, Boden, Wasser) nachweisbare Spuren in Form von DNA-Fragmenten. Diese DNA wird als Umwelt-DNA (engl. Environmental DNA, kurz eDNA) bezeichnet. Die erstmals im Rahmen des Monitorings entnommenen eDNA-Wasserproben wurden auf verschiedene Artengruppen (Fische, Eukaryoten/Insekten, Weichtiere und Amphibien) untersucht, um einen Einblick in die Artenvielfalt des untersuchten Gewässers zu erhalten (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).



Feldarbeit zur eDNA-Probenahme: Wasser wird sorgfältig gefiltert, um genetische Spuren aquatischer Organismen zu erfassen

Im Burgäschisee (und Amsoldingensee) wurden mit 8 Arten die meisten Fische mittels eDNA nachgewiesen. Darunter beispielsweise der Bitterling (*Rhodeus amarus*). Dieser ist bei der Fortpflanzung auf Grossmuscheln angewiesen, welche mittels eDNA allerdings nicht nachgewiesen wurde. Auffällig war zudem die DNA des nicht heimischen Sonnenbarsch (*Lepomis gibbosus*). Ursprünglich aus Nordamerika kommend ist er ein beliebter Teich- und Aquarienfisch, welcher mittlerweile in vielen Schweizer Gewässern anzutreffen ist.

Mikroverunreinigungen

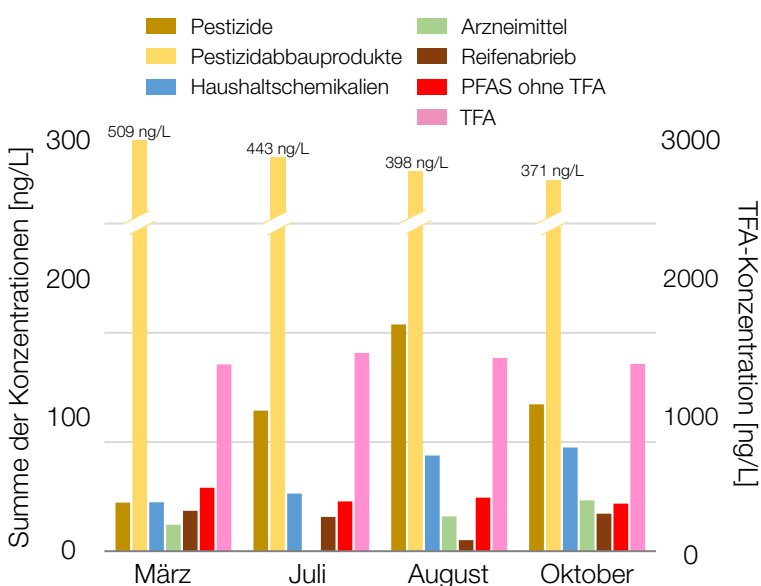
Mikroverunreinigungen sind chemische Spurenstoffe, die in den Gewässern in sehr tiefen Konzentrationen (Mikrogramm pro Liter oder tiefer) vorkommen. Trotz ihrer geringen Konzentration können einige Stoffe negative Auswirkungen auf aquatische Lebewesen haben. Bestimmte Substanzen sind schwer oder nicht abbaubar und problematisch, da sie in der Umwelt angereichert werden. Mikroverunreinigungen gelangen über Punktquellen (z.B. Kläranlagen, Entlastungen der Kanalisation bei Regen) und diffuse Quellen (z.B. Landwirtschaft, Deponien oder Altlasten) in die Gewässer und können in ihrer ursprünglichen Form als Ausgangssubstanzen oder in abgewandelter Form als Transformationsprodukt vorkommen. Im Rahmen des Kleinseen-Monitorings 2023 wurden 180 organische Mikroverunreinigungen aus verschiedensten Anwendungsbereichen untersucht.

Im Burgäschisee wurden ganzjährig verschiedene Mikroverunreinigungen gefunden, die vorwiegend aus Landwirtschaft und zum Teil aus der Siedlungsentwässerung stammen. Insgesamt wurden 25 organische Substanzen nachgewiesen. Ist die Umweltkonzentration grösser als ein ökotoxikologisches Qualitätskriterium, so kann ein Risiko für Organismen angenommen werden. Von den untersuchten Substanzen wurden keine Konzentrationen über den bekannten ökotoxikologischen Qualitätskriterien gefunden.

Der See ist ganzjährig mit zahlreichen Wirkstoffen von Pflanzenschutzmitteln aus der Landwirtschaft und deren Transformationsprodukten belastet, mit einem Anstieg der Wirkstoffe in den Sommer Monaten. Unter den aktiven Wirkstoffen finden sich sechs Herbizide in tiefen Konzentrationen.

Unter den langlebigen Pestizidabbauprodukten stechen jene der seit 2020 nicht mehr erlaubten Herbizide Chloridazon und Chlorothalonil hervor, sowie Abbauprodukte des seit 2025 verbotenen Herbizids Metolachlor. Die intensive landwirtschaftliche Nutzung im Einzugsgebiet wird vom hohen Wert der Trifluoressigsäure (TFA) untermauert, einem Abbauprodukt verschiedener Pflanzenschutzmittel. Zwar gibt es eine Hintergrundbelastung mit TFA auch in unbelasteten Regionen, die vermutlich durch Kältemittel zustande kommt. Die Konzentrationen an TFA sind in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft sind jedoch deutlich erhöht.

Mikroverunreinigungen im Jahresverlauf



Summe der Konzentrationen pro Stoffgruppe (gruppiert gemäss ihrer Verwendung) im Jahr 2023. TFA ist aufgrund deutlich höherer Konzentrationen auf einer separaten (rechten) y-Achse mit einer um den Faktor 10 höheren Skalierung dargestellt.

In tiefen und relativ konstanter Konzentration wurde im Burgäschisee Acesulfam, ein verarbeiteter Süsstoff, gefunden sowie vereinzelt in der oberen Seeschicht zwei weitere Substanzen aus häuslichem Abwasser und ein verbreitetes, häufig eingesetztes Pharmazeutikum gegen Altersdiabetes. Es kann sich dabei um Einträge durch Entlastungen aus der Kanalisation bei Starkregenereignissen handeln, da im Einzugsgebiet keine ARA (Kläranlage) gereinigtes Abwasser einleitet. Zudem lassen sich im Burgäschisee tiefe Konzentrationen zweier verbreiteter Zusatzstoffe aus dem Pneuabrieb aus der Strassenentwässerung aufspüren.

Weiterführende Links

[Berichte Kleinseen-Monitoring 2023](#)
[Berichte zur Gewässerqualität](#)
[Weitere Themen zur Gewässerqualität](#)

Impressum

AWA, Gewässer- und Bodenschutzlabor
 Schermenweg 11
 3014 Bern



Ökologisches Monitoring Berner Kleinseen

Zustand des Burgseelis

Das Burgseeli ist ein wertvoller Lebensraum für Pflanzen und Tiere sowie ein Bade- und Fischereigewässer. Er ist insgesamt in einem ökologisch guten Zustand. Die gesetzlichen Anforderungen bezüglich Nährstoffgehalt sind erfüllt. Dies gilt, obwohl der Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser seit mehr als drei Jahrzehnten dauerhaft unter dem kritischen Grenzwert liegt, was vor allem auf die natürlichen Eigenschaften des Sees zurückzuführen ist. Mikroverunreinigungen wurden in eher geringer Zahl und Konzentrationen nachgewiesen, hauptsächlich aus häuslichem Abwasser. Eine Ausnahme bildet das Biozid DEET, welches in den Sommermonaten in hohen Konzentrationen gefunden wurde; es gibt jedoch kein erkennbares Risiko.



Monitoring des Burgseeli

Das Burgseeli ist ein Voralpensee, der seit Beginn des kantonalen Kleinseen-Monitorings im Jahr 1993 Teil des Programms ist (siehe Box). Das Monitoring findet alle 10 Jahre statt und wurde zuletzt im Jahr 2023 wiederholt. Um die jahreszeitliche Entwicklung grob zu erfassen, wurden Proben im Frühjahr, Sommer (2x) und Herbst entnommen.

Da kleine stehende Gewässer im Verlauf eines Jahres bezüglich Nährstoffeintrag, Temperaturverhältnissen und Algenproduktion stark variieren können, kann mit der geringen Probenanzahl nicht die ganze Dynamik dieses Ökosystems erfasst werden. Die Daten sind jedoch ausreichend, um eine Beurteilung des Gewässers vorzunehmen. Der vorliegende Bericht gibt einen

Überblick über die Zustandsentwicklung des Burgseeli in den letzten 30 Jahren.

Kleinseen-Monitoring

Das Kleinseen-Monitoring im Kanton Bern wurde in den Jahren 1993, 2003, 2013 und zuletzt im Jahr 2023 durchgeführt. Alle 10 Jahre wurden in einer repräsentativen Auswahl von 10 Seen bis zu 4-mal pro Jahr Proben genommen, um deren Entwicklung zu erfassen. An der tiefsten Stelle jedes Sees wurden Tiefenprofile für physikalische Parameter (z.B. Temperatur, Sauerstoff) sowie chemische (z.B. Nährstoffgehalt, Mikroverunreinigungen) und biologische Proben (Plankton) untersucht. Zusätzlich zu diesem regelmässigen Überwachungsprogramm wurden im Juni 2023 Umwelt-DNA-Proben (eDNA) entnommen, um einen groben Überblick über die Artenvielfalt in jedem See zu erhalten. Weitere Informationen unter:

www.be.ch/gewaesserqualitaet



Allgemeines

Das Burgseeli liegt in der Gemeinde Ringgenberg-Goldswil im Berner Oberland, am rechten Ufer des Brienersees und rund 3 Kilometer nordöstlich von Interlaken. Der See liegt auf 613 Metern über Meer, ist maximal 19.1 Meter tief und zählt mit einer Fläche von rund 5 Hektaren zu den kleinen Kleinseen der Region.

Eckdaten zum See und Einzugsgebiet

A

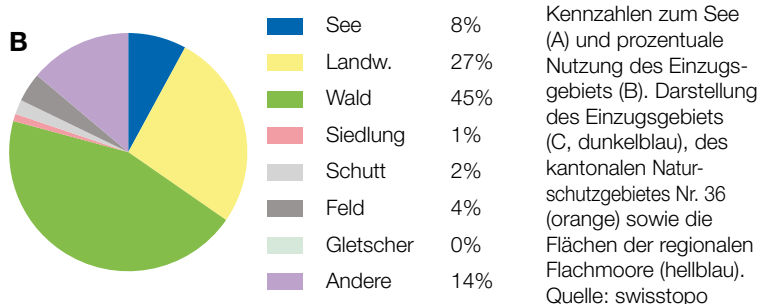
Einzugsgebiet [ha]	71
Höhe des Seespiegel [m.ü.M.]	613
Seefläche [ha]	5
Maximale Seetiefe [m]	19.1
Volumen [m³]	449'638

Seine Entstehung wurde sowohl durch glaziale Prozesse als auch durch Karstvorgänge beeinflusst, was ihn geomorphologisch besonders interessant macht. Das Grundgestein rund um den See besteht aus löslichem Kalkstein, der über geologische Zeiträume hinweg ein weitverzweigtes Karstsystem mit unterirdischen Kanälen und Höhlen entstehen liess. Dieses System versorgt das Burgseeli zusätzlich mit Grundwasser und gleichzeitig wird das Seewasser über ein Art Ausleitungssystem in die Aare bei Interlaken abgeführt. Die Lage des Sees, in einem windgeschützten Becken, in Verbindung mit seiner Morphologie spielt eine entscheidende Rolle für das physikalische Verhalten des Sees - insbesondere dafür, wie Ober- und Tiefenwasser sich über lange Zeiträume nicht mischen.

Das umliegende Einzugsgebiet - also die Landschaft, aus der Wasser in den See gelangt - prägt die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Wasserflusses und beeinflusst damit direkt die Wasserqualität. Charakteristisch für das Einzugsgebiet des Burgseelis sind steile, bewaldete Bergrücken und landwirtschaftlich genutzte Flächen. Drei kleine Bäche bringen oberirdisch Wasser in den See. Die Gesamtmenge des einflussenden Wassers ist gering und dessen Verweildauer im See ist entsprechend lang. Der Hauptzufluss stammt aus höheren Lagen und schlängelt sich durch Wälder und Felder, wobei er unterwegs eine mässige Menge an Nährstoffen mit sich führt.

Das Burgseeli und Teile seiner Umgebung, darunter auch das angrenzende Flachmoor am Westufer, wurden bereits 1958 als kantonales Naturschutzgebiet ausgewiesen. Flachmoore sind seltene Lebensraumtypen und stehen gemäss der Moorlandschaftsverordnung unter Schutz. Sie bieten zahlreichen Tierarten günstige Bedingungen,

B



C

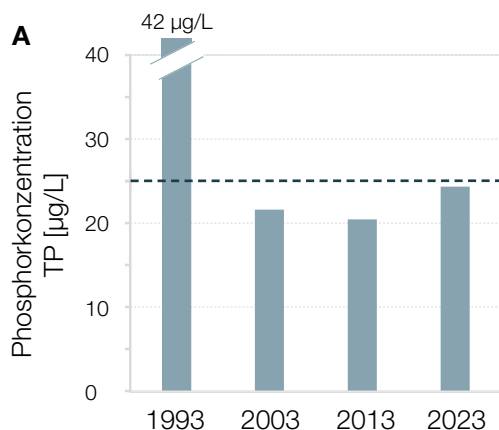


die im Allgemeinen mit einer hohen biologischen Vielfalt einhergehen. Das Burgseeli-Flachmoor mit seinen fließenden Übergängen stellt somit einen besonders vielfältigen Lebensraum dar - insbesondere für Amphibien, die in verschiedenen Entwicklungsstadien sowohl im Wasser als auch an Land leben. Dort, wo die Uferlinie intakt/naturnahe ist, wird eine natürliche Sukzession von Land- zu Wasserpflanzen ermöglicht, was zugleich weitere wertvolle Lebensräume schafft, welche Insekten, Fischen und Wasservögeln Schutz und Nahrung bieten.

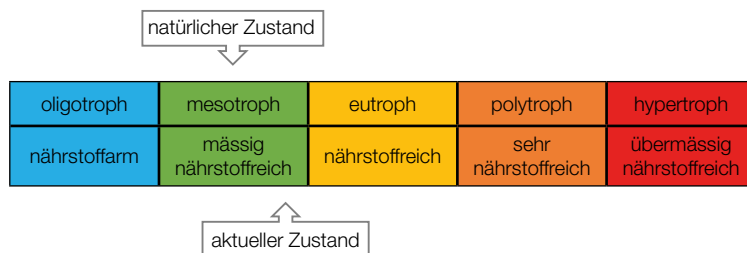
Nährstoffgehalte

In See-Ökosystemen regulieren die beiden Nährstoffe Phosphor und Stickstoff das Wachstum von Pflanzen und Algen, welche die Basis des Nahrungsnetzes bilden. Hohe Einträge dieser Nährstoffe führen zu einer übermässigen Bildung von Algen und zu einer Verschlechterung der Gewässerqualität. Dieser Prozess wird als Eutrophierung bezeichnet. Die Gewässerschutzverordnung gibt vor, dass ein gesundes Ökosystem ohne schädliche Auswirkungen der Eutrophierung, wie Sauerstoffmangel, erhalten werden soll. Dazu ist festgelegt, dass «der Nährstoffgehalt höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen darf; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten» (GSchV, Anh. 2, Ziff. 13.2).

Entwicklung der Nährstoffe

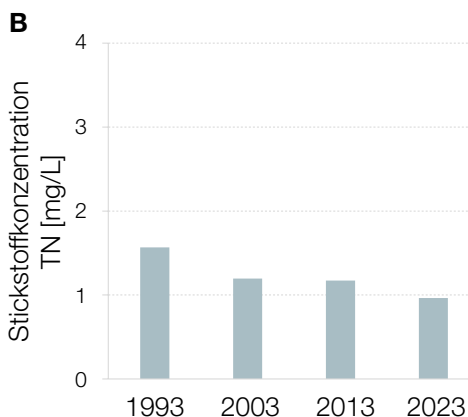


Trophischer Zustand



Trophische Skala für Seen mit Angabe des natürlichen Zustands und des aktuellen Zustands. Je stärker die anthropogenen Einflüsse sind, desto mehr weichen die Zustände voneinander ab.

landwirtschaftliche Düngung, Drainagen, Abwassereinleitungen, Hochwasserentlastungen und künstliche Seeabsenkungen zu verstärkten Nährstoffeinträgen und können die Produktivität des Sees über das natürliche Mass hinaus erhöhen.



Phosphor- (A) und Stickstoffentwicklung (B). Durchschnittliche Konzentration des gesamten Seevolumens. Die horizontale Linie stellt die Zielkonzentration für Phosphor (25 µg/L) dar, die ein natürlicherweise oligo- bis mesotropher Seen nicht überschreiten sollte.

Der trophische Zustand eines Sees beschreibt, wie nährstoffreich und produktiv er ist - und damit auch, wie gut er als gesundes und vielfältiges Ökosystem funktionieren kann. Zur Bestimmung werden mehrere Indikatoren herangezogen - insbesondere der Phosphorgehalt, der meist das Algenwachstum limitiert, aber auch die Wasserklarheit (Sichttiefe), die Temperaturentwicklung und die Algenbiomasse. Basierend auf diesen Indikatoren reicht die Klassifizierung von oligotroph für nährstoffarme, über mesotroph für mässig nährstoffreiche, und eutroph für nährstoffreiche, bis hypertroph für extrem mit Nährstoffen belastete Seen. Ein Vergleich zwischen dem natürlichen Zustand - ohne oder mit minimaler menschlicher Beeinflussung - und dem aktuellen trophischen Zustand gibt Hinweise auf das Ausmass der anthropogenen Eutrophierung. Unter anderem führen Siedlungsentwicklung, Abholzung,

Im Burgseeli sank die Phosphorkonzentration zwischen den Untersuchungen im Jahr 1993 auf 2003 deutlich. Nach 2003 blieben die Phosphor- und Stickstoffgehalte im Oberflächenwasser auf einem niedrigeren Niveau stabil. Gleichzeitig reicherten sich die Nährstoffe im Tiefenwasser stark an, wobei die Phosphorkonzentration im Jahr 2013 etwa 20-mal höher war als im Tiefenwasser nach der Zirkulation im Jahr 2023 (Werte nicht dargestellt). Obwohl die Durchschnittskonzentration im gesamten See dadurch gestiegen ist, liegen die Niveaus in fast allen Messjahren unter der allgemeinen Zielkonzentration, welche die Produktivität natürlicherweise oligo- bis mesotropher Seen auf einem mässigen Niveau begrenzen soll.

Das Burgseeli hat natürlicherweise einen mässig hohen Nährstoffgehalt und lag deswegen ursprünglich im mesotrophen Be-

reich (Referenzwert, LAWA 1998). Durch die vom Menschen verursachte Nährstoffbelastung aus dem Einzugsgebiet ist der See nährstoffreicher geworden und befindet sich, basierend auf der aktuellen Bewertung im Rahmen des Monitorings (Berechnung mittels LAWA 2014), heute im oberen Bereich des mesotrophen Zustands. Diese relativ geringe Verschiebung deutet auf einen stabilen Zustand mit moderater Nährstoffanreicherung hin.

Sauerstoff & Temperatur

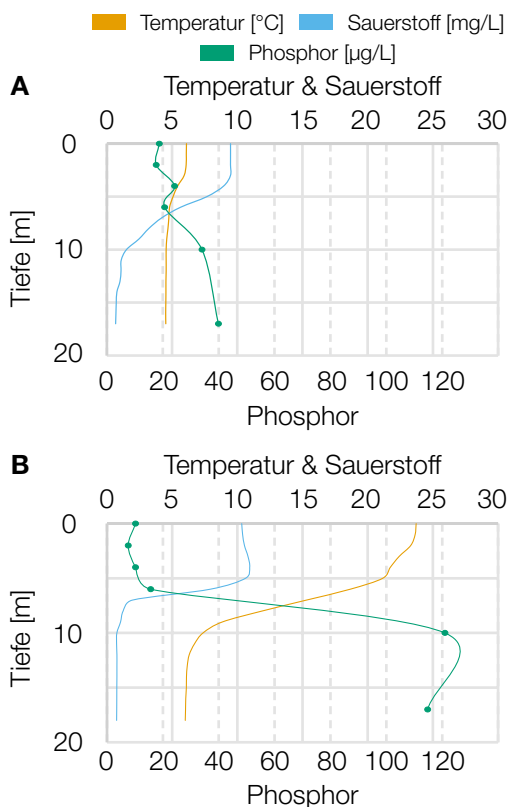
Typischerweise durchlaufen tiefe Seen im Jahresverlauf Phasen der Durchmischung (Zirkulation) und der Schichtung (Stagnation). In vielen ähnlich tiefen Seen tritt die Stagnationsphase aufgrund der Temperaturunterschiede in den Wassermassen meist im Sommer und Winter auf. Die Phase wechselt sich mit einer Zirkulation im Frühling und Herbst ab, da die Wassertemperatur von der Oberfläche bis zum Grund einheitlich ist. In dieser Zeit werden Sauerstoff und Nährstoffe zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser ausgetauscht, wodurch ihre Konzentrationen über die gesamte Wassersäule relativ ähnlich sind.

Im Burgseeli hingegen kommt eine solche vollständige Zirkulation nur sehr selten vor und die periodisch wiederkehrenden, unvollständigen Zirkulationsphasen sind auf die oberen Wasserschichten beschränkt. Dieses charakteristische hydrologische Verhalten ist auf die geschützte Lage des Sees und die Form des Beckens zurückzuführen und hat langfristige Auswirkungen auf die Wasserqualität. So wurden Zirkulationsphasen bis ins Jahr 2013 nur bis zu einer maximalen Tiefe von 12 Metern beobachtet, was bedeutet, dass das Tiefenwasser über lange Zeiträume vom Oberflächenwasser getrennt war und dies zu unterschiedlichen chemischen Verhältnissen in den beiden Wasserschichten geführt hat.

In der oberen Wasserschicht kommen Mikroalgen vor, die während ihres Wachstums Nährstoffe aufnehmen und mittels Photosynthese Sauerstoff produzieren. Diese Wasserschicht ist daher mit Sauerstoff gesättigt, während gleichzeitig die Nährstoffkonzentrationen sinken. In den tieferen Bereichen, vor allem in Grundnähe und im Sediment, sammelt sich hingegen totes organisches Material wie Plankton und Algen an. Dieses wird von Bakterien abgebaut,

die Sauerstoff verbrauchen (Sauerstoffzehrung) und gleichzeitig Nährstoffe wie Phosphat und Ammonium in das umgebende Wasser abgeben. Da es im Burgseeli keine regelmässige, vollständige Zirkulation gibt, verschärft sich diese Prozesse: Der Sauerstoff wird in der Tiefe weitgehend verbraucht, während dort gleichzeitig der

Saisonale Tiefenprofile



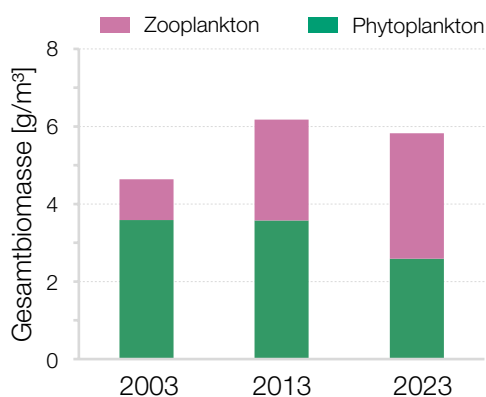
Tiefenprofil im März (A, während der Zirkulationsphase) und August (B, während der Stagnationsphase) 2023. Dargestellt sind Temperatur und Sauerstoffgehalt (obere Achse) sowie Phosphorgehalt (untere Achse) im Tiefenverlauf.

Nährstoffgehalt erheblich ansteigt - das Gegenteil passiert in den Oberflächenschichten. Diese Unterschiede zwischen Ober- und Tiefenwasser stabilisieren die Stagnation/Schichtung zusätzlich.

Im Frühling 2023 ereignete sich eine vollständige Zirkulation - ein seltenes Ereignis im Burgseeli - bei dem Sauerstoff den Seegrund erreichte und das nährstoffreiche Tiefenwasser sich mit dem Oberflächenwasser vermischte. Der durch die Zirkulation in der Tiefe zugeführte Sauerstoff wurde jedoch rasch durch chemische Reaktionen verbraucht: Die zuvor angereicherten reaktiven Substanzen - wie Sulfid - verbrauchten den Sauerstoff, was dazu führte, dass sich die charakteristischen sauerstoffarmen Verhältnisse in der Tiefe schnell wieder ausbildeten.

Das Burgseeli erfüllt die gesetzliche Anforderung an den Sauerstoffgehalt seit 1993

Entwicklung der Plankton Gesamtbiomasse



Mittlere Gesamtbiomasse des Planktons als Summe des Phyto- und Zooplanktons [g/m³].

nicht. In der Gewässerschutzverordnung wird spezifiziert, dass der Sauerstoffgehalt im gesamten See unabhängig von der Jahreszeit mindestens 4 mg/L betragen muss; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten (GSchV, Anh. 2, Nr. 13.3b). Die speziellen Eigenschaften (Seetiefe, windgeschützte Lage, geringer Zufluss und Karst) sind hier jedoch als «besondere natürliche Verhältnisse» zu berücksichtigen. Ab März liegt der Sauerstoffgehalt in durchschnittlich 7 Metern Tiefe unter dem gesetzlichen Grenzwert. Ohne die zusätzliche menschliche Nährstoffbelastung würde der Sauerstoffvorrat (vermutlich) länger ausreichen. Aufgrund der seltenen vollständigen Zirkulation ist weiterhin mit einer langanhaltenden und ausgeprägten Sauerstoffarmut im Tiefenwasser zu rechnen. Deshalb konnte ab Juni im Tiefenwasser Sulfid nachgewiesen werden (Anzeiger für langdauernde Sauerstoffarmut), was die Wasserqualität zusätzlich beeinträchtigt.

Plankton

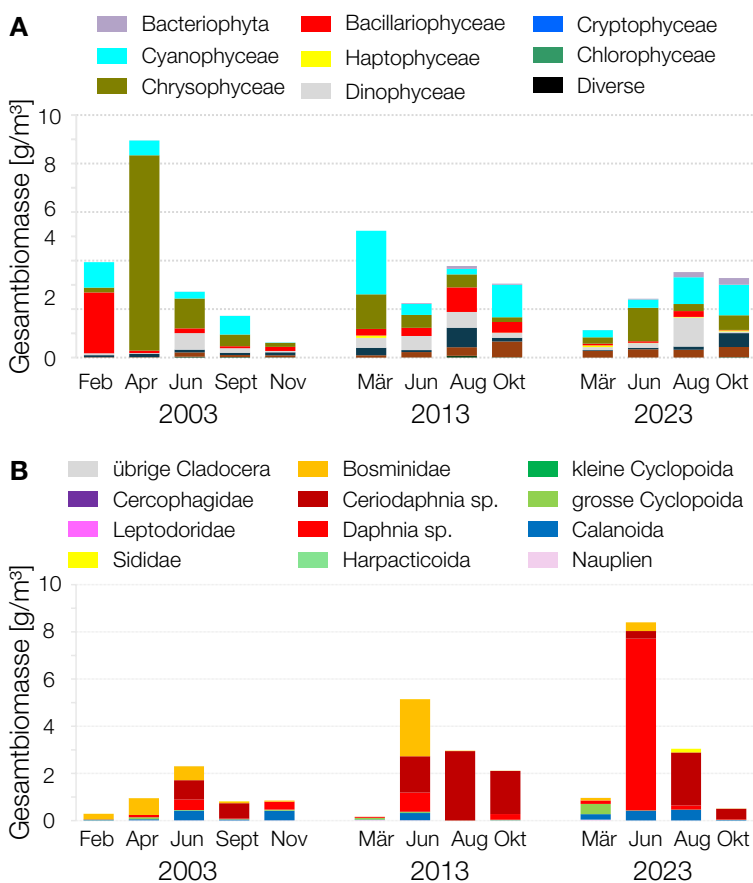
Plankton bildet die Basis der Seeökosysteme bzw. des Nahrungsnetzes. Phytoplankton (Algen und Cyanobakterien) vermehren sich mit Hilfe von Sonnenlicht und Nährstoffen, während Zooplankton (z. B. Krebstiere und Insektenlarven) sich davon ernährt und wiederum als Nahrung für Fische dient. Phyto- und Zooplankton stehen in enger Wechselwirkung, was zu natürlichen Biomassenschwankungen führt - Biomasse beschreibt die Menge an Leben im See. Die Interpretation von Veränderungen in Planktongemeinschaften ist komplex. Natürliche Schwankungen, kurze Generationszeiten und die dynamische Zusammensetzung der Organismen können zudem je nach Probenahmezeitpunkt variierende

Ergebnisse liefern. Dennoch ist die Überwachung unerlässlich, da Plankton empfindlich auf physikalische, chemische und biologische Veränderungen reagiert. Aus diesem Grund und wegen ihrer zentralen ökologischen Rolle werden sowohl Phyto- als auch Zooplankton (Krebstierarten) im Rahmen des Kleinseen-Monitorings erfasst

Im Burgseeli variierte die Gesamtbiomasse des Planktons in einer ähnlichen Grössenordnung wie in den vorherigen Untersuchungen.

Im Jahresverlauf 2023 fällt, bezogen auf das Phytoplankton insbesondere die geringe Biomasse im Frühjahr auf. Auch fanden

Entwicklung der Planktonzusammensetzung



Phytoplankton (A) und Zooplankton (B) Biomasse [g/m³] als Summe der beobachteten Arten-Gruppen.

sich deutlich weniger Kiesel- und Goldalgen (Bacillariophyceae, Chrysophyceae) als in den früheren Jahren. Blaualgen (Cyanophyceae) waren wie in den Vorjahren in allen Proben anzutreffen.

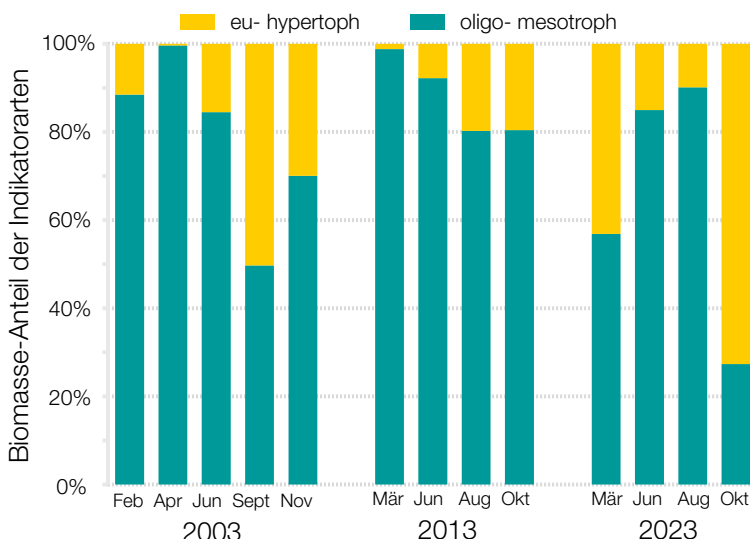
Die Zooplanktonbiomasse scheint seit 2003 zugenommen zu haben. Bei genauerer Betrachtung des Jahresverlaufs fällt

auf, dass es im Juni 2023 einen sehr hohen Biomassanteil an grossen Wasserflöhen (*Daphnia* sp.) gab. Der Biomassanteil der Litoral-Wasserflöhe (*Ceriodaphnia* sp.) ist hingegen im Juni 2023 im Verhältnis zum Herbst und den Beobachtungen 2013 eher gering. Auch in den vorherigen Untersuchungen erreichte das Burgseeli seine maximale Zooplankton-Biomasse im Juni, wenngleich die Werte niedriger als 2023 waren. Doch das Maximum im 2013 war primär auf eine Massentwicklung von Rüsselkrebsechen (*Bosmina longirostris*, Bosminidae), und nicht auf die grossen Wasserflöhe wie 2023, zurückzuführen. Im Frühling 2023 waren grosse Hüpfertiere (vor allem *Cyclops vicinus*, Grosse Cyclopodia) und sowie Schwebekrebsechen (*Eudiaptomus gracilis*, Calanoida) stark vertreten. Letztere waren auch in den Sommerproben mit relativ grosser Biomasseanteil vorhanden, was 2013 nicht so ausgeprägt war. Ebenso war der Biomasse der grossen Hüpfertiere im Frühjahr der vorherigen Untersuchungen (2003, 2013) geringer als 2023. Im Sommer und Herbst wurden ausserdem grosse Wimpertiere (*Bursaria truncatella*), Rädertiere (*Asplanchna* sp.) und Büschelmücken-Larven (*Chaoborus* sp.) in grösserer Dichte beobachtet. Dies führte zu einer grossen Nahrungskonkurrenz und hohem Frassdruck für das Zooplankton in der zweiten Jahreshälfte.

Neben der Biomasse liefert auch die Zusammensetzung der Planktongemeinschaften wertvolle Hinweise auf den ökologischen Zustand eines Gewässers. Bestimmte Phytoplanktongruppen gelten als Indikatorarten für den Nährstoffgehalt des Wassers. Auch wenn es keine allgemein anerkannten Indikatorarten für Zooplankton gibt, liefern deren Populationsdynamik und Veränderungen in der Gemeinschaftsstruktur wichtige Informationen über Umweltbelastungen wie Nährstoffanreicherung, Sauerstoffmangel oder erhöhten Frassdruck.

Im Burgseeli ergibt die Betrachtung der Phytoplankton-Indikatorarten ein eher widersprüchliches Bild: Im Frühjahr und Herbst 2023 war die Biomasse der Indikatorarten, die typisch für gedüngte bis stark gedüngte (eu- hypertroph) Gewässer sind, höher als im Sommer und auch höher als in den Untersuchungsjahren davor. Im Gegensatz dazu gab es 2023 über die ganze Saison hinweg mehr Indikatorarten (Anzahl), die typisch für wenig bis mässig ge-

Phytoplankton nach Nährstoffpräferenz



Prozentuale Verteilung der Biomasse der Indikatorarten für verschiedene Trophiestufen des Phytoplanktons (Zuordnung gemäss PTSI Indikatorliste Version 8.0.x, Stand März 2022, gewässer-bewertung-berechnung.de). Gelb = gedüngt bis sehr stark gedüngt, Grün = kaum bis mässig gedüngt.

düngte (oligo-mesotroph) Gewässer sind, als Arten für gedüngte bis sehr stark gedüngte (eu-hypertroph) Gewässer (Daten nicht dargestellt).

Die Abfolge der Krebstierarten des Zooplanktons, wie oben beschrieben, zeigte deutliche Unterschiede zwischen den Jahren, was auf eine Veränderung des Ökosystems hindeutet.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es beim Plankton teilweise widersprüchlichen Beobachtungen und Verschiebungen in der Artenzusammensetzung gibt. Dies ist vermutlich bedingt durch die Auflösung der jahrelangen chemischen Schichtung im Jahr 2023, was eine Wasserzirkulation bis zum Grund ermöglichte, wodurch Nährstoffe aus der Tiefe in die lichtdurchflutete Zone gelangen.

Umwelt DNA (eDNA)

Organismen hinterlassen in ihrer Umwelt (Luft, Boden, Wasser) nachweisbare Spuren in Form von DNA-Fragmenten. Diese DNA wird als Umwelt-DNA (engl. Environmental DNA, kurz eDNA) bezeichnet. Die erstmals im Rahmen des Monitorings entnommenen eDNA-Wasserproben wurden auf verschiedene Artengruppen (Fische, Eukaryoten/Insekten, Weichtiere und Amphibien) untersucht, um einen Einblick in die Artenvielfalt des untersuchten Gewässers zu erhalten (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).



Feldarbeit zur eDNA-Probenahme: Wasser wird sorgfältig gefiltert, um genetische Spuren aquatischer Organismen zu erfassen

Beim Burgseeli konnte in den Wasserproben unter anderen DNA von Segellibellen (*Orithetrum sp.*) nachgewiesen werden, welche einer der artenreichsten Gruppen der Libellen darstellt. Bei den Fischen wurde, nebst anderen, die DNA der Gattung *Scardinius sp.*, (beinhaltet Rotfeder und Schwarzfeder) und des Schneider (*Alburnoides bipunctatus*) gefunden. Interessanterweise wurde aber auch DNA vom Hund (*Canis lupus*) im Gewässer nachgewiesen, was darauf hindeutet, dass der See beliebt für den Hundespaziergang zu sein scheint.

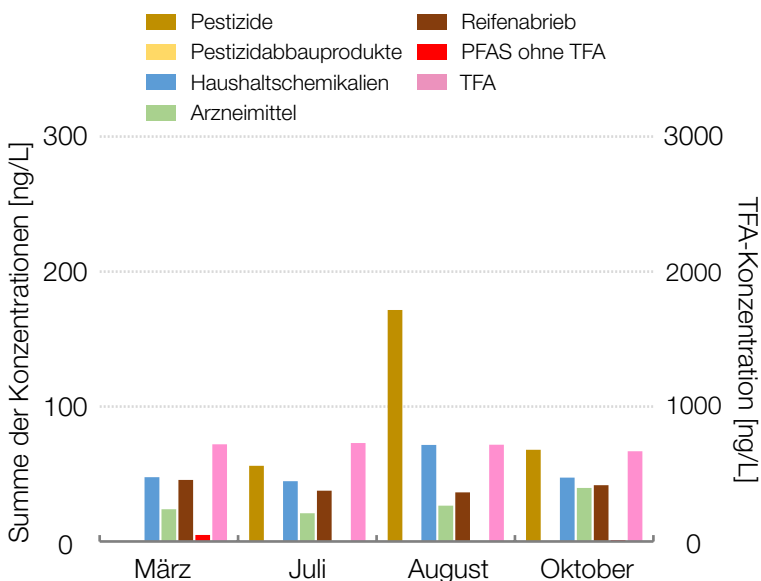
Mikroverunreinigungen

Mikroverunreinigungen sind chemische Spurenstoffe, die in den Gewässern in sehr tiefen Konzentrationen (Mikrogramm pro Liter oder tiefer) vorkommen. Trotz ihrer geringen Konzentration können einige Stoffe negative Auswirkungen auf aquatische Lebewesen haben. Bestimmte Substanzen sind schwer oder nicht abbaubar und problematisch, da sie in der Umwelt angereichert werden. Mikroverunreinigungen gelangen über Punktquellen (z.B. Kläranlagen, Entlastungen der Kanalisation bei Regen) und diffuse Quellen (z.B. Landwirtschaft, Deponien oder Altlasten) in die Gewässer und können in ihrer ursprünglichen Form als Ausgangssubstanzen oder in abgewandelter Form als Transformationsprodukt vorkommen. Im Rahmen des Kleinseen-Monitorings 2023 wurden 180 organische Mikroverunreinigungen aus verschiedensten Anwendungsbereichen untersucht.

Im Burgeseeli wurden Mikroverunreinigungen in eher geringer Zahl und Konzentrationen nachgewiesen, hauptsächlich aus häuslichem Abwasser. Insgesamt wurden 13 organische Substanzen nachgewiesen. Ist die Umweltkonzentration grösser als ein ökotoxikologisches Qualitätskriterium, so kann ein Risiko für Organismen angenommen werden. Von den untersuchten Substanzen wurden keine Konzentrationen über den bekannten ökotoxikologischen Qualitätskriterien gefunden.

Die gefundenen Verbindungen stammen aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen und die Anzahl der Stoffe ist über das Jahr relativ konstant. Grössere Schwankungen in der Summenkonzentration zeigt die Gruppe der Pestizide. Die drei Pestizid-Wirkstoffe, die gefunden wurden, gehören zu den Bioziden. Biozide sind Pestizide, die

Mikroverunreinigungen im Jahresverlauf



Summe der Konzentrationen pro Stoffgruppe (gruppiert gemäss ihrer Verwendung) im Jahr 2023. TFA ist aufgrund deutlich höherer Konzentrationen auf einer separaten (rechten) y-Achse mit einer um den Faktor 10 höheren Skalierung dargestellt.

nicht zum Schutz von Pflanzen verwendet werden. Unter den drei Bioziden sticht wiederum DEET heraus - welches als Insektenrepellent zum Schutz von Menschen und Tiere eingesetzt wird.

Nebst den Bioziden findet man Stoffe aus dem häuslichem Abwasser das ganze Jahr. Es konnten in tiefen Konzentrationen ein verarbeitetes Arzneimittel, ein Korrosionsschutzmittel aus Geschirrspülmitteln sowie ein künstlicher Süsstoff nachgewiesen werden. Zusätzlich befinden sich in tiefen Konzentrationen, doch ganzjährig, Zusatzstoffe aus dem Pneubereich, welche über das Abwasser von Strassen eingetragen werden.

PFAS, die sogenannten Ewigkeitschemikalien, wurden vereinzelt und in sehr tiefen Konzentrationen nachgewiesen. TFA, das ebenfalls zu den PFAS gehört, wurde nur in leicht höheren Konzentrationen gefunden als jene, die man auch in entlegenen Gebieten und teilweise im Niederschlag misst. Diese allgegenwärtigen «Hintergrundkonzentrationen», stammen höchst vermutlich aus Kältemitteln.

Weiterführende Links

[Berichte Kleinseen-Monitoring 2023](#)
[Berichte zur Gewässerqualität](#)
[Weitere Themen zur Gewässerqualität](#)

Impressum

AWA, Gewässer- und Bodenschutzlabor
 Schermenweg 11
 3014 Bern



Ökologisches Monitoring Berner Kleinseen

Zustand des Dittligsees

Der Dittligsee ist ein wertvoller Lebensraum für Pflanzen und Tiere sowie ein Badegewässer. Er ist jedoch sehr nährstoffreiche und bleibt in einem ökologisch schlechten Zustand, er hat sich weder deutlich verbessert noch verschlechtert. Er erfüllt die gesetzlichen Anforderungen bezüglich Sauerstoff- und Nährstoffgehalt nicht. Der Sauerstoffgehalt ist über Monate in einem grossen Teil des Sees so tief, dass in diesem Bereich kaum mehr Leben möglich ist. Mikroverunreinigungen - aus landwirtschaftlichen Quellen sowie häuslichen Abwässern - treten in niedrigen, aber relativ konstanten Konzentrationen auf; es gibt jedoch kein erkennbares Risiko.



Monitoring des Dittligsees

Der Dittligsee ist ein Voralpensee, der seit Beginn des kantonalen Kleinseen-Monitorings im Jahr 1993 Teil des Programms ist (siehe Box). Das Monitoring findet alle 10 Jahre statt und wurde zuletzt im Jahr 2023 wiederholt. Um die jahreszeitliche Entwicklung grob zu erfassen, wurden Proben im Frühjahr, Sommer (2x) und Herbst entnommen.

Da kleine stehende Gewässer im Verlauf eines Jahres bezüglich Nährstoffeintrag, Temperaturverhältnissen und Algenproduktion stark variieren können, kann mit der geringen Probenanzahl nicht die ganze Dynamik dieser Ökosysteme erfasst werden. Die Daten sind jedoch ausreichend, um eine Beurteilung des Gewässers vorzunehmen. Der vorliegende Bericht gibt einen

Überblick über die Zustandsentwicklung des Dittligsees in den letzten 30 Jahren.

Kleinseen-Monitoring

Das Kleinseen-Monitoring im Kanton Bern wurde in den Jahren 1993, 2003, 2013 und zuletzt im Jahr 2023 durchgeführt. Alle 10 Jahre wurden in einer repräsentativen Auswahl von 10 Seen bis zu 4-mal pro Jahr Proben genommen, um deren Entwicklung zu erfassen. An der tiefsten Stelle jedes Sees wurden Tiefenprofile für physikalische Parameter (z.B. Temperatur, Sauerstoff) sowie chemische (z.B. Nährstoffgehalt, Mikroverunreinigungen) und biologische Proben (Plankton) untersucht. Zusätzlich zu diesem regelmässigen Überwachungsprogramm wurden im Juni 2023 Umwelt-DNA-Proben (eDNA) entnommen, um einen groben Überblick über die Artenvielfalt in jedem See zu erhalten.

Weitere Informationen unter:

www.be.ch/gewaesserqualitaet



Allgemeines

Der Dittligsee liegt in der Gemeinde Forst-Längenbühl, rund 7.5 Kilometer westlich von Thun und nahe den Ortschaften Blumenstein und Wattenwil. Der See liegt auf 652 Metern über Meer, ist maximal 16.4 Meter tief und mit einer Fläche von 6 Hektaren gehört er zu den kleinen Kleinseen der Region.

Amphibien und Wasservögeln Schutz und Nahrung bieten.

Nährstoffgehalte

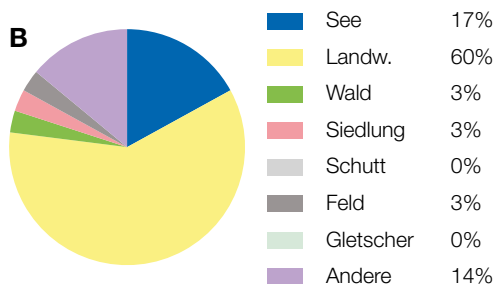
In See-Ökosystemen regulieren die beiden Nährstoffe Phosphor und Stickstoff das Wachstum von Pflanzen und Algen, wel-

Eckdaten zum See und Einzugsgebiet

A

Einzugsgebiet [ha]	39
Höhe des Seespiegel [m.ü.M.]	652
Seefläche [ha]	6
Maximale Seetiefe [m]	16.4
Volumen [m ³]	412'562

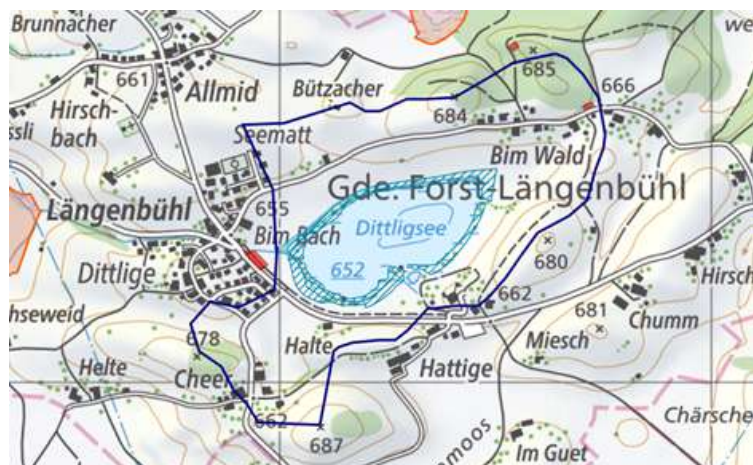
B



Kennzahlen zum See (A) und prozentuale Nutzung des Einzugsgebiets (B). Darstellung des Einzugsgebiets (C, dunkelblau), sowie die Flächen des regionalen und nationalen Flachmoors Nr. 328 (hellblau). Quelle: swisstopo

Das umliegende Einzugsgebiet - also die Landschaft, aus der Wasser in den See gelangt - prägt die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Wasserflusses und beeinflusst damit direkt die Wasserqualität. Charakteristisch für das Einzugsgebiet des Dittligsees sind landwirtschaftlich genutzte Flächen aber auch regionale und nationale Flachmoore. Zwei eingedolte Zuflüsse bringen Wasser in den See, wobei der Hauptzufluss auf den letzten hundert Metern offen verläuft und auf seinem Weg durch landwirtschaftlich genutzte Flächen vermutlich eine hohe Menge an Nährstoffen mit sich führt. Zusätzlich gelangt Wasser vom steilen Nordufer in den See. Gelegentlich wird die Wasserqualität auch durch häusliche Abwässer beeinträchtigt.

C



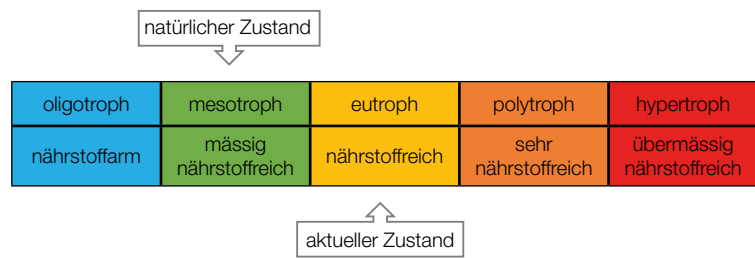
che die Basis des Nahrungsnetzes bilden. Hohe Einträge dieser Nährstoffe führen zu einer übermässigen Bildung von Algen und zu einer Verschlechterung der Gewässerqualität. Dieser Prozess wird als Eutrophierung bezeichnet. Die Gewässerschutzverordnung gibt vor, dass ein gesundes Ökosystem ohne schädliche Auswirkungen der Eutrophierung, wie Sauerstoffmangel, erhalten werden soll. Dazu ist festgelegt, dass «der Nährstoffgehalt höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen darf; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten» (GSchV, Anh. 2, Ziff. 13.2).

Der trophische Zustand eines Sees beschreibt, wie nährstoffreich und produktiv er ist - und damit auch, wie gut er als gesundes und vielfältiges Ökosystem funk-

Der Dittligsee ist ein ökologisch wertvolles Gebiet mit hoher Artenvielfalt. Ein nahezu geschlossener Schilfgürtel, ergänzt durch Rohrkolbenbestände, bietet wichtigen Lebensraum für zahlreiche Tierarten - insbesondere für brütende und rastende Wasservögel. Auch der Schilfgürtel geht in ein Flachmoor über, das 1994 ins Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung aufgenommen wurde, und seither unter Schutz steht. Dank des weitgehend intakten Ufers mit einem fließenden Übergang von Wasser über Schilf und Flachmoor zu extensiv genutztem Landwirtschaftsland finden Wasser- und Landpflanzen ihre passenden Lebensräume, die wiederum der Wasserfauna wie Insekten,

tionieren kann. Zur Bestimmung werden mehrere Indikatoren herangezogen - insbesondere der Phosphorgehalt, der meist das Algenwachstum limitiert, aber auch die Wasserklarheit (Sichttiefe), die Temperaturentwicklung und die Algenbiomasse. Basierend auf diesen Indikatoren reicht die Klassifizierung von oligotroph für nährstoffarme, über mesotroph für mässig nährstoffreiche, und eutroph für nährstoffreiche, bis hypertroph für extrem mit Nährstoffen belastete Seen. Ein Vergleich zwischen dem natürlichen Zustand - ohne oder mit minimaler menschlicher Beeinflussung - und dem aktuellen trophischen Zustand gibt Hinweise auf das Ausmass der anthropogenen Eutrophierung. Unter anderem führen Siedlungsentwicklung, Abholzung, landwirtschaftliche Düngung, Drainagen, Abwassereinleitungen, Hochwasserentlastungen und künstliche Seeabsenkungen zu verstärkten Nährstoffeinträgen und können die Produktivität des Sees über das natürliche Mass hinaus erhöhen.

Trophischer Zustand

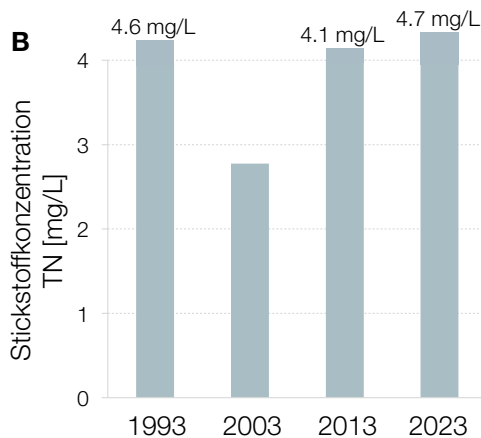
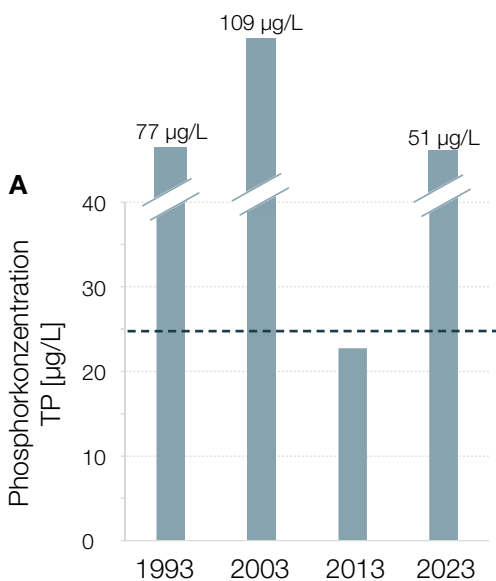


Trophische Skala für Seen mit Angabe des natürlichen Zustands und des aktuellen Zustands. Je stärker die anthropogenen Einflüsse sind, desto mehr weichen die Zustände voneinander ab.

zählen zudem zu den höchsten der untersuchten Kleinseen mit ähnlicher Tiefe.

Der Dittligsee hatte natürlicherweise einen mässig hohen Nährstoffgehalt und lag deswegen ursprünglich im mesotrophen Bereich (Referenzwert, LAWA 1998). Durch die vom Menschen verursachte Nährstoffbelastung aus dem Einzugsgebiet ist der See nährstoffreicher geworden und befin-

Entwicklung der Nährstoffe



Phosphor- (A) und Stickstoffentwicklung (B). Durchschnittliche Konzentration des gesamten Seevolumens. Die horizontale Linie stellt die Zielkonzentration für Phosphor (25 µg/L) dar, die ein natürlicherweise oligo- bis mesotropher Sees nicht überschreiten sollte.

Im Dittligsee wurde über einen Zeitraum von 30 Jahren im Rahmen des Kleinseen-Monitorings keine langfristige Veränderung der Nährstoffkonzentrationen (Stickstoff und Phosphor) festgestellt. Die wasserchemischen Daten weisen auf einen insgesamt stabilen Zustand mit sehr hohen Phosphorbelastung hin. Diese Konzentrationen liegen in fast allen Messjahren deutlich oberhalb der allgemeinen Zielkonzentration, welche die Produktivität natürlicherweise oligo- bis mesotropher Seen auf einem mässigen Niveau begrenzen soll. Die Phosphor- und Stickstoff-Konzentrationen

det sich, basierend auf der aktuellen Bewertung im Rahmen des Monitorings (Berechnung mittels LAWA 2014), heute im nährstoffreichen, eutrophen Zustand. Die zunehmende Eutrophierung des Sees verschlechterte die Gesamtsituation im Ökosystem See, die auch das Sauerstoffgleichgewicht beeinflusste.

Sauerstoff & Temperatur

Der Dittligsee und ähnlich tiefe Seen durchlaufen im Jahresverlauf Phasen der Durchmischung (Zirkulation) und der Schichtung

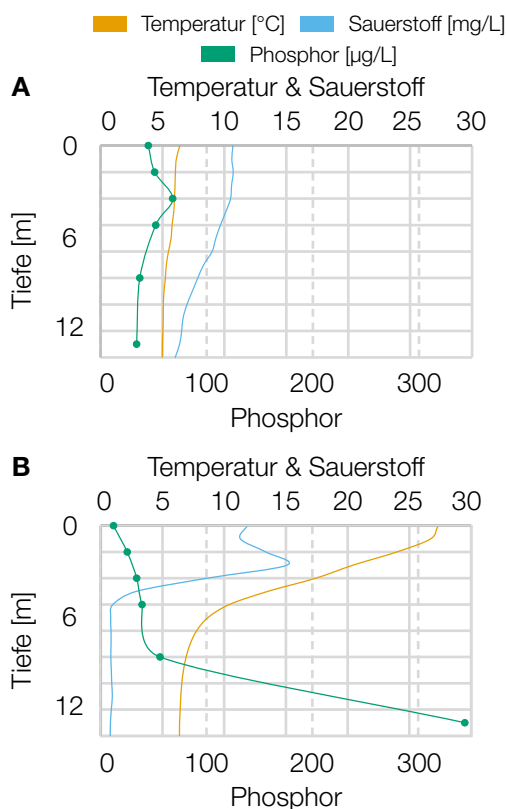
(Stagnation). Im Dittligsee tritt die Zirkulation im Frühjahr und im Herbst auf, wenn die Wassertemperatur von der Oberfläche bis zum Grund einheitlich ist. In dieser Zeit werden Sauerstoff und Nährstoffe zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser ausgetauscht, wodurch ihre Konzentrationen über die gesamte Wassersäule relativ ähnlich sind.

Im Winter und im Sommer, wenn sich die Wassertemperaturen zwischen Oberfläche und Tiefenwasser deutlich unterscheiden, sind die Wassermassen aufgrund der unterschiedlichen Dichte weitgehend voneinander getrennt - der See befindet sich in der Stagnationsphase, die während der warmen Sommermonate besonders ausgeprägt ist. In der oberen Wasserschicht kommen Mikroalgen vor, die während ihres Wachstums Nährstoffe aufnehmen und mittels Photosynthese Sauerstoff produzieren. Da ihre Wachstumsrate im Sommer höher ist, wird die Oberflächenschicht mit Sauerstoff gesättigt, und die Nährstoffkonzentrationen sinken. In den tieferen Wasserschichten hingegen wird abgestorbenes organisches Material - wie Plankton und Algen - durch Bakterien abgebaut. Dabei wird Sauerstoff verbraucht (Sauerstoffzehrung) und gleichzeitig werden Nährstoffe wie Phosphat und Ammonium an das umgebende Wasser abgegeben. Da der Dittligsee über Monate geschichtet bleibt, entwickeln sich unterschiedliche Bedingungen in Oberflächen- und Tiefenwasser. Es entsteht ein vertikaler Gradient: Die Nährstoffkonzentrationen steigen mit der Tiefe, während der Sauerstoffgehalt dort abnimmt. Mit fortschreitender Stagnation bildet sich dieser Unterschied immer stärker aus und die sauerstoffarme Zone wandert zunehmend nach oben. Unter diesen Bedingungen können sich im Tiefenwasser toxische Sulfide bilden, welche anzeigen, dass das Wasser über einen längeren Zeitraum sauerstofffrei war. Obwohl ein Sauerstoffrückgang im Tiefenwasser während der Stagnationsphase grundsätzlich normal ist, kann sich dieser durch eine erhöhte Biomasseproduktion wegen erhöhter Nährstoffeinträge verstärken.

Der Dittligsee erfüllt die gesetzliche Anforderung an den Sauerstoffgehalt seit 1993 nicht. In der Gewässerschutzverordnung wird spezifiziert, dass der Sauerstoffgehalt im gesamten Seewasser unabhängig von der Jahreszeit mindestens 4 mg/L betragen muss; besondere natürliche Verhält-

nisse bleiben vorbehalten (GSchV, Anh. 2, Ziff. 13.3b). Doch auch im Jahr 2023 konnte keine Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser beobachtet werden. Ab Juni 2023 liegt der Sauerstoffgehalt in durchschnittlich 6 Metern Tiefe unter dem gesetzlichen Grenzwert. Dadurch sind rund 35 % des Seevolumens für Gewässerorga-

Saisonale Tiefenprofile

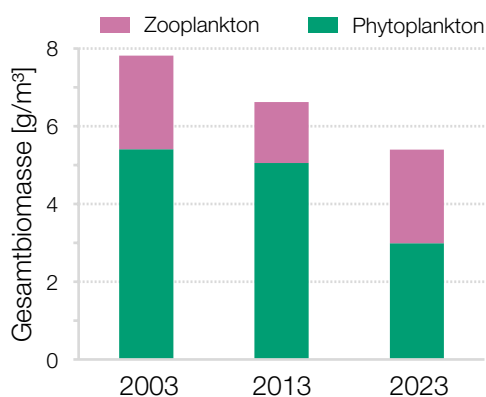


Tiefenprofil im März (A, während der Zirkulationsphase) und August (B, während der Stagnationsphase) 2023. Dargestellt sind Temperatur und Sauerstoffgehalt (obere Achse) sowie Phosphorgehalt (untere Achse) im Tiefenverlauf.

nismen wie Fische und Insektenlarven als Lebensraum nicht mehr nutzbar. Ab Oktober wurde zudem im Tiefenwasser Sulfid nachgewiesen (Anzeiger für langdauernde Sauerstoffarmut), was die Wasserqualität zusätzlich beeinträchtigt.

Eine zentrale Ursache für die erhöhten Phosphorwerte im Dittligsee sind einerseits Einträgen aus dem Einzugsgebiet und andererseits die Freisetzung von Phosphor aus dem Seesediment, in dem Phosphor aus früheren Nährstoffeinträgen gespeichert wurde. Wenn im Sommer das Tiefenwasser kaum noch Sauerstoff enthält, wird dieser Phosphor wieder ins Wasser abgegeben. Das kann zu einer erhöhten Algenbiomasse in der nächsten Vegetationsperiode führen, deren Abbau wiederum mehr Sauerstoff verbraucht - ein Kreislauf, der sich selbst verstärkt. Diese interne Nährstoff-Quelle kann sogar grösser sein als die heutigen externen Einträge, wodurch etwa-

Entwicklung der Plankton Gesamtbiomasse



Mittlere Gesamtbiomasse des Planktons als Summe des Phyto- und Zooplanktons [g/m³].

ige Massnahmen zur Reduktion des Nährstoffeintrags im Einzugsgebiet als nicht effektiv erscheinen. Um diesen Teufelskreis zu durchbrechen, ist es jedoch essenziell, die externen Phosphor-/Nährstoffeinträge möglichst stark zu reduzieren. Nur so können die Sauerstoffverhältnisse langfristig verbessert und ein gesundes Ökosystem ermöglicht werden.

Plankton

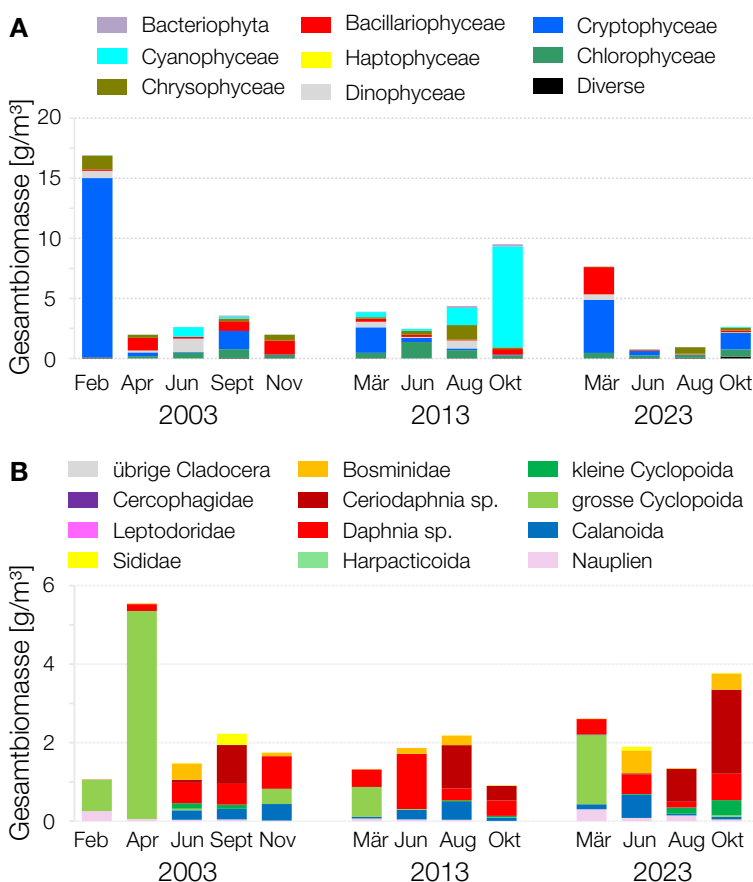
Plankton bildet die Basis der Seeökosysteme bzw. des Nahrungsnetzes. Phytoplankton (Algen und Cyanobakterien) vermehren sich mit Hilfe von Sonnenlicht und Nährstoffen, während Zooplankton (z. B. Krebstiere und Insektenlarven) sich davon ernährt und wiederum als Nahrung für Fische dient. Phyto- und Zooplankton stehen in enger Wechselwirkung, was zu natürlichen Biomassenschwankungen führt - Biomasse beschreibt die Menge an Leben im See. Die Interpretation von Veränderungen in Planktongemeinschaften ist komplex. Natürliche Schwankungen, kurze Generationszeiten und die dynamische Zusammensetzung der Organismen können zudem je nach Probenahmezeitpunkt variierende Ergebnisse liefern. Dennoch ist die Überwachung unerlässlich, da Plankton empfindlich auf physikalische, chemische und biologische Veränderungen reagiert. Aus diesem Grund und wegen ihrer zentralen ökologischen Rolle werden sowohl Phyto- als auch Zooplankton (Krebstierarten) im Rahmen des Kleinseen-Monitorings erfasst.

Im Dittligsee ist die Gesamt-Biomasse des Planktons (genauer des Phytoplanktons) im Jahr 2023 etwas geringer als in den früheren Jahren.

Betrachtet man den jahreszeitlichen Verlauf des Phytoplanktons, so fallen die eher geringe Biomassen im Sommer auf. Im Frühjahr dominierte ein grosses Vorkommen der Schlundalgen (Cryptophyceae), Schlundalgen bildeten in allen Untersuchungsjahren eine dominante Gruppe. Auch Kiesel-, Gold- und Grünalgen (Bacillariophyceae, Chrysophyceae, Chlorophyceae) waren in allen Jahren gut vertreten. Auffallend war zudem im Jahr 2023 der geringe Anteil von Blaualgen (Cyanophyceae) im Vergleich zu den früheren Jahren.

Die Zooplanktonbiomasse blieb im Jahr 2023 stabil und entsprach damit den Wer-

Entwicklung der Planktonzusammensetzung



Phytoplankton (A) und Zooplankton (B) Biomasse [g/m³] als Summe der beobachteten Arten-Gruppen.

ten aus den Jahren 2003 und 2013. Die Biomasse des Zooplanktons erreichte im Frühling und Herbst 2023 etwas höhere Maxima als 2003 und 2013 - welche aber immer noch tiefer liegen als in vergleichbaren Seen. Das deutlich höhere Frühlingmaximum von 2003 wurde durch das hohe Vorkommen des grossen Hüpfelings *Cyclops vicinus* (Grosse Cyclopodia) im April verursacht. Auch 2023 waren die grossen Hüpfelinge im März die dominante Art,

erreichten aber nicht die so hohe Werte wie 2003. Im Frühsommer 2023 waren Schwebekrebs (*Eudiaptomus gracilis*, Calanoida) und grosse Wasserflöhe (*Daphnia sp.*) stark vertreten, im Sommer traten zusätzlich Rüsselkrebschen (*Bosmina longirostris*, Bominidae) und kleine Hüpferlinge (*Mesocyclops leuckartii*, Kleine Cyclopodida) auf. Im Herbst dominierte neben den Rüsselkrebschen auch der Litoral-Wasserfloh (*Ceriodaphnia sp.*).

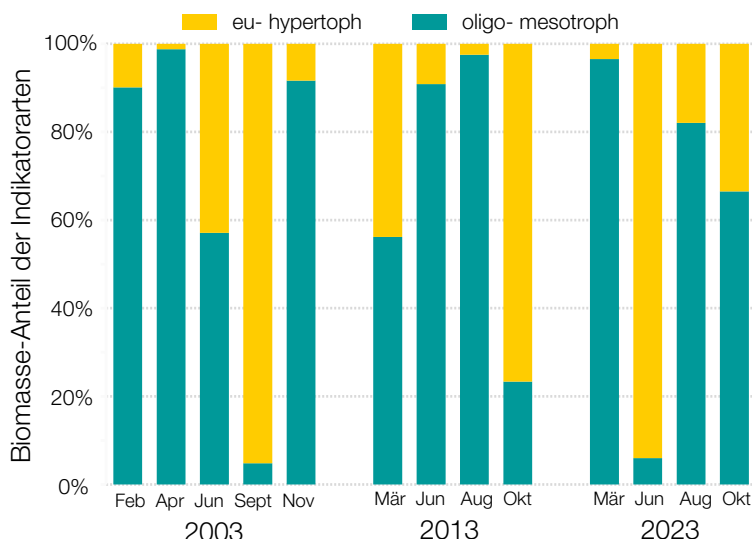
Neben der Biomasse liefert auch die Zusammensetzung der Planktongemeinschaften wertvolle Hinweise auf den ökologischen Zustand eines Gewässers. Bestimmte Phytoplanktongruppen gelten als Indikatorarten für den Nährstoffgehalt des Wassers. Auch wenn es keine allgemein anerkannten Indikatorarten für Zooplankton gibt, liefern deren Populationsdynamik und Veränderungen in der Gemeinschaftsstruktur wichtige Informationen über Umweltbelastungen wie Nährstoffanreicherung, Sauerstoffmangel oder erhöhten Frassdruck.

Im Dittligsee zeigt die Betrachtung der Phytoplankton-Indikatorarten ein uneinheitliches Bild: In allen drei Untersuchungsjahren dominierte in der Regel die Biomasse der Arten für wenig bis mässig gedüngte (oligo-mesotroph) Gewässer, jeweils mit Ausnahme eines Monats. Hingegen überwiegt die Anzahl der Indikatorarten für gedüngte bis sehr stark gedüngte (eu-hypertroph) Gewässer in sieben von dreizehn Proben diejenige für wenig bis mässig gedüngte (oligo-mesotroph) Gewässer (Daten nicht dargestellt). Dieses Wechselspiel zwischen Artenzahl und Biomasse ist charakteristisch für nährstoffreiche Gewässer.

Die saisonale Entwicklung des Zooplanktons, wie oben beschrieben, folgt einem für kleine meso- bis eutrophe Seen typischen Muster. Ab Juni traten zudem Larven der Büschelmücken (*Chaoborus sp.*) im Freiwasser auf, die sich primär von anderen Zooplanktonorganismen ernähren und dadurch das Zooplankton reduzieren können. Die Büschelmücken-Larven sind ein Hinweis auf unzureichende Sauerstoffverhältnisse im See.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Zusammensetzung und Entwicklung von Phyto- und Zooplankton im Dittligsee auf gleichbleibende Bedingungen über die letzten 20 Jahre hinweisen.

Phytoplankton nach Nährstoffpräferenz



Prozentuale Verteilung der Biomasse der Indikatorarten für verschiedene Trophiestufen des Phytoplanktons (Zuordnung gemäss PTSI Indikatorliste Version 8.0.x, Stand März 2022, gewässer-bewertung-berechnung.de). Gelb = gedüngt bis sehr stark gedüngt, Grün = kaum bis mässig gedüngt.

Trotz teilweiser Schwankungen zwischen einzelnen Untersuchungsjahren ist insgesamt keine wesentliche Änderung der Planktonzusammensetzung erkennbar.

Umwelt DNA (eDNA)

Organismen hinterlassen in ihrer Umwelt (Luft, Boden, Wasser) nachweisbare Spuren in Form von DNA-Fragmenten. Diese DNA wird als Umwelt-DNA (engl. Environmental DNA, kurz eDNA) bezeichnet. Die erstmals im Rahmen des Monitorings entnommenen eDNA-Wasserproben wurden auf verschiedene Artengruppen (Fische, Eukaryoten/Insekten, Weichtiere und Amphibien) untersucht, um einen Einblick in die Artenvielfalt des untersuchten Gewässers zu erhalten (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

Der Dittligsee weist, nach dem Amsoldingersee, unter den zehn untersuchten Kleinseen die zweithöchste Diversität im Rahmen der eDNA-Untersuchungen auf. Es wurden die meisten Arten der Arthropoden (eine Gruppe zu der auch Insekten zählen, 17 Taxa) und viele Rädertier-Arten (Zooplankton) mittels DNA nachgewiesen. Manche der Arten wie eine Süßwassermilbe wurde nur in den Proben des Dittligsee gefunden. Ein weiterer interessanter Fund ist, dass die Untersuchungen zudem «alte Bekannte» wie den Biber bestätigten, welcher seit ca. 2016 in der Region vorkommt.



Feldarbeit zur eDNA-Probenahme: Wasser wird sorgfältig gefiltert, um genetische Spuren aquatischer Organismen zu erfassen

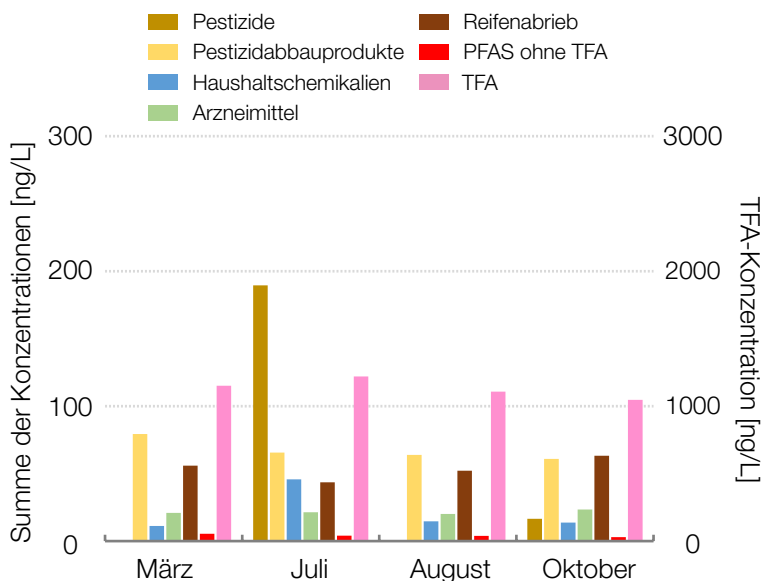
Mikroverunreinigungen

Mikroverunreinigungen sind chemische Spurenstoffe, die in den Gewässern in sehr tiefen Konzentrationen (Mikrogramm pro Liter oder tiefer) vorkommen. Trotz ihrer geringen Konzentration können einige Stoffe negative Auswirkungen auf aquatische Lebewesen haben. Bestimmte Substanzen sind schwer oder nicht abbaubar und problematisch, da sie in der Umwelt angereichert werden. Mikroverunreinigungen gelangen über Punktquellen (z.B. Kläranlagen, Entlastungen der Kanalisation bei Regen) und diffuse Quellen (z.B. Landwirtschaft, Deponien oder Altlasten) in die Gewässer und können in ihrer ursprünglichen Form als Ausgangssubstanzen oder in abgewandelter Form als Transformationsprodukt vorkommen. Im Rahmen des Kleinseen-Monitorings 2023 wurden 180 organische Mikroverunreinigungen aus verschiedensten Anwendungsbereichen untersucht.

Im Dittligsee wurden insgesamt 13 organische Substanzen nachgewiesen. Es treten sowohl Mikroverunreinigungen aus landwirtschaftlichen Quellen sowie häuslichen Abwässern in niedrigen, aber relativ konstanten Konzentrationen auf. Ist die Umweltkonzentration grösser als ein ökotoxikologisches Qualitätskriterium, so kann ein Risiko für Organismen angenommen werden. Von den untersuchten Substanzen wurden keine Konzentrationen über den bekannten ökotoxikologischen Qualitätskriterien gefunden.

Im See kommen ganzjährig mit Pestizidabbauprodukten aus der Landwirtschaft vor. Die gefundenen Substanzen bilden sich durch den Abbau von zwei Herbiziden, Dimethenamid und Metolachlor. Letzteres ist seit 2025 nicht mehr zugelassen. Die landwirtschaftliche Nutzung im Einzugsgebiet wird vom hohen Wert der TFA (Trifluoressigsäure), welches ein Abbauprodukt verschiedener Pflanzenschutzmittel ist, untermauert. TFA gehört zur Gruppe der PFAS - den sogenannten Ewigkeitschemikalien. Die Konzentrationen an TFA sind in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft gegenüber Gebieten ohne Einsatz von Pflanzenschutzmitteln erhöht. Im Juni fällt beim Dittligsee eine hohe Pestizid-Wirkstoffbelastung auf. Diese stammt vom Insektenschutzmittel DEET, welches als Biozid zugelassen ist und zum Schutz von Menschen, aber auch Tieren, eingesetzt wird.

Mikroverunreinigungen im Jahresverlauf



Summe der Konzentrationen pro Stoffgruppe (gruppiert gemäss ihrer Verwendung) im Jahr 2023. TFA ist aufgrund deutlich höherer Konzentrationen auf einer separaten (rechten) y-Achse mit einer um den Faktor 10 höheren Skalierung dargestellt.

In tiefen und relativ konstanter Konzentration lassen sich zwei künstliche Süsstoffe sowie ein verbreitetes Arzneimittel gegen Altersdiabetes nachweisen. Es kann sich um Entlastungen aus der Kanalisation bei Starkregenereignissen handeln, da im Einzugsgebiet keine ARA gereinigtes Abwasser einleitet. Im Dittligsee, wie in vielen anderen, lassen sich zudem in tiefen Konzentrationen zwei verbreitete Zusatzstoffe aus dem Pneumabrieb aufspüren.

Weiterführende Links

[Berichte Kleinseen-Monitoring 2023](#)
[Berichte zur Gewässerqualität](#)
[Weitere Themen zur Gewässerqualität](#)

Impressum

AWA, Gewässer- und Bodenschutzlabor
Schermenweg 11
3014 Bern



Ökologisches Monitoring Berner Kleinseen

Zustand des Inkwilersees

Der Inkwilersee ist ein wertvoller Lebensraum für Pflanzen und Tiere sowie ein Bade- und Fische-reigewässer. Er ist jedoch sehr nährstoffreich und bleibt in einem schlechten ökologischen Zu-stand. Er erfüllt die gesetzlichen Anforderungen bezüglich Sauerstoff- und Nährstoffgehalt nicht. Der Phosphorgehalt, der wichtigste Nährstoff, hat sich allerdings vermindert, ob dies eine Wirkung der Entschlammung, der neuen Tiefenwasserableitung oder verminderter Einträge ist, kann nicht beurteilt werden. Trotzdem sinkt der Sauerstoffgehalt immer noch im ganzen See stark ab, was das Risiko für plötzliche Fischsterben erhöht. Im See wurden ganzjährig verschiedene Mikrover-unreinigungen gefunden, die vorwiegend aus landwirtschaftlichen und Haushaltsquellen stammen. Darunter befinden sich Pestizidabbauprodukte in hohen Konzentrationen. In einer von vier Proben wurde PFOS welches zu den Ewigkeitschemikalien gehört, in einer Konzentration gefunden, bei welcher schädliche Wirkungen auf Wasserlebewesen nicht ausgeschlossen werden können.



Monitoring des Inkwilersees

Der Inkwilersee ist ein landwirtschaftlich geprägter See, der seit Beginn des kantonalen Kleinseen-Monitorings im Jahr 1993 Teil des Programms ist (siehe Box). Das Monitoring findet alle 10 Jahre statt und wurde zuletzt im Jahr 2023 wiederholt. Um die jahreszeitliche Entwicklung grob zu erfassen, wurden Proben im Frühjahr, Sommer (2x) und Herbst entnommen.

Da kleine stehende Gewässer im Verlauf eines Jahres bezüglich Nährstoffeintrag, Temperaturverhältnissen und Algenproduktion stark variieren können, kann mit der geringen Probenanzahl nicht die ganze Dynamik dieser Ökosysteme erfasst werden. Die Daten sind jedoch ausreichend, um eine Beurteilung des Gewässers vorzu-

nehmen. Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die Zustandsentwicklung des Inkwilersees in den letzten 30 Jahren.

Kleinseen-Monitoring

Das Kleinseen-Monitoring im Kanton Bern wurde in den Jahren 1993, 2003, 2013 und zuletzt im Jahr 2023 durchgeführt. Alle 10 Jahre wurden in einer repräsentativen Auswahl von 10 Seen bis zu 4-mal pro Jahr Proben genommen, um deren Entwicklung zu erfassen. An der tiefsten Stelle jedes Sees wurden Tiefenprofile für physikalische Parameter (z.B. Temperatur, Sauerstoff) sowie chemische (z.B. Nährstoffgehalt, Mikroverunreinigungen) und biologische Proben (Plankton) untersucht. Zusätzlich zu diesem regelmässigen Überwachungsprogramm wurden im Juni 2023 Umwelt-DNA-Proben (eDNA) entnommen, um einen groben Überblick über die Artenvielfalt in jedem See zu erhalten.

Weitere Informationen unter:

www.be.ch/gewaesserqualitaet



Allgemeines

Der Inkwilensee liegt rund 9 Kilometer östlich von Solothurn auf der Kantonsgrenze Bern-Solothurn in den Gemeinden Inkwil (BE) und Bolken (SO). Der Solothurner Teil des Sees mit seiner näheren Umgebung ist seit 1949 als kantonales Naturschutzgebiet ausgewiesen. Der Berner Teil steht seit 2022 unter Schutz. Der Inkwilensee liegt

würden innerhalb der nächsten 100 bis 150 Jahre die aquatischen Lebensräume verloren gehen. Während der letzten ca. 20 Jahren führten insbesondere heisse, windstille Phasen des Spätsommers zu Sauerstoffmangel im See, was mehrfach zu grossem Fischsterben führte.

Eckdaten zum See und Einzugsgebiet

A

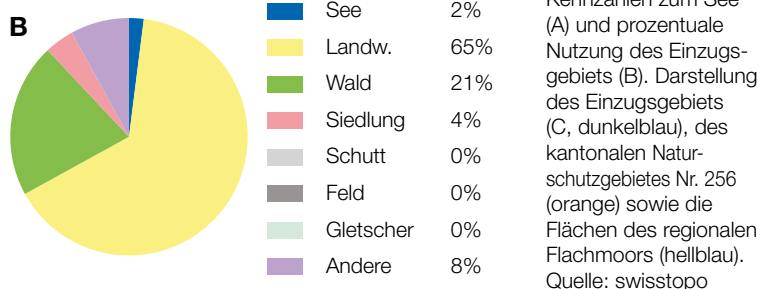
Einzugsgebiet [ha]	467
Höhe des Seespiegel [m.ü.M.]	461
Seefläche [ha]	10
Maximale Seetiefe [m]	5
Volumen [m³]	210'277

461 Metern über Meer, ist maximal 5 Meter tief und bedeckt eine Fläche von 10 Hektaren - damit gehört er zu den mittelgrossen Kleinseen im Kanton Bern und ist einer der zwei grösseren Seen im Oberaargau.

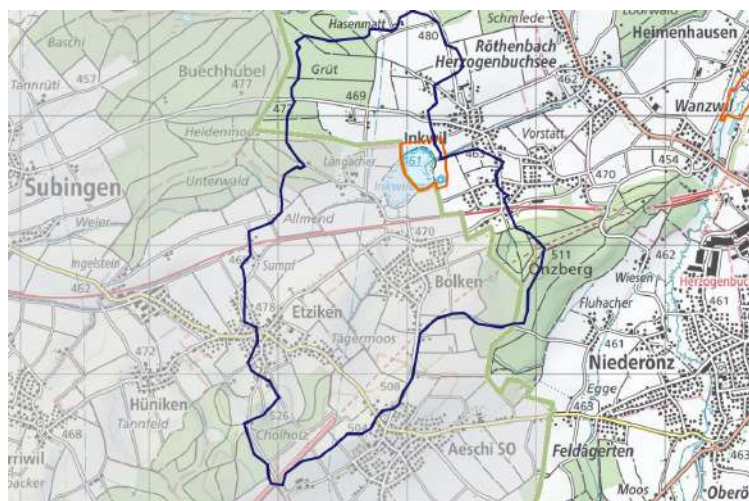
Das umliegende Einzugsgebiet - also die Landschaft, aus der das Wasser in den See gelangt - prägt die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Zuflusses und hat daher einen erheblichen Einfluss auf die Wasserqualität. Charakteristisch für das Einzugsgebiet des Inkwilensees sind landwirtschaftlich genutzte Flächen sowie Waldgebiete. Mehrere Zuflüsse bringen Wasser in den See, grösstenteils über Drainageleitungen aus der umliegenden Landwirtschaft. Von diesen Zuflüssen leistet das Moosbächli oder Etzikerkanal den grössten Beitrag. Auf ihrem Weg führen die Bäche ein teils hohes Mengen an externen Nährstoffen mit sich. Zusätzlich wird die Wasserqualität gelegentlich durch häusliche Abwässer beeinträchtigt.

Seit knapp 200 Jahren verlandet der Inkwilensee 20- bis 30-mal schneller als unter natürlichen Bedingungen. Die Absenkung des Wasserspiegels 1961 verkleinerte das Seevolumen schlagartig und beschleunigte die Verlandung zusätzlich. Seit den 1950er Jahren beeinträchtigen hohe Nährstoffeinträge aus Siedlungen und Landwirtschaft die Wasserqualität. Der See befand sich vor wenigen Jahren in der Endphase seiner Entwicklung vom offenen Gewässer zum Flachmoor. Ohne Gegenmassnahmen

B



C



Um die Verlandungsgeschwindigkeit zu verringern und die kritischen Lebensbedingungen abzumildern sowie Biomasse und Nährstoffe aus dem See zu entnehmen, entwickelten die Kantone Solothurn und Bern gemeinsam mit den Gemeinden und örtlichen Natur- und Landschaftsschutzvereinen ein Sanierungsprojekt. Bereits vor der Konzeptentwicklung wurden erste Massnahmen umgesetzt, darunter zwei Rückhaltebecken im Hauptzufluss Moosbächli (2004), die Feinsedimente zurückhalten und Fischen in kritischen Phasen als sauerstoffreiche Zufluchtsorte dienen. Das im Jahr 2011 publizierte Sanierungskonzept der Kantone Bern und Solothurn sowie lokaler Partner umfasst drei Hauptmassnahmen: (1) Optimierung der Absetzbecken, (2) Installation Tiefenwasserableitung 2013 und Erneuerung 2019: die

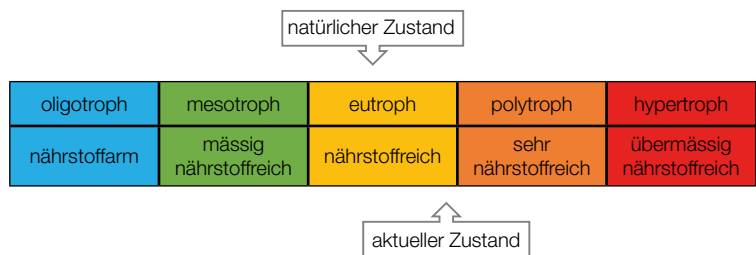
Tiefenwasserableitung führt sauerstofffreies, nährstoffreiches Tiefenwasser zum Ausfluss, wo es im Inkwiler Seebach natürlich mit Sauerstoff angereichert wird. Und (3) Sedimententnahme im Uferbereich: Die Sedimententnahme 2018/2019 war die umfangreichste Massnahme. Nach einer Voruntersuchung (2014/2015) wurde ein 15 Meter breiter Baggerungsperimeter im Teichrosengürtel definiert. Taucher verlegten die einheimischen Teichmuscheln von dort in Schonzonen, Teichrosen wurden samt Wurzeln entfernt, und rund 15'000 m³ Sediment in dem definierten Bereich abgesaugt, entwässert und auf umliegende Felder verteilt. Seitdem treten zwar weiterhin Sauerstoffmangelphasen auf, jedoch bisher ohne grosses Fischsterben. Die offene Wasserfläche ist wieder grösser, da Teichrosen die Fläche kaum wiederbesiedelt haben. Der Teichmuschelbestand ist allerdings seit der ersten Pilot-Sammelaktion im März 2011 drastisch zurückgegangen, wie die Kontrolluntersuchungen im Jahr 2024 verdeutlichten ([Bericht «Erfolgskontrolle Inkwilersee - Muschelmonitoring»](#)). Inwieweit die Schlammmentnahme in den Jahren 2018/2019 bzw. die damit verbundene Umsiedlung dazu beigetragen hat, ist nicht bekannt.

Der See wird zweimal jährlich im Rahmen des kantonalen Gewässermonitorings untersucht, wobei insbesondere die Entwicklung der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen sowie die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser beobachtet werden ([Kantonales Geoportal](#)). Der vorliegende Bericht fokussiert auf die zusätzlichen Ergebnisse im Rahmen des Kleinseen Monitoring Programms.

Nährstoffgehalte

In See-Ökosystemen regulieren die beiden Nährstoffe Phosphor und Stickstoff das Wachstum von Pflanzen und Algen, welche die Basis des Nahrungsnetzes bilden. Hohe Einträge dieser Nährstoffe führen zu einer übermässigen Bildung von Algen und zu einer Verschlechterung der Gewässerqualität. Dieser Prozess wird als Eutrophierung bezeichnet. Die Gewässerschutzverordnung gibt vor, dass ein gesundes Ökosystem ohne schädliche Auswirkungen der Eutrophierung, wie Sauerstoffmangel, erhalten werden soll. Dazu ist festgelegt, dass «der Nährstoffgehalt höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen darf; besondere natürliche Verhältnisse

Trophischer Zustand



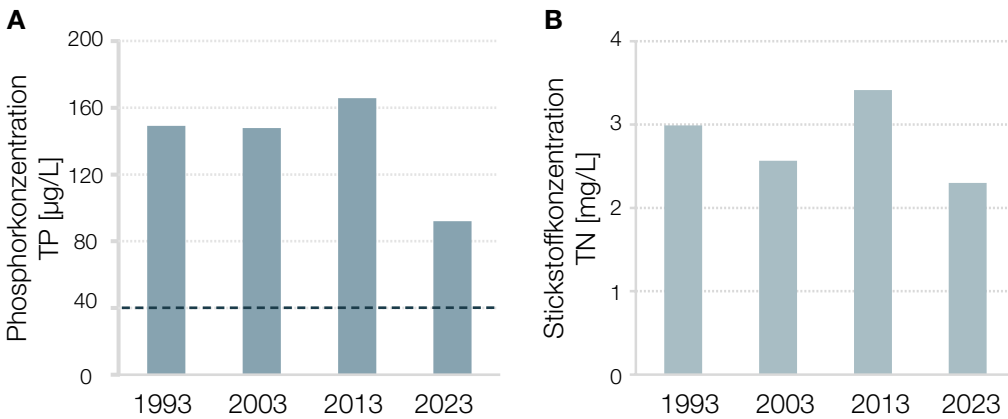
Trophische Skala für Seen mit Angabe des natürlichen Zustands und des aktuellen Zustands. Je stärker die anthropogenen Einflüsse sind, desto mehr weichen die Zustände voneinander ab.

bleiben vorbehalten» (GSchV, Anh. 2, Ziff. 13.2).

Der trophische Zustand eines Sees beschreibt, wie nährstoffreich und produktiv er ist - und damit auch, wie gut er als gesundes und vielfältiges Ökosystem funktionieren kann. Zur Bestimmung werden mehrere Indikatoren herangezogen - insbesondere der Phosphorgehalt, der meist das Algenwachstum limitiert, aber auch die Wasserklarheit (Sichttiefe), die Temperaturentwicklung und die Algenbiomasse. Basierend auf diesen Indikatoren reicht die Klassifizierung von oligotroph für nährstoffarme, über mesotroph für mässig nährstoffreiche, und eutroph für nährstoffreiche, bis hypertroph für extrem mit Nährstoffen belastete Seen. Ein Vergleich zwischen dem natürlichen Zustand - ohne oder mit minimaler menschlicher Beeinflussung - und dem aktuellen trophischen Zustand gibt Hinweise auf das Ausmass der anthropogenen Eutrophierung. Unter anderem führen Siedlungsentwicklung, Abholzung, landwirtschaftliche Düngung, Drainagen, Abwassereinleitungen, Hochwasserentlastungen und künstliche Seeabsenkungen zu verstärkten Nährstoffeinträgen und können die Produktivität des Sees über das natürliche Mass hinaus erhöhen.

Im Inkwilersee haben sich die Nährstoffkonzentrationen leicht verbessert. Zwischen 1993 und 2013 bewegten sich die Phosphorkonzentrationen in einem relativ stabilen Bereich. Im Jahr 2023 wurde jedoch ein deutlicher Rückgang festgestellt - eventuell infolge der Installation der Tiefenwasserableitung 2013 (siehe «Allgemeines») und einer extensiveren Bewirtschaftung im näheren Einzugsgebiet. Obwohl die Konzentrationen zuletzt zurückgegangen sind, liegen sie während gesamten Jahres weiterhin deutlich oberhalb der allgemeinen Zielkonzentration, welche die Produktivität

Entwicklung der Nährstoffe



Phosphor- (A) und Stickstoffentwicklung (B). Durchschnittliche Konzentration des gesamten Seevolumens. Die horizontale Linie stellt die Zielkonzentration für Phosphor (40 µg/L) dar, die ein natürlicherweise oligo- bis mesotropher See nicht überschreiten sollte.

natürlicherweise meso- bis eutropher Seen auf einem mässigen Niveau begrenzen soll. Die Stickstoffkonzentrationen zeigen hingegen kein vergleichbares Muster und bleiben über die Untersuchungsjahre hinweg relativ konstant.

Der Inkilsee hatte natürlicherweise einen hohen Nährstoffgehalt und lag deswegen ursprünglich im eutrophen Bereich (Referenzwert, LAWA 1998). Durch die vom Menschen verursachten Nährstoffbelastung im Einzugsgebiet wurde der See noch nährstoffreicher geworden und befindet sich, basierend auf der aktuellen Bewertung im Rahmen des Monitorings (Berechnung mittels LAWA 2014), heute im Grenzbereich zwischen nährstoffreich (eutroph) und sehr nährstoffreich (polytroph). Die zunehmende Eutrophierung des Sees verschlechterte die Gesamtsituation des Ökosystems, welche auch das Sauerstoffgleichgewicht beeinflusste.

Sauerstoff & Temperatur

Der Inkilsee gehört mit etwa 5 Metern Tiefe noch zu den flachen Seen. In tieferen Seen können sich stabile Temperaturschichten bilden (Stagnation), die verhindern, dass sauerstoffreiches Wasser aus der Oberfläche in die Tiefe gelangt - vor allem im Sommer kann dies über mehrere Monate zu anhaltendem Sauerstoffmangel am Grund führen. Im Inkilsee verhindert die geringe Tiefe solche längeren Stagnationsphasen. Wind und Temperaturschwankungen reichen aus, um die gesamte Wassersäule durchzumischen (Zirkulieren), was das Risiko eines längerfristigen Sauerstoffmangels in der Nähe des Sediments generell verringert. Trotz dieser wiederkehrenden Zirkulation können in einem so nährstoffreichen Kleinsee wie

dem Inkilsee dennoch Sauerstoffprobleme auftreten, da biologische Prozesse das gesamte Wasservolumen betreffen.

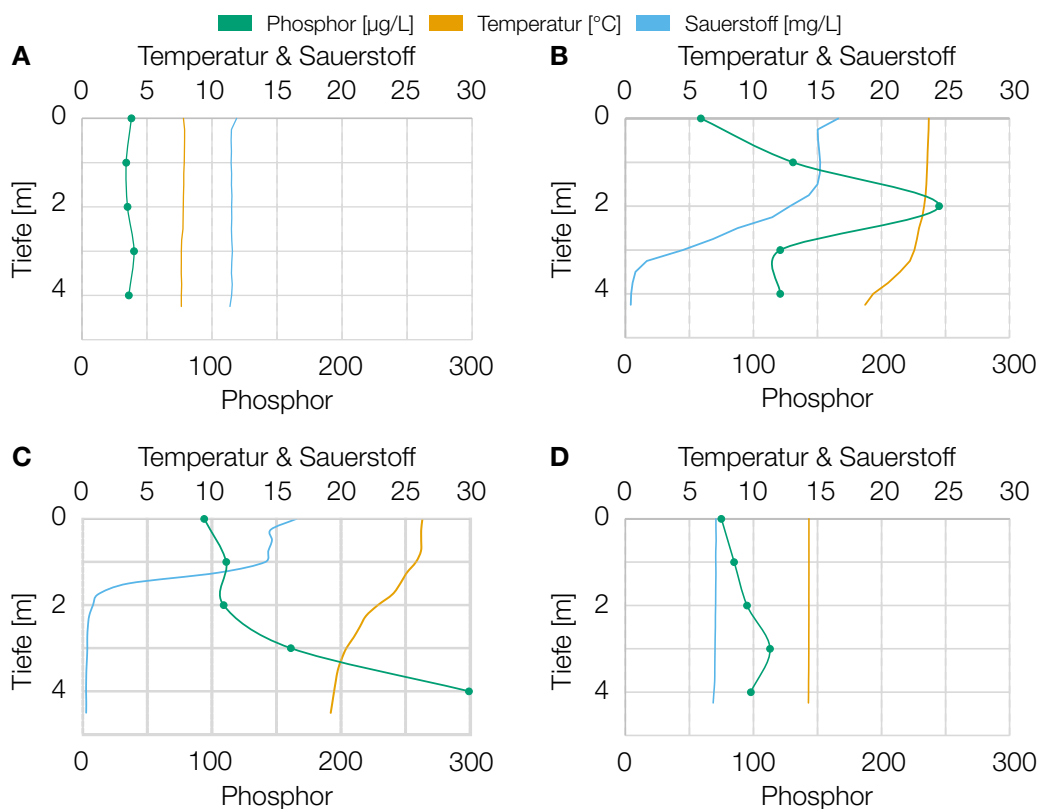
Die geringe Tiefe ermöglicht es Wasserpflanzen (Makrophyten), in weiten Teilen des Sees zu wachsen. Zudem führt sie dazu, dass sich das Wasser stärker erwärmt, was biologische Prozesse beschleunigt und das Wachstum von Mikroalgen und Makrophyten fördert. Tagsüber produzieren Mikroalgen und Makrophyten durch Photosynthese Sauerstoff und verbrauchen diesen gleichzeitig durch Atmung, ebenso wie alle anderen Gewässerlebewesen. Nachts entfällt die Sauerstoffproduktion, während die Atmung weiterläuft. Dies führt zu starken Schwankungen: Tagsüber kann der Sauerstoffgehalt sehr hoch werden (Übersättigung), nachts sinkt er deutlich ab. Gleichzeitig zersetzen Bakterien am Seegrund organisches Material wie abgestorbene Algen und Laub, verbrauchen dabei Sauerstoff und setzen Nährstoffe wie Phosphat und Ammonium ins Wasser frei.

Diese Prozesse variieren stark im Jahresverlauf. Im Frühling verbessern sich die Lichtverhältnisse, und die Photosynthese von Mikroalgen und Makrophyten nimmt zu - das führt in der Regel zu guten Sauerstoffverhältnissen (März 2023). Im Sommer erreicht die biologische Produktivität ihren Höhepunkt mit den ausgeprägtesten täglichen Sauerstoffschwankungen. Bei ruhigem Wetter können Stagnationsphasen über mehrere Tage bis Wochen auftreten, während derer sich sauerstoffarme Verhältnisse entwickeln. Dabei bilden sich vertikale Gradienten: Der Sauerstoffgehalt nimmt mit der Tiefe ab, während sich Nährstoffe wie Phosphat und Ammonium am Grund anreichern (Juni & August). Im Herbst nehmen Lichtintensität und Temperatur ab.

Die Photosynthese wird eingeschränkt, während der Abbau organischen Materials - einschliesslich der über den Sommer angesammelten Biomasse - weiterläuft. Dies führt zu allmählich abnehmenden Sauerstoffkonzentrationen (Oktober). Obwohl vorübergehende Abnahmen des Sauer-

Niedrige Sauerstoffgehalte führen zudem zur Anreicherung potenziell schädlicher Stoffe (z.B. Schwefelwasserstoff, Ammonium und Eisen) in den tieferen Wasserschichten. Wenn es zur Zirkulation kommt, verteilen sich diese Stoffe im gesamten See und verbrauchen rasch den verfüg-

Saisonale Tiefenprofile



Tiefenprofil im März (A) und Oktober (D) 2023 während der Zirkulationsphase sowie Juni (B) und August (C) 2023 während der Stagnationsphase. Dargestellt sind Temperatur und Sauerstoffgehalt (obere Achse) sowie Phosphorgehalt (untere Achse) im Tiefenverlauf.

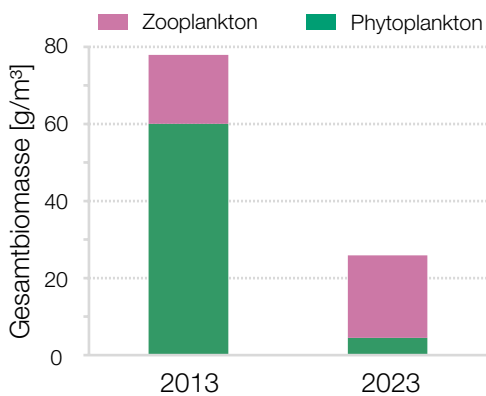
stoffgehalts in solchen Systemen nicht ungewöhnlich sind, kann sich dies durch eine erhöhte Biomasseproduktion wegen erhöhter Nährstoffeinträge verstärken.

Der Inkwylersee erfüllt diese Anforderung seit 1993 nicht. In der Gewässerschutzverordnung wird spezifiziert, dass der Sauerstoffgehalt im gesamten Seewasser unabhängig von der Jahreszeit mindestens 4 mg/L betragen muss; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten (GSchV, Anhang 2, Nr. 13.3b). Auch im 2023 konnte im Inkwylersee keine Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse beobachtet werden. Bei stabilen Schönwetterbedingungen verringert sich der Sauerstoffgehalt derart, dass rund 40% des Seevolumens für Gewässerorganismen wie Fische und Insektenlarven als Lebensraum nicht mehr nutzbar sind. Zeitweise leidet der gesamte See bis an die Wasseroberfläche unter Sauerstoffmangel.

baren Sauerstoff. Dies kann zu plötzlichen Sauerstoffeinbrüchen führen, die Wasserorganismen stark belasten oder sogar zu Fischsterben führen. Aufgrund des geringen Wasservolumens ist der Inkwylersee für solche Ereignisse besonders anfällig.

Eine zentrale Ursache für die erhöhten Phosphorwerte im Inkwylersee sind einerseits den Einträgen aus dem Einzugsgebiet und andererseits die Freisetzung von Phosphor aus dem Seesediment, in dem Phosphor aus früheren Nährstoffeinträgen gespeichert wurde. Wenn das Tiefenwasser kaum noch Sauerstoff enthält, wird dieser Phosphor wieder ins Wasser abgegeben. Dadurch werden Algen das ganze Jahr über mit zusätzlichen Nährstoffen versorgt, was zu verstärktem Algenwachstum führt. Beim Abbau dieser Algenmasse wird wiederum mehr Sauerstoff verbraucht - ein selbstverstärkender Kreislauf (August 2023). Diese interne Nährstoff-Quelle kann sogar grösser sein als die heutigen exter-

Entwicklung der Plankton Gesamtbiomasse



Mittlere Gesamtbiomasse des Planktons als Summe des Phyto- und Zooplanktons [g/m³].

nen Einträge. Um diesen Teufelskreis zu durchbrechen, ist es dennoch essenziell, die externen Phosphor-/Nährstoffeinträge möglichst stark zu reduzieren. Dies ist umso wichtiger, da der kleine See eine geringere Verdünnungskapazität hat und externe Einträge sich stärker auswirken. Nur so können die Sauerstoffverhältnisse langfristig verbessert und ein gesundes Ökosystem ermöglicht werden.

Plankton

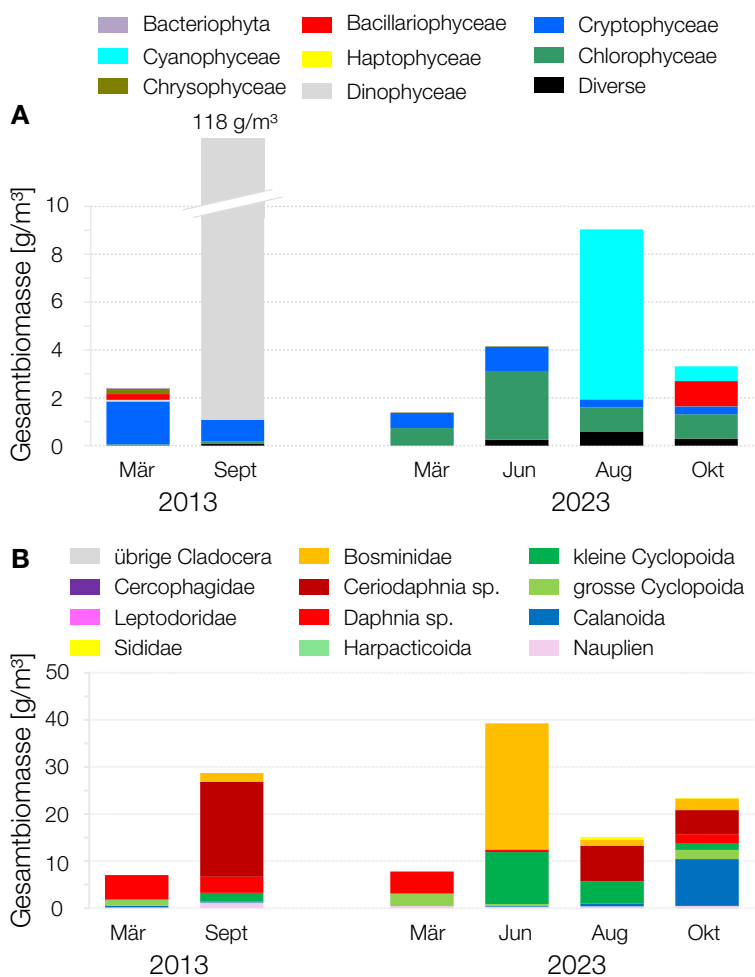
Plankton bildet die Basis der Seeökosysteme bzw. des Nahrungsnetzes. Phytoplankton (Algen und Cyanobakterien) vermehren sich mit Hilfe von Sonnenlicht und Nährstoffen, während Zooplankton (z. B. Krebstiere und Insektenlarven) sich davon ernährt und wiederum als Nahrung für Fische dient. Phyto- und Zooplankton stehen in enger Wechselwirkung, was zu natürlichen Biomassenschwankungen führt - Biomasse beschreibt die Menge an Leben im See. Die Interpretation von Veränderungen in Planktongemeinschaften ist komplex. Natürliche Schwankungen, kurze Generationszeiten und die dynamische Zusammensetzung der Organismen können zudem je nach Probenahmezeitpunkt variierende Ergebnisse liefern. Dennoch ist die Überwachung unerlässlich, da Plankton empfindlich auf physikalische, chemische und biologische Veränderungen reagiert. Aus diesem Grund und wegen ihrer zentralen ökologischen Rolle werden sowohl Phyto- als auch Zooplankton (Krebstierarten) im Rahmen des Kleinseen-Monitorings erfasst.

Im Inkwilensee war die Gesamtbiomasse des Planktons im Jahr 2023 deutlich niedriger als im vorherigen Untersuchungsjahr,

was vor allem auf die niedrigere Biomasse des Phytoplanktons zurückzuführen ist - beziehungsweise auf das Fehlen des Biomasse-Maximums wie im 2013.

Insgesamt erreichte die Phytoplankton-Biomasse 2023 zeitweise relativ hohe Werte im Jahresverlauf, was auf eine sehr hohe Nährstoffverfügbarkeit hinweist. Auffallend war die Variabilität der Artenzusammensetzung des Phytoplanktons über das Jahr hinweg, wobei die Dominanz der Algengruppe unterschiedlich war - meist waren es zudem wenige Arten oder sogar nur eine Art, welche stark vertreten war. So dominierte im August die fädige Blaualge (*Dolichospermum sp.*, Cyanophyceae) während im Juni verschiedene Grünalgen

Entwicklung der Planktonzusammensetzung



Phytoplankton (A) und Zooplankton (B) Biomasse [g/m³] als Summe der beobachteten Arten-Gruppen.

(Chlorophyceae) die grösste Biomasse bildeten, darunter nicht bewegliche Einzelzellen wie *Planktosphaeria sp.* und Kolonien der Gattung *Pediastrum sp.* Im Herbst traten Kieselalgen (Bacillariophyceae) mit

einem verhältnismässig hohen Biomasseanteil auf.

Die Biomasse des Zooplanktons erreichte 2023 ähnlich hohe Werte wie 2013 und lag damit im typischen Bereich sehr flacher Kleinseen ohne Tiefenzone. Die Artenzusammensetzung zeigte jahreszeitliche Unterschiede. Im März dominierten die grossen Wasserflöhe (*Daphnia sp.*) und die grossen Hüpferlinge (*Cyclops vicinus*, grosse Cyclopodia). Im Juni wurde eine Massenentwicklung von Rüsselkrebschen (*Bosmina longirostris*, Bominidae) beobachtet, ergänzt durch einen hohen Biomasseanteil der kleinen Hüpferlinge (*Mesocyclops leuckartii*, kleine Cyclopodia). Im August kamen Litoral-Wasserflöhe (*Ceriodaphnia sp.*) dazu, und im Oktober traten alle Arten sowie ein grosses Aufkommen von Schwebekrebschen (*Eudiaptomus gracilis*, Calanoida) auf. Im Sommer und Herbst konnten zusätzlich verschiedene Rädertiere (*Asplanchna sp.*, *Keratella sp.*) und Muschelkrebse beobachtet werden.

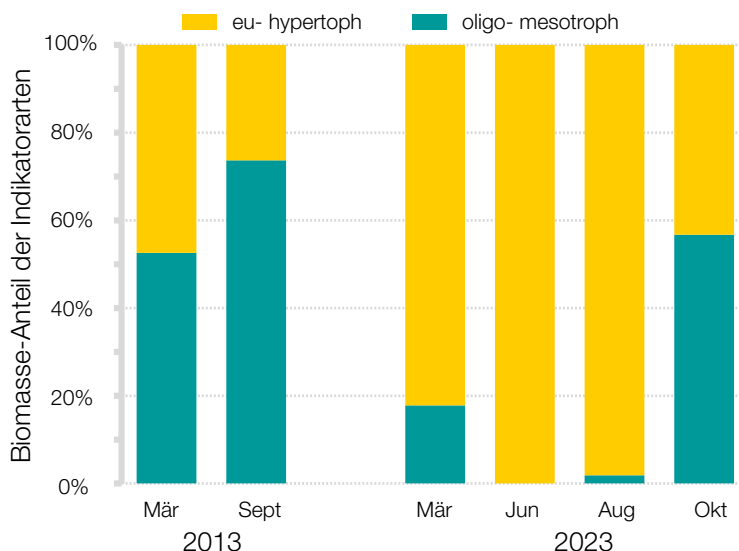
Neben der Biomasse liefert auch die Zusammensetzung der Planktongemeinschaften wertvolle Hinweise auf den ökologischen Zustand eines Gewässers. Bestimmte Phytoplanktongruppen gelten als Indikatorarten für den Nährstoffgehalt des Wassers. Auch wenn es keine allgemein anerkannten Indikatorarten für Zooplankton gibt, liefern deren Populationsdynamik und Veränderungen in der Gemeinschaftsstruktur wichtige Informationen über Umweltbelastungen wie Nährstoffanreicherung, Sauerstoffmangel oder erhöhten Frassdruck.

Im Inkwilensee weist die Zusammensetzung der Phytoplankton-Indikatorarten gegenüber 2013 eine Verschlechterung auf. Der Biomasseanteil der Arten für gedüngte bis stark gedüngte (eu- bis hypertroph) Gewässer hat im Vergleich zu 2013 deutlich zugenommen und überwiegt nun den Anteil der Indikatorarten für kaum bis mässig gedüngte (oligo- mesotroph) Bedingungen.

Die beobachteten Schwankungen in der Zooplanktonzusammensetzung sind typisch für ein eutrophes und flaches Klein-
gewässer.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Plankton-Untersuchungen 2023 den stark eutrophen Zustand des Inkwilensees bestätigen. Die insgesamt

Phytoplankton nach Nährstoffpräferenz



Prozentuale Verteilung der Biomasse der Indikatorarten für verschiedene Trophiestufen des Phytoplanktons (Zuordnung gemäss PTSI Indikatorliste Version 8.0.x, Stand März 2022, gewässer-bewertung-berechnung.de). Gelb = gedüngt bis sehr stark gedüngt, Grün = kaum bis mässig gedüngt.

hohe Phytoplankton-Biomasse, die starke monatliche Variabilität der Phyto- und Zooplanktonzusammensetzung und die zunehmende Anzahl von Indikatorarten für gedüngte bis stark gedüngte (eu- bis hypertroph) Gewässer untermauern dies.

Umwelt DNA (eDNA)

Organismen hinterlassen in ihrer Umwelt (Luft, Boden, Wasser) nachweisbare Spuren in Form von DNA-Fragmenten. Diese DNA wird als Umwelt-DNA (engl. Environmental DNA, kurz eDNA) bezeichnet. Die erstmals im Rahmen des Monitorings entnommenen eDNA-Wasserproben wurden auf verschiedene Artengruppen (Fische, Eukaryoten/Insekten, Weichtiere und Amphibien) untersucht, um einen Einblick in die Artenvielfalt des untersuchten Gewässers zu erhalten (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

Der Inkwilensee liegt in Bezug auf die mit eDNA ermittelte Diversität im Mittelfeld der zehn untersuchten Kleinseen. Beispielsweise wurde keine DNA von Eintagsfliegen und Libellen nachgewiesen. Der fehlende Nachweis dieser Gruppen könnte darauf zurückzuführen sein, dass sie entweder tatsächlich nicht vorkamen oder dass ihre DNA aufgrund der beeinträchtigten Probenqualität (Inhibition) nicht detektiert werden konnte. Auffällig war die DNA des nicht heimischen Sonnenbarsch (*Lepomis gibbosus*). Ursprünglich aus Nordamerika kommend ist er ein beliebter Teich- und



Feldarbeit zur eDNA-Probenahme: Wasser wird sorgfältig gefiltert, um genetische Spuren aquatischer Organismen zu erfassen

Aquarienfisch, welcher mittlerweile in vielen Schweizer Gewässern anzutreffen ist. Ein weiterer interessanter Fund ist, dass die Untersuchungen zudem «alte Bekannte» wie den Biber bestätigten, welcher seit mehreren Jahren in der Region vorkommt.

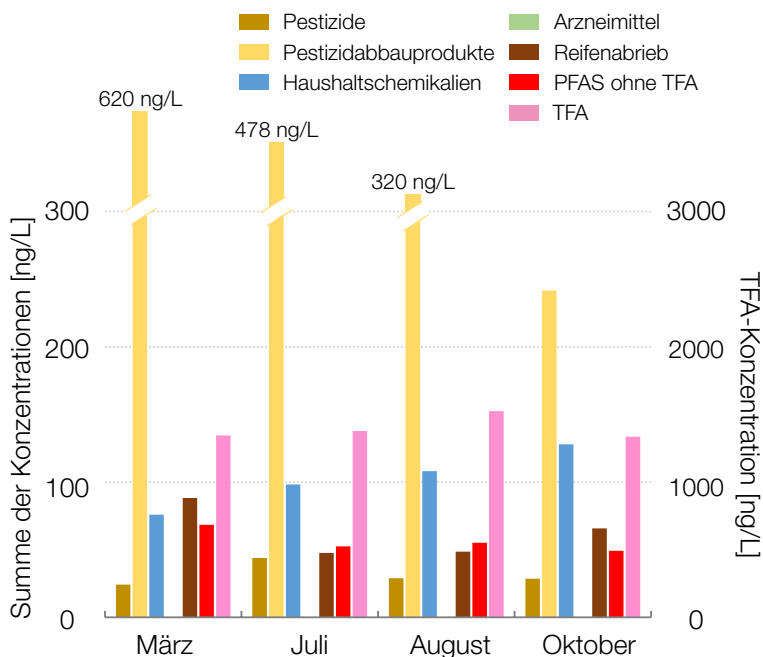
Mikroverunreinigungen

Mikroverunreinigungen sind chemische Spurenstoffe, die in den Gewässern in sehr tiefen Konzentrationen (Mikrogramm pro Liter oder tiefer) vorkommen. Trotz ihrer geringen Konzentration können einige Stoffe negative Auswirkungen auf aquatische Lebewesen haben. Bestimmte Substanzen sind schwer oder nicht abbaubar und problematisch, da sie in der Umwelt angereichert werden. Mikroverunreinigungen gelangen über Punktquellen (z.B. Kläranlagen, Entlastungen der Kanalisation bei Regen) und diffuse Quellen (z.B. Landwirtschaft, Deponien oder Altlasten) in die Gewässer und können in ihrer ursprünglichen Form als Ausgangssubstanzen oder in abgewandelter Form als Abbauprodukt vorkommen. Im Rahmen des Kleinseen-Monitorings 2023 wurden 180 organische Mikroverunreinigungen aus verschiedensten Anwendungsbereichen untersucht.

Im Inkwilersee wurden insgesamt 21 organische Substanzen nachgewiesen. Diese stammen vorwiegend aus landwirtschaftlichen und Haushaltsquellen. Darunter befinden sich Pestizidabbauprodukte in hohen Konzentrationen. Ein ökotoxikologisches Risiko für die Organismen zeigte eine einzelne Messung von PFOS, welches zu den Ewigkeitschemikalien gehört.

Bei den Abbauprodukten von Pflanzenschutzmitteln stechen vor allem die langlebigen Abbauprodukte der nicht mehr verwendeten Pflanzenschutzmittel Chlordazon, Chlorothalonil und Metolachlor hervor. Wobei Letzteres erst seit 2025 nicht mehr zugelassen ist. Der Einfluss der landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet ist zudem im hohen Wert von TFA (Trifluoressigsäure) sichtbar. Die Konzentrationen an TFA sind in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft erhöht gegenüber Gebieten ohne Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. TFA ist ein Abbauprodukt von Pflanzenschutzmitteln aber auch z.B. von Kältemitteln und gehört zur Gruppe der PFAS, den sogenannten Ewigkeitschemikalien. Neben TFA wurden vier weitere PFAS nachgewiesen, darunter auch

Mikroverunreinigungen im Jahresverlauf



Summe der Konzentrationen pro Stoffgruppe (gruppiert gemäss ihrer Verwendung) im Jahr 2023. TFA ist aufgrund deutlich höherer Konzentrationen auf einer separaten (rechten) y-Achse mit einer um den Faktor 10 höheren Skalierung dargestellt.

TFMS sowie PFOS in tiefer Konzentration. Im Herbst überschreitet dieses das ökotoxikologische Qualitätskriterium knapp. Mit den chronischen Qualitätskriterien, die für ein Monitoring der Gewässerqualität empfohlen werden, können Belastungen über einen längeren Zeitraum beurteilt werden. Ist die Umweltkonzentration grösser als ein ökotoxikologisches Qualitätskriterium, so kann ein Risiko für Organismen angenommen werden.

In tiefen und relativ konstanter Konzentration lassen sich künstliche Süsstoffe sowie ein verbreitetes Korrosionsschutzmittel aus häuslichem Abwasser nachweisen. Diese sind vermutlich auf Entlastungen des Kanalsystems bei Starkregen zurückzuführen. Auch im Inkwilersee, wie in den meisten anderen seen lassen sich in tiefen Konzentrationen zwei verbreitete Zusatzstoffe aus dem Pneuabrieb aufspüren.

Weiterführende Links

[Berichte Kleinseen-Monitoring 2023](#)
[Berichte zur Gewässerqualität](#)
[Weitere Themen zur Gewässerqualität](#)

Impressum

AWA, Gewässer- und Bodenschutzlabor
 Schermenweg 11
 3014 Bern



Ökologisches Monitoring Berner Kleinseen

Zustand des Lobsigensees

Der Lobsigensee ist ein wertvoller Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Er befindet sich jedoch in einem zunehmend schlechten ökologischen Zustand. Er erfüllt die gesetzlichen Anforderungen bezüglich Sauerstoff- und Nährstoffgehalt nicht. Der See weist die höchsten Phosphorkonzentrationen (Nährstoff) aller zehn untersuchten Kleinseen auf. Seit 2013 hat sich die Situation deutlich verschlechtert, sowohl in Bezug auf Phosphorgehalt als auch auf den Sauerstoffmangel. Die Gründe sind (frühere) hohe Nährstoffeinträge - mehr als es natürlicherweise der Fall wäre - und eine veränderte Seendynamik, u.a. da die Tiefe sich wegen eines Biberdammes verdoppelt hat. Die PFOS-Konzentration (Ewigkeitschemikalie) und die Konzentration eines Pestizids sind zum Teil so hoch, dass schädliche Wirkungen auf Wasserlebewesen nicht ausgeschlossen werden können.



Monitoring des Lobsigensees

Der Lobsigensee ist ein landwirtschaftlich geprägter See, der seit Beginn des kantonalen Kleinseen-Monitorings im Jahr 1993 Teil des Programms ist (siehe Box). Das Monitoring findet alle 10 Jahre statt und wurde zuletzt im Jahr 2023 wiederholt. Um die jahreszeitliche Entwicklung grob zu erfassen, wurden Proben im Frühjahr, Sommer (2x) und Herbst entnommen.

Da kleine stehende Gewässer im Verlauf eines Jahres bezüglich Nährstoffeintrag, Temperaturverhältnissen und Algenproduktion stark variieren können, kann mit der geringen Probenanzahl nicht die ganze Dynamik dieser Ökosysteme erfasst werden. Die Daten sind jedoch ausreichend, um eine Beurteilung des Gewässers vorzunehmen. Der vorliegende Bericht gibt einen

Überblick über die Zustandsentwicklung des Lobsigensees in den letzten 30 Jahren.

Kleinseen-Monitoring

Das Kleinseen-Monitoring im Kanton Bern wurde in den Jahren 1993, 2003, 2013 und zuletzt im Jahr 2023 durchgeführt. Alle 10 Jahre wurden in einer repräsentativen Auswahl von 10 Seen bis zu 4-mal pro Jahr Proben genommen, um deren Entwicklung zu erfassen. An der tiefsten Stelle jedes Sees wurden Tiefenprofile für physikalische Parameter (z.B. Temperatur, Sauerstoff) sowie chemische (z.B. Nährstoffgehalt, Mikroverunreinigungen) und biologische Proben (Plankton) untersucht. Zusätzlich zu diesem regelmässigen Überwachungsprogramm wurden im Juni 2023 Umwelt-DNA-Proben (eDNA) entnommen, um einen groben Überblick über die Artenvielfalt in jedem See zu erhalten. Weitere Informationen unter:

www.be.ch/gewaesserqualitaet



Allgemeines

Der Lobsigensee liegt in der Gemeinde Seedorf im Berner Mittelland, rund ein Kilometer südwestlich von Seedorf, nahe den Ortschaften Aarberg. Der See liegt auf 514 Metern über Meer, ist aktuell maximal 4 Meter tief und zählt zu den kleinen Seen der Region.

Eckdaten zum See und Einzugsgebiet

A

Einzugsgebiet [ha]	749
Höhe des Seespiegel [m.ü.M.]	948
Seefläche [ha]	5
Maximale Seetiefe [m]	4
Volumen [m³]	1'377

Das umliegende Einzugsgebiet - also die Landschaft, aus der Wasser in den See gelangt - prägt die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Wasserzufuhr und beeinflusst damit direkt die Wasserqualität. Charakteristisch für das Einzugsgebiet des Lobsigensees sind landwirtschaftlich genutzte Flächen. Der See wird primär durch Niederschläge mit Oberflächenabfluss sowie durch Grundwasserinfiltration gespeist. Zusätzlich kann die Wasserqualität gelegentlich durch häusliche Abwässer beeinträchtigt werden.

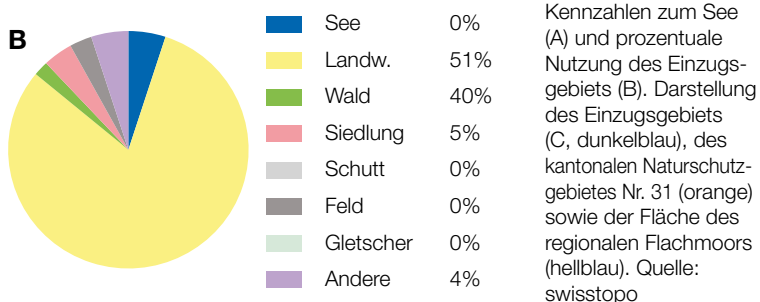
Seit 1955 steht der Lobsigensee unter Naturschutz. Im Jahr 2023 wurde das Naturschutzgebiet erweitert. Am nordwestlichen Ufer zeugen Pfahlbauten von der frühen Besiedlung des Standorts - diese gehören zum UNESCO-Weltkulturerbe.

In den letzten Jahren hat ein Biber am Seeabfluss einen Damm errichtet, der die Gewässerdynamik grundlegend verändert hat. Die Wassertiefe verdoppelte sich von ursprünglich zwei auf vier Meter, während sich gleichzeitig die Seefläche auf über 5 Hektaren vergrösserte. Die neue Uferzone ist grösstenteils weniger als 0.5 Meter tief und weist ein vielfältiges Mosaik von mit Sumpfpflanzen bewachsenen und offenen Wasserflächen auf, was vermutlich auf die extensive Beweidung durch Wasserbüffel zurückzuführen ist. Nebst den sichtbaren Veränderungen in der Uferzone änderten auch die physikalischen und chemischen Prozesse im See deutlich.

Nährstoffgehalte

In See-Ökosystemen regulieren die beiden Nährstoffe Phosphor und Stickstoff das Wachstum von Pflanzen und Algen, welche die Basis des Nahrungsnetzes bilden. Hohe Einträge dieser Nährstoffe führen zu einer übermässigen Bildung von Algen und zu einer Verschlechterung der Gewässerqualität. Dieser Prozess wird als Eutrophie-

B



C

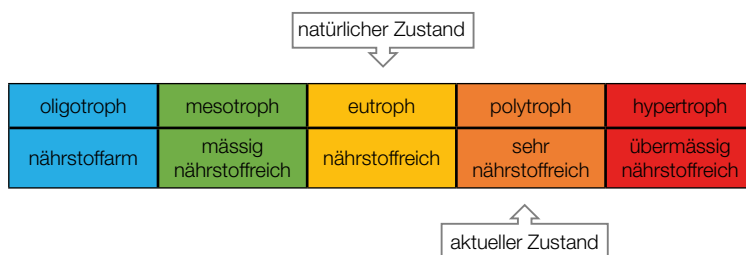


ung bezeichnet. Die Gewässerschutzverordnung gibt vor, dass ein gesundes Ökosystem ohne schädliche Auswirkungen der Eutrophierung, wie Sauerstoffmangel, erhalten werden soll. Dazu ist festgelegt, dass «der Nährstoffgehalt höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen darf; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten» (GSchV, Anh. 2, Ziff. 13.2).

Der trophische Zustand eines Sees beschreibt, wie nährstoffreich und produktiv er ist - und damit auch, wie gut er als gesundes und vielfältiges Ökosystem funktionieren kann. Zur Bestimmung werden mehrere Indikatoren herangezogen - insbesondere der Phosphorgehalt, der meist das Algenwachstum limitiert, aber auch die Wasserklarheit (Sichttiefe), die Tempe-

raturentwicklung und die Algenbiomasse. Basierend auf diesen Indikatoren reicht die Klassifizierung von oligotroph für nährstoffarme, über mesotroph für mässig nährstoffreiche, und eutroph für nährstoffreiche, bis hypertroph für extrem mit Nährstoffen belastete Seen. Ein Vergleich zwischen dem natürlichen Zustand - ohne oder mit minimaler menschlicher Beeinflussung - und dem aktuellen trophischen Zustand gibt Hinweise auf das Ausmass der anthropogenen Eutrophierung. Unter anderem führen Siedlungsentwicklung, Abholzung, landwirtschaftliche Düngung, Drainagen, Abwassereinleitungen, Hochwasserentlastungen und künstliche Seeabsenkungen zu verstärkten Nährstoffeinträgen und können die Produktivität des Sees über das natürliche Mass hinaus erhöhen.

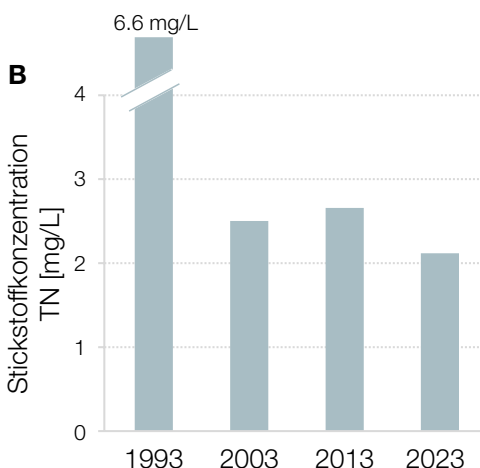
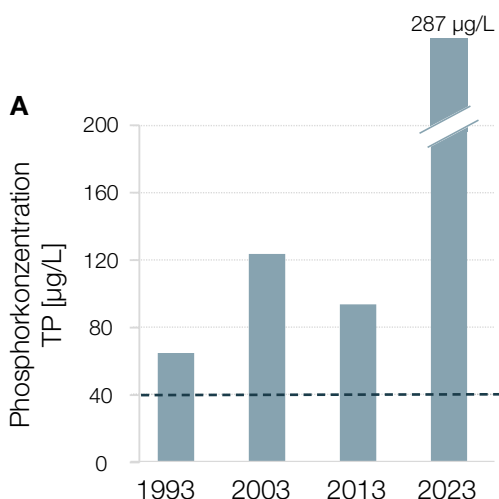
Trophischer Zustand



Trophische Skala für Seen mit Angabe des natürlichen Zustands und des aktuellen Zustands. Je stärker die anthropogenen Einflüsse sind, desto mehr weichen die Zustände voneinander ab.

absenkung um rund einen Meter im Jahr 1944 und durch die seit dieser Zeit intensivierte landwirtschaftliche Nutzung im Einzugsgebiet wurde der See nährstoffreicher. Durch den in letzten Jahren stattgefundenen

Entwicklung der Nährstoffe



Phosphor- (A) und Stickstoffentwicklung (B). Durchschnittliche Konzentration des gesamten Seevolumens. Die horizontale Linie stellt die Zielkonzentration für Phosphor ($40 \mu\text{g/L}$) dar, die ein natürlicherweise oligo- bis mesotropher See nicht überschreiten sollte.

Im Lobsigensee haben sich über einen Zeitraum von 30 Jahren die Konzentrationen von Phosphor und Stickstoff deutlich verändert. Die Phosphorkonzentrationen sind seit dem Jahr 1993 hoch und haben sich im Jahr 2023 mehr als verdoppelt. Im Lobsigensee wurde 2023 der Höchstwert aller untersuchten kleinen Seen ermittelt. Die Phosphorkonzentrationen lagen und liegen oberhalb der allgemeinen Zielkonzentration, welche die Produktivität natürlicherweise meso- bis eutropher Seen auf einem mässigen Niveau begrenzen soll. Stickstoffkonzentration ging bis Anfang der 2000er Jahre zurück und ist seither stabil geblieben.

Der Lobsigensee hatte natürlicherweise einen hohen Nährstoffgehalt und lag deswegen ursprünglich im eutrophen Bereich (Referenzwert, LAWA 1998). Durch die See-

nen Aufstau wurden aus der flachen Uferzone zusätzliche Nährstoffe eingetragen. Er befindet sich, basierend auf der aktuellen Bewertung im Rahmen des Monitorings (Berechnung mittels LAWA 2014) heute im sehr nährstoffreichen, polytrophen Zustand. Die zunehmende Eutrophierung des Sees verschlechterte die Gesamtsituation im Ökosystem See und auch das Sauerstoffgleichgewicht beeinflusste.

Sauerstoff & Temperatur

Der Lobsigensee gehört mit etwa 4 Metern Tiefe noch zu den flachen Seen. In tieferen Seen können sich stabile Temperaturschichten bilden (Stagnation), die verhindern, dass sauerstoffreiches Wasser aus der Oberfläche in die Tiefe gelangt - vor allem im Sommer kann dies über mehrere Monate zu anhaltendem Sauerstoffmangel

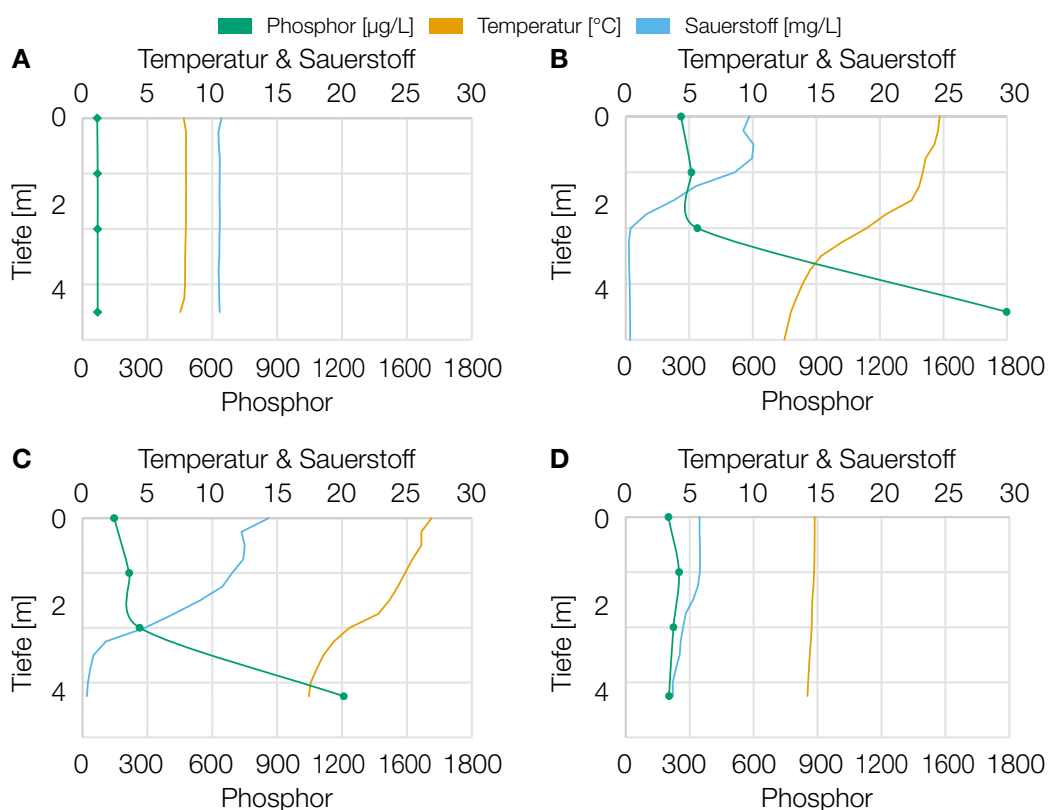
am Grund führen. Im Lobsigensee verhindert die geringe Tiefe solche längeren Stagnationsphasen. Wind und Temperaturschwankungen reichen aus, um die gesamte Wassersäule durchzumischen (Zirkulieren), was das Risiko eines längerfristigen Sauerstoffmangels in der Nähe des Sediments generell verringert. Trotz dieser wiederkehrenden Zirkulation können in einem so nährstoffreichen Kleinsee wie dem Lobsigensee dennoch Sauerstoffprobleme auftreten, da biologische Prozesse das gesamte Wasservolumen betreffen.

Die geringe Tiefe ermöglicht es Wasserpflanzen (Makrophyten), in weiten Teilen

zersetzen Bakterien am Seegrund organisches Material wie abgestorbene Algen und Laub, verbrauchen dabei Sauerstoff und setzen Nährstoffe wie Phosphat und Ammonium ins Wasser frei.

Diese Prozesse variieren stark im Jahresverlauf. Im Frühling verbessern sich die Lichtverhältnisse, und die Photosynthese von Mikroalgen und Makrophyten nimmt zu - das führt in der Regel zu guten Sauerstoffverhältnissen (März 2023). Im Sommer erreicht die biologische Produktivität ihren Höhepunkt mit den ausgeprägtesten täglichen Sauerstoffschwankungen. Bei ruhigem Wetter können daher Stagnations-

Saisonale Tiefenprofile



Tiefenprofil im März (A) und Oktober (D) 2023 während der Zirkulationsphase sowie Juni (B) und August (C) 2023 während der Stagnationsphase. Dargestellt sind Temperatur und Sauerstoffgehalt (obere Achse) sowie Phosphorgehalt (untere Achse) im Tiefenverlauf.

des Sees zu wachsen. Zudem führt die geringe Tiefe dazu, dass sich das Wasser stärker erwärmt, was biologische Prozesse beschleunigt und das Wachstum von Mikroalgen und Makrophyten fördert. Tagsüber produzieren Mikroalgen und Makrophyten durch Photosynthese Sauerstoff und verbrauchen diesen gleichzeitig durch Atmung, ebenso wie alle anderen Gewässerlebewesen. Nachts entfällt die Sauerstoffproduktion, während die Atmung weiterläuft. Dies führt zu starken Schwankungen: Tagsüber kann der Sauerstoffgehalt sehr hoch werden (Übersättigung), nachts sinkt er deutlich ab. Gleichzeitig

phasen über mehrere Tage bis Wochen auftreten, während derer sich sauerstoffarme Verhältnisse entwickeln. Dabei bilden sich vertikale Gradienten: Der Sauerstoffgehalt nimmt mit der Tiefe ab, während sich Nährstoffe wie Phosphat und Ammonium am Grund anreichern (Juni & August). Im Herbst nehmen Lichtintensität und Temperatur ab. Die Photosynthese wird eingeschränkt, während der Abbau organischen Materials - einschliesslich der über den Sommer angesammelten Biomasse - weiterläuft. Dies führt zu allmählich abnehmenden Sauerstoffkonzentrationen (Oktober). Seit dem Biberdamm am Ausfluss hat sich

die Wassertiefe des Lobsigensees erhöht. Dadurch reagiert der See weniger empfindlich auf Wind und thermische Schwankungen als zuvor, und es sind stärkere Kräfte nötig, damit das Wasser zirkulieren kann. Diese Entwicklung verändert die Seedynamik, die Wasserschichtungen werden tendenziell stabiler. Obwohl vorübergehende Abnahmen des Sauerstoffgehalts in solchen Systemen nicht ungewöhnlich sind, kann sich dieser durch eine erhöhte Biomasseproduktion wegen erhöhter Nährstoffeinträge verstärken.

Der Lobsigensee erfüllt die gesetzliche Anforderung an den Sauerstoffgehalt seit 1993 nicht. In der Gewässerschutzverordnung wird spezifiziert, dass der Sauerstoffgehalt im gesamten Seewasser unabhängig von der Jahreszeit mindestens 4 mg/L betragen muss; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten (GSchV, Anh. 2, Nr. 13.3b). Auch im 2023 konnte keine Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse beobachtet werden. Bei stabilen Wetterbedingungen fällt der Sauerstoffgehalt zeitweise so stark ab, dass rund 55 % des Seevolumens für Gewässerorganismen wie Fische und Insektenlarven nicht mehr nutzbar sind. Zeitweise leidet der gesamte See bis an die Wasseroberfläche unter Sauerstoffmangel (Oktober 2023).

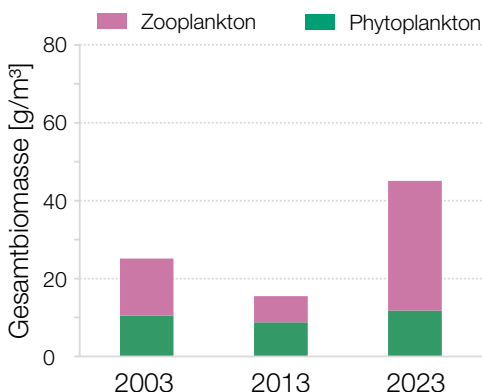
Niedrige Sauerstoffgehalte führen zudem zur Anreicherung potenziell schädlicher Stoffe (z.B. Schwefelwasserstoff, Ammonium und Eisen) in den tieferen Wasserschichten. Wenn es zur Zirkulation kommt, verteilen sich diese Stoffe im gesamten See und verbrauchen rasch den verfügbaren Sauerstoff. Dies kann zu plötzlichen Sauerstoffeinbrüchen führen, welche Wasserorganismen stark belasten oder sogar zu Fischsterben führen. Aufgrund des geringen Wasservolumens ist der Lobsigensee für solche Ereignisse besonders anfällig.

Eine zentrale Ursache für die erhöhten Phosphorwerte im Lobsigensee sind einerseits Einträgen aus dem Einzugsgebiet und andererseits die Freisetzung von Phosphor aus dem Seesediment, in dem Phosphor aus früheren Nährstoffeinträgen gespeichert wurde. Wenn das Tiefenwasser kaum noch Sauerstoff enthält, wird dieser Phosphor wieder ins Wasser abgegeben. Dadurch werden Algen das ganze Jahr über mit zusätzlichen Nährstoffen versorgt, was zu verstärktem Algenwachstum führt. Beim Abbau dieser Algenmasse wird wiederum

mehr Sauerstoff verbraucht - ein selbstverstärkender Kreislauf (August). Diese interne Nährstoff-Quelle kann sogar grösser sein als die heutigen externen Einträge. Um diesen Teufelskreis zu durchbrechen, ist es dennoch essenziell, die externen Phosphor-/Nährstoffeinträge möglichst stark zu reduzieren. Dies ist umso wichtiger, da der kleine See eine geringere Verdünnungskapazität hat und externe Einträge sich stärker auswirken. Zudem verstärkt der verringerte Abfluss das Problem, da Nährstoffe im See zurückgehalten werden. Nur so können die Sauerstoffverhältnisse langfristig verbessert und ein gesundes Ökosystem ermöglicht werden.

Plankton

Entwicklung der Plankton Gesamtbio-masse



Mittlere Gesamtbiomasse des Planktons als Summe des Phyto- und Zooplanktons [g/m³]).

Plankton bildet die Basis der Seeökosysteme bzw. des Nahrungsnetzes. Phytoplankton (Algen und Cyanobakterien) vermehren sich mit Hilfe von Sonnenlicht und Nährstoffen, während Zooplankton (z. B. Krebstiere und Insektenlarven) sich davon ernährt und wiederum als Nahrung für Fische dient. Phyto- und Zooplankton stehen in enger Wechselwirkung, was zu natürlichen Biomasseschwankungen führt - Biomasse beschreibt die Menge an Leben im See. Die Interpretation von Veränderungen in Planktongemeinschaften ist komplex. Natürliche Schwankungen, kurze Generationszeiten und die dynamische Zusammensetzung der Organismen können zudem je nach Probenahmezeitpunkt variierende Ergebnisse liefern. Dennoch ist die Überwachung unerlässlich, da Plankton empfindlich auf physikalische, chemische und biologische Veränderungen reagiert. Aus diesem Grund und wegen ihrer zentralen ökologischen Rolle werden sowohl Phyto- als auch Zooplankton (Krebstierarten) im Rahmen des Kleinseen-Monitorings erfasst.

Im Lobsigensee hat die Gesamtbiomasse des Planktons im Jahr 2023, im Vergleich zu den früheren Untersuchungen, zugenommen. Zurückzuführen ist dies auf den höheren Biomasseanteil des Zooplanktons. Der Biomassanteil des Phytoplanktons befindet sich in einer ähnlichen Grössenordnung wie in den Vorjahren.

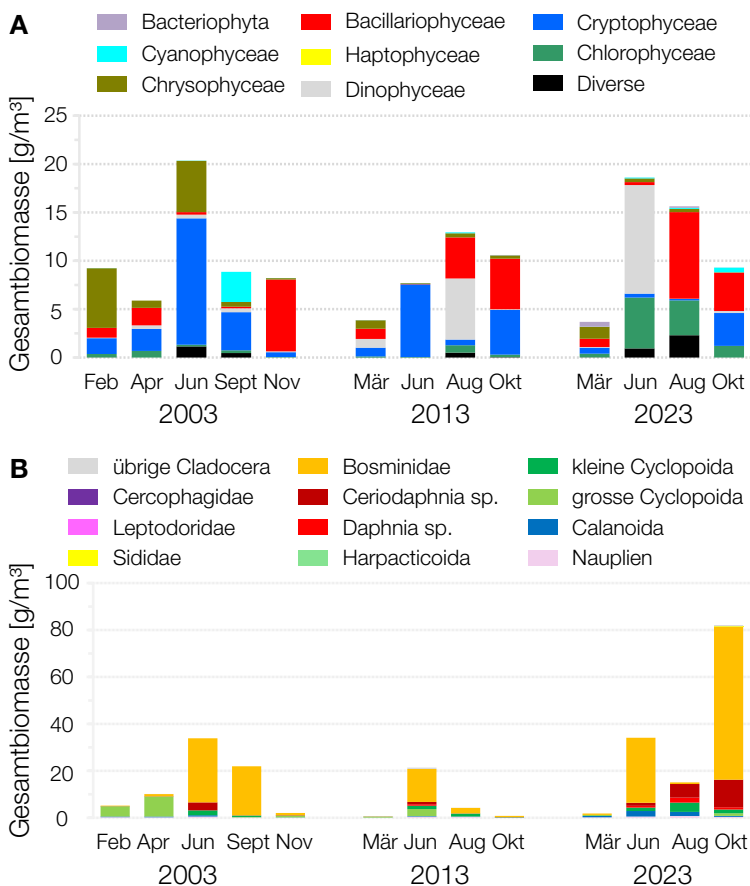
Bei der Phytoplankton-Biomasse am stärksten vertreten waren - wie bereits in den vorherigen Untersuchungen - Schlundalgen (Cryptophyceae) und Kieselalgen (Bacillariophyceae). Im Frühjahr trugen auch Goldalgen (Chrysophyceae) und Panzerflagellaten (Dinophyceae) deutlich zur Biomasse bei. Im Sommer 2023 fanden sich jedoch vermehrt Grünalgen (Chlorophyceae), die oft stärker gedüngte Gewässer besiedeln.

Die Biomasse des Zooplanktons war im Jahr 2023 sehr hoch, was für flache Kleinseen typisch ist. Die Biomasse-Maxima wurden im Juni und besonders im Oktober 2023 beobachtet. Diese wurden durch Massentwicklungen der Rüsselkrebse (*Bosmina longirostris*, Bosminidae) verursacht. Im Frühling dominierten bei sehr tiefer Gesamtbiomasse grosse Hüpfertinge (*Cyclops vicinus*, Grosse Cyclopodia), Schwebekrebse (Calanoida) und bereits Rüsselkrebse. Ab Juni traten kleine Hüpfertinge (*Mesocyclops leuckartii*, kleine Cyclopodia) in Erscheinung und erreichten ihr Maximum im August. Ab August spielten Litoral-Wasserflöhe (*Ceriodaphnia sp.*) eine wichtigere Rolle. Eindeutig dominiert wurde das Zooplankton jedoch durchgängig von den Rüsselkrebsen.

Neben der Biomasse liefert auch die Zusammensetzung der Planktongemeinschaften wertvolle Hinweise auf den ökologischen Zustand eines Gewässers. Bestimmte Phytoplanktongruppen gelten als Indikatorarten für den Nährstoffgehalt des Wassers. Auch wenn es keine allgemein anerkannten Indikatorarten für Zooplankton gibt, liefern deren Populationsdynamik und Veränderungen in der Gemeinschaftsstruktur wichtige Informationen über Umweltbelastungen wie Nährstoffanreicherung, Sauerstoffmangel oder erhöhten Frassdruck.

Im Lobsigensee hat die Gesamtbiomasse der Phytoplankton-Indikatorarten bereits 2013 im Vergleich zu 2003 abgenommen und ist 2023 in einem ähnlichen Bereich

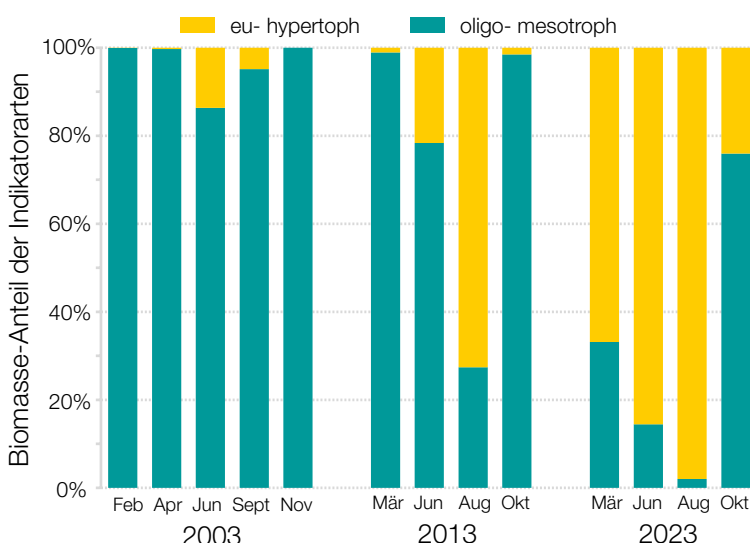
Entwicklung der Planktonzusammensetzung



Phytoplankton (A) und Zooplankton (B) Biomasse [g/m³] als Summe der beobachteten Arten-Gruppen.

(Daten nicht dargestellt). Die Verteilung hat sich deutlich zugunsten der Indikatorarten für stark gedüngte (eu -hypertroph) Gewässer verschoben. Die Biomasse der Indikatorarten für kaum bis mässig gedüngte

Phytoplankton nach Nährstoffpräferenz



Prozentuale Verteilung der Biomasse der Indikatorarten für verschiedene Trophiestufen des Phytoplanktons (Zuordnung gemäss PTSI Indikatorliste Version 8.0.x, Stand März 2022, gewässer-bewertung-berechnung.de). Gelb = gedüngt bis sehr stark gedüngt, Grün = kaum bis mässig gedüngt.

(oligo-mesotroph) Gewässer war erst im Herbst 2023 wieder höher.

Die saisonale Entwicklung der Krebstierarten deutet ebenfalls auf nährstoffreiche, eutrophe Verhältnisse hin. Interessant ist das Vorkommen der kleinen Hüpferlingsart *Thermocyclops dybowskii*, welche 2013 und häufiger 2023 auftrat - diese Art wurde bisher in keinem anderen Berner See beobachtet ([Bericht «Entwicklung des Phyto- und Crustaceenplanktons», 2019](#)).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich der Lobsigensee im Vergleich zu den Vorjahren ökologisch deutlich verändert hat. Der aktuelle polytrophe Zustand - gekennzeichnet durch starke Nährstoffanreicherung und biologische Instabilität - zeigt sich in der Dominanz von entsprechenden Phytoplanktonarten. Extreme Schwankungen der Zooplanktonpopulationen verdeutlichen die Instabilität zusätzlich.

Umwelt DNA (eDNA)

Organismen hinterlassen in ihrer Umwelt (Luft, Boden, Wasser) nachweisbare Spuren in Form von DNA-Fragmenten. Diese DNA wird als Umwelt-DNA (engl. Environmental DNA, kurz eDNA) bezeichnet. Die erstmals im Rahmen des Monitorings entnommenen eDNA-Wasserproben wurden auf verschiedene Artengruppen (Fische, Eukaryoten/Insekten, Weichtiere und Amphibien) untersucht, um einen Einblick in die Artenvielfalt des untersuchten Gewässers zu erhalten (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

Im Lobsigensee konnten in den Wasserproben relativ hohe Mengen die DNA von Wasserfröschen (*Pelophylax sp.*) nachgewiesen werden. Dies deckt sich mit den Feldbeobachtungen. Mit 6 Arten wurde im Lobsigensee bei den Fischen die zweithöchste Artanzahl mittels eDNA im Rahmen dieses Monitorings erfasst. Im Gegensatz zu den anderen untersuchten Kleinseen konnte allerdings keine DNA von Weichtieren (Schnecken, Muscheln) gefunden werden. Darüber hinaus wurde DNA vom Rind nachgewiesen, was auf die Haltung von Wasserbüffeln am See zurückzuführen ist.

Mikroverunreinigungen

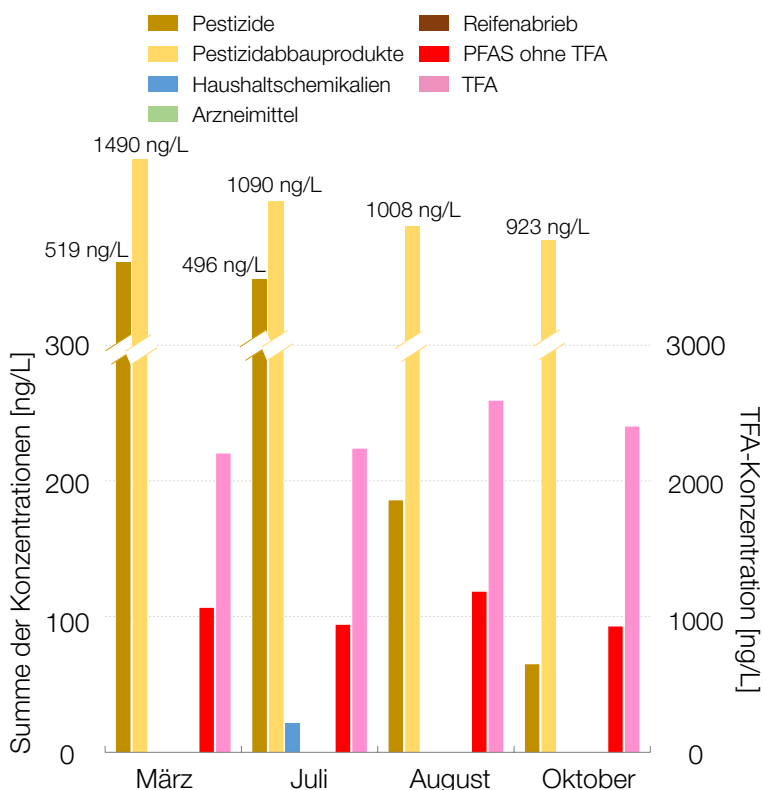
Mikroverunreinigungen sind chemische Spurenstoffe, die in den Gewässern in sehr tiefen Konzentrationen (Mikrogramm pro Liter oder tiefer) vorkommen. Trotz ihrer geringen Konzentration können einige Stoffe negative Auswirkungen auf aquatische Lebewesen haben. Bestimmte Substanzen sind schwer oder nicht abbaubar und problematisch, da sie in der Umwelt angereichert werden. Mikroverunreinigungen gelangen über Punktquellen (z.B. Kläranlagen, Entlastungen der Kanalisation bei Regen) und diffuse Quellen (z.B. Landwirtschaft, Deponien oder Altlasten) in die Gewässer und können in ihrer ursprünglichen Form als Ausgangssubstanzen oder in abgewandelter Form als Abbauprodukte vorkommen. Im Rahmen des Kleinseen-Monitorings 2023 wurden 180 organische Mikroverunreinigungen aus verschiedenen Anwendungsbereichen untersucht.

Im Lobsigensee wurden insgesamt 20 organische Substanzen nachgewiesen. Sowohl PFOS, welches zu den Ewigkeitschemikalien gehört, als auch Pestizide mehrheitlich aus landwirtschaftlichen Quel-



Feldarbeit zur eDNA-Probenahme: Wasser wird sorgfältig gefiltert, um genetische Spuren aquatischer Organismen zu erfassen

Mikroverunreinigungen im Jahresverlauf



Summe der Konzentrationen pro Stoffgruppe (gruppiert gemäss ihrer Verwendung) im Jahr 2023. TFA ist aufgrund deutlich höherer Konzentrationen auf einer separaten (rechten) y-Achse mit einer um den Faktor 10 höheren Skalierung dargestellt.

len, überschreiten die chronischen ökotoxikologischen Qualitätskriterien fast ganzjährig. Mit den chronischen Qualitätskriterien, die für ein Monitoring der Gewässerqualität empfohlen werden, können Belastungen über einen längeren Zeitraum beurteilt werden. Ist die Umweltkonzentration grösser als das Qualitätskriterium, so kann ein Risiko für Organismen angenommen werden.

Unter den Pestiziden stechen zwei Herbizide mit hohen Konzentrationen hervor: Propyzamid wird als Herbizid im Rapsanbau und allenfalls auch im Zierpflanzenbau verwendet. Propyzamid überschreitet das chronische ökotoxikologische Qualitätskriterium in drei Proben um bis zu einen Faktor 8. Aufgrund der Aufenthaltszeit - also der Zeit, die Wasser im See verbleibt, bevor es wieder abfließt - kann man davon ausgehen, dass die Konzentration die ganzen 6 Monate erhöht war. Damit besteht ein anhaltendes Risiko für die aquatischen Lebewesen und negative Effekte können nicht ausgeschlossen werden. Verstärkt wird dieses Risiko durch den hohen Befund des Herbizids Propamocarb im Juni. Ganz-

jährig befinden sich hohe Konzentrationen von Pflanzenschutzmittel-Abbauprodukten im See, diese untermauern die schlechte Wasserqualität infolge intensiver landwirtschaftlicher Nutzung im Einzugsgebiet.

Vervollständigt wird das Bild mit sehr hohen Befunden der TFA (Trifluoressigsäure), die unter anderen als Abbauprodukt von gewissen Pestiziden gilt und den hohen Einfluss der Landwirtschaft auf die Wasserqualität unterstreicht. In sehr tiefen, doch konstanten Konzentrationen, werden einige langkettige PFAS nachgelesen, darunter auch das am weitesten verbreitete PFOS mit Konzentrationen grösser 2 ng/L. Auch dieser Wert führt zu einer Überschreitung des chronischen ökotoxikologischen Qualitätskriteriums.

Substanzen aus häuslichem Abwasser werden hingegen kaum detektiert, das Wasser des Sees trägt eine deutlich landwirtschaftliche Signatur.

Weiterführende Links

[Berichte Kleinseen-Monitoring 2023](#)

[Berichte zur Gewässerqualität](#)

[Weitere Themen zur Gewässerqualität](#)

Impressum

AWA, Gewässer- und Bodenschutzlabor
Schermenweg 11
3014 Bern



Ökologisches Monitoring Berner Kleinseen

Zustand des Grossen Moossees

Der grosse Moossee ist ein wertvoller Lebensraum für Pflanzen und Tiere sowie ein Bade- und Fischereigewässer. Er ist jedoch nährstoffreich und bleibt in einen ökologisch unbefriedigenden Zustand, er hat sich weder deutlich verbessert noch verschlechtert. Er erfüllt die gesetzlichen Anforderungen bezüglich Sauerstoff- und Nährstoffgehalt nicht. Der Sauerstoffgehalt ist über Monate in einem grossen Teil des Sees so tief, dass in diesem Bereich kaum mehr Leben möglich ist. Der See ist einer der am stärksten mit Mikroverunreinigungen belasteten Kleinseen. Die PFOS-Konzentration (Ewigkeitschemikalie) ist teilweise so hoch, dass schädliche Wirkungen auf Wasserlebewesen nicht ausgeschlossen werden können. Auch werden regelmässig Pestizide und Pestizidabbauprodukte in hohen Konzentrationen gefunden, diese zeigen jedoch kein erkennbares Risiko.



Monitoring des Grossen Moossees

Der Grosse Moossee ist ein landwirtschaftlich geprägter See, der seit Beginn des kantonalen Kleinseen-Monitorings im Jahr 1993 Teil des Programms ist (siehe Box). Das Monitoring findet alle 10 Jahre statt und wurde zuletzt im Jahr 2023 wiederholt. Um die jahreszeitliche Entwicklung grob zu erfassen, wurden Proben im Frühjahr, Sommer (2x) und Herbst entnommen.

Da kleine stehende Gewässer im Verlauf eines Jahres bezüglich Nährstoffeintrag, Temperaturverhältnissen und Algenproduktion stark variieren können, kann mit der geringen Probenanzahl nicht die ganze Dynamik dieses Ökosystems erfasst werden. Die Daten sind jedoch ausreichend, um eine Beurteilung des Gewässers vorzunehmen. Der vorliegende Bericht gibt einen

Überblick über die Zustandsentwicklung des Grossen Moossees in den letzten 30 Jahren.

Kleinseen-Monitoring

Das Kleinseen-Monitoring im Kanton Bern wurde in den Jahren 1993, 2003, 2013 und zuletzt im Jahr 2023 durchgeführt. Alle 10 Jahre wurden in einer repräsentativen Auswahl von 10 Seen bis zu 4-mal pro Jahr Proben genommen, um deren Entwicklung zu erfassen. An der tiefsten Stelle jedes Sees wurden Tiefenprofile für physikalische Parameter (z.B. Temperatur, Sauerstoff) sowie chemische (z.B. Nährstoffgehalt, Mikroverunreinigungen) und biologische Proben (Plankton) untersucht. Zusätzlich zu diesem regelmässigen Überwachungsprogramm wurden im Juni 2023 Umwelt-DNA-Proben (eDNA) entnommen, um einen groben Überblick über die Artenvielfalt in jedem See zu erhalten. Weitere Informationen unter:

www.be.ch/gewaesserqualitaet



Allgemeines

Der Grosse Moossee liegt in den Gemeindegebieten Urtenen-Schönbühl und Moosseedorf im Berner Mittelland. Der See befindet sich rund 8 Kilometer nördlich der Stadt Bern und liegt auf 521 Metern über Meer. Der maximal 21.1 Meter tiefe See bedeckt eine Fläche von 30 Hektaren - damit gehört er zu den mittelgrossen Kleinseen der Region.

Eckdaten zum See und Einzugsgebiet

A

Einzugsgebiet [ha]	2'522
Höhe des Seespiegel [m.ü.M.]	521
Seefläche [ha]	30
Maximale Seetiefe [m]	21.1
Volumen [m³]	2'950'858

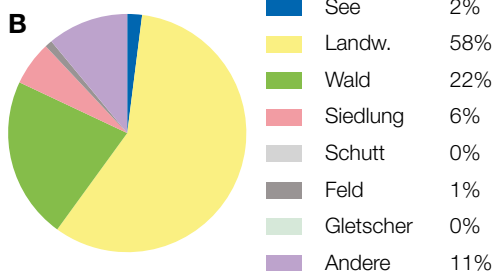
Das umliegende Einzugsgebiet - also die Landschaft, aus der das Wasser in den See gelangt - prägt die physikalisch-chemischen Eigenschaften Zuflüsse und hat daher einen erheblichen Einfluss auf die Wasserqualität. Charakteristisch für das Einzugsgebiet des Grossen Moossees sind landwirtschaftlich genutzte Flächen auf ehemaligen Flachmooren sowie Waldgebiete. Mehrere Zuflüsse bringen Wasser in den See und führen auf ihrem Weg vermutlich eine mässig hohe Menge an externen Nährstoffen mit sich; zusätzlich wird die Wasserqualität gelegentlich durch häusliche Abwässer beeinträchtigt. Der Urtenen-Kanal ist der grösste Zufluss des Sees.

Im Zuge historischer Eingriffe zur Erschliessung landwirtschaftlicher Nutzflächen und zur Torfnutzung wurde der Grosse Moossee und sein Einzugsgebiet stark umgestaltet. Um die bis zu drei Meter mächtigen Torfschichten zugänglich zu machen und das umliegende Land für die Landwirtschaft nutzbar zu machen, wurde der Seespiegel in den letzten 240 Jahren mehrfach um insgesamt 5.7 Meter abgesenkt. Die Zuflüsse wurden kanalisiert und vertieft, sowie ihre Bachläufe eingedolt, um die Entwässerung des Gebiets zu verbessern. Trotz dieser Eingriffe stehen der Grosse Moossee und die umgebende Fläche seit 1963 bzw. 1992 aufgrund ihrer natürlichen Vielfalt unter Naturschutz.

Nährstoffgehalte

In See-Ökosystemen regulieren die beiden Nährstoffe Phosphor und Stickstoff das Wachstum von Pflanzen und Algen, welche die Basis des Nahrungsnetzes bilden. Hohe Einträge dieser Nährstoffe führen zu einer übermässigen Bildung von Algen und zu einer Verschlechterung der Gewässerqualität. Dieser Prozess wird als Eutrophierung bezeichnet. Die Gewässerschutzverordnung gibt vor, dass ein gesundes

B



Kennzahlen zum See (A) und prozentuale Nutzung des Einzugsgebiets (B). Darstellung des Einzugsgebiets (C, dunkelblau), sowie des kantonalen Naturschutzgebietes Nr. 47 (orange). Quelle: swisstopo

C



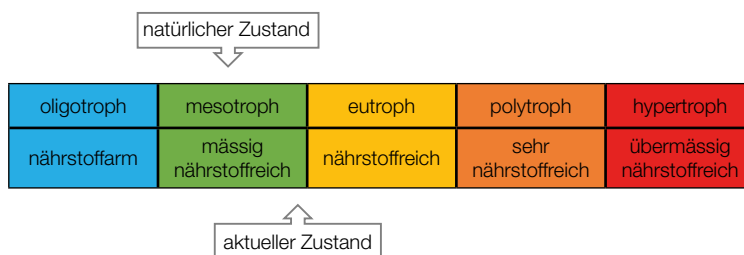
Ökosystem ohne schädliche Auswirkungen der Eutrophierung, wie Sauerstoffmangel, erhalten werden soll. Dazu ist festgelegt, dass «der Nährstoffgehalt höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen darf; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten» (GSchV, Anh. 2, Ziff. 13.2).

Der trophische Zustand eines Sees beschreibt, wie nährstoffreich und produktiv er ist - und damit auch, wie gut er als gesundes und vielfältiges Ökosystem funktionieren kann. Zur Bestimmung werden mehrere Indikatoren herangezogen - insbesondere der Phosphorgehalt, der meist das Algenwachstum limitiert, aber auch die Wasserklarheit (Sichttiefe), die Temperaturentwicklung und die Algenbiomasse. Basierend auf diesen Indikatoren reicht die Klassifizierung von oligotroph für nährstoffarme, über mesotroph für mässig nähr-

stoffreiche, und eutroph für nährstoffreiche, bis hypertroph für extrem mit Nährstoffen belastete Seen. Ein Vergleich zwischen dem natürlichen Zustand - ohne oder mit minimaler menschlicher Beeinflussung - und dem aktuellen trophischen Zustand gibt Hinweise auf das Ausmass der anthropogenen Eutrophierung. Unter anderem führen Siedlungsentwicklung, Abholzung, landwirtschaftliche Düngung, Drainagen, Abwassereinleitungen, Hochwasserentlastungen und künstliche Seeabsenkungen zu verstärkten Nährstoffeinträgen und können die Produktivität des Sees über das natürliche Mass hinaus erhöhen.

Im grossen Moossee wurde über einen Zeitraum von 30 Jahren im Rahmen des Kleinseen-Monitorings keine deutliche Veränderung der Nährstoffkonzentrationen von Stickstoff und Phosphor im See festgestellt. Die wasserchemischen Daten wei-

Trophischer Zustand

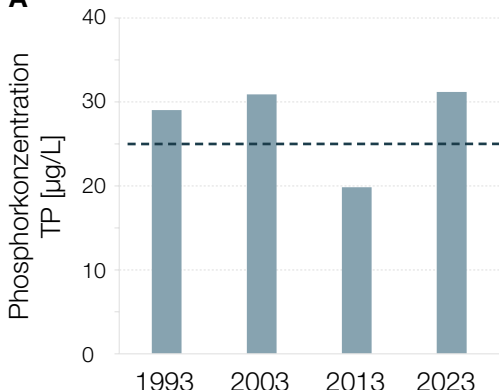


Trophische Skala für Seen mit Angabe des natürlichen Zustands und des aktuellen Zustands. Je stärker die anthropogenen Einflüsse sind, desto mehr weichen die Zustände voneinander ab.

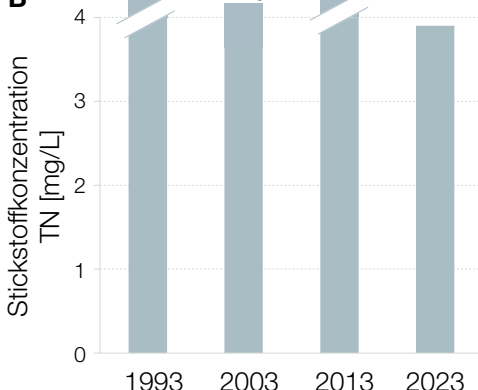
Bewertung im Rahmen des Monitorings (Berechnung mittels LAWA 2014), heute im Grenzbereich zwischen mässig nährstoffreich (mesotroph) und nährstoffreich (eutroph). Die zunehmende Eutrophierung des Sees verschlechterte die Gesamtsituation des Ökosystems, welche auch das Sauerstoffgleichgewicht beeinflusste.

Entwicklung der Nährstoffe

A



B



Phosphor- (A) und Stickstoffentwicklung (B). Durchschnittliche Konzentration des gesamten Seevolumens. Die horizontale Linie stellt die Zielkonzentration für Phosphor (25 µg/L) dar, die ein natürlicherweise oligo- bis mesotropher Sees nicht überschreiten sollte.

sen auf einen insgesamt stabilen aber eher nährstoffreichen Zustand des Sees hin. Die Stickstoffkonzentrationen im Grossen Moossee zählen zu den höchsten Werten bei den untersuchten Seen mit ähnlicher Tiefe. Die Phosphor-Konzentrationen liegen in fast allen Messjahren oberhalb der allgemeinen Zielkonzentration, welche die Produktivität natürlicherweise oligo- bis mesotropher Seen auf einem mässigen Niveau begrenzen soll.

Der Grosse Moossee hatte natürlicherweise einen mässig hohen Nährstoffgehalt und lag deswegen ursprünglich im mesotrophen Bereich (Referenzwert, LAWA 1998). Durch die vom Menschen verursachte Nährstoffbelastung aus dem Einzugsgebiet ist der See nährstoffreicher geworden und befindet sich, basierend auf der aktuellen

Temperatur & Sauerstoffverhältnisse

Der Grosse Moossee und ähnlich tiefe Seen durchlaufen im Jahresverlauf Phasen der Durchmischung (Zirkulation) und der Schichtung (Stagnation). Im Grossen Moossee tritt die Zirkulation im Frühjahr und im Herbst auf, wenn die Wassertemperatur von der Oberfläche bis zum Grund einheitlich ist. In dieser Zeit werden Sauerstoff und Nährstoffe zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser ausgetauscht, wodurch ihre Konzentrationen über die gesamte Wassersäule relativ ähnlich sind.

Im Winter und im Sommer, wenn sich die Wassertemperaturen zwischen Oberfläche und Tiefenwasser deutlich unterscheiden, sind die Wassermassen aufgrund der unterschiedlichen Dichte weitgehend von-

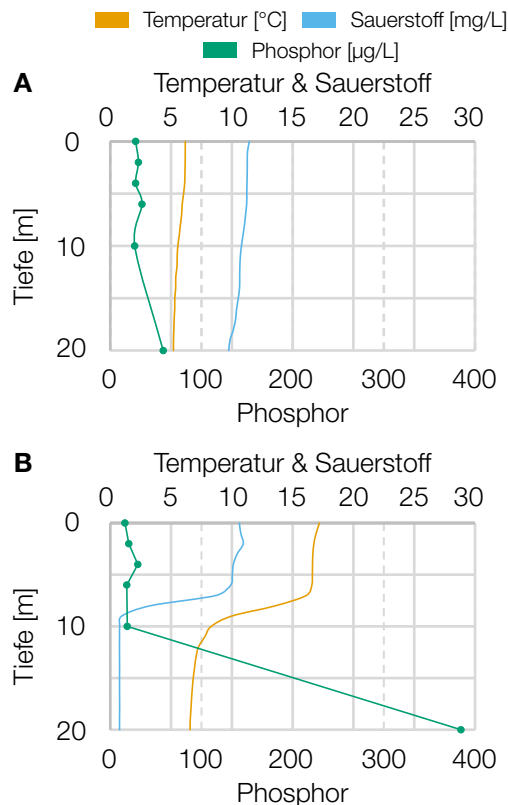
einander getrennt - der See befindet sich in der Stagnationsphase, die während der warmen Sommermonate besonders ausgeprägt ist. In der oberen Wasserschicht kommen Mikroalgen vor, die während ihres Wachstums Nährstoffe aufnehmen und mittels Photosynthese Sauerstoff produzieren. Ihre Wachstumsrate ist im Sommer höher, wodurch die Oberflächenschicht mit Sauerstoff gesättigt wird, und die Nährstoffkonzentrationen sinken. In den tieferen Wasserschichten hingegen wird abgestorbenes organisches Material - wie Plankton und Algen - durch Bakterien abgebaut. Dabei wird Sauerstoff verbraucht (Sauerstoffzehrung) und gleichzeitig werden Nährstoffe wie Phosphat und Ammonium an das umgebende Wasser abgegeben. Da der Grosse Moossee über Monate geschichtet bleibt, entwickeln sich deswegen unterschiedliche Bedingungen in Oberflächen- und Tiefenwasser. Es entsteht ein vertikaler Gradient: Die Nährstoffkonzentrationen steigen mit der Tiefe, während der Sauerstoffgehalt abnimmt. Mit fortschreitender Stagnation bilden sich diese Unterschiede immer stärker aus und die sauerstoffarme Zone wandert zunehmend nach oben. Obwohl ein Sauerstoffrückgang im Tiefenwasser während der Stagnationsphase grundsätzlich normal ist, kann sich dieser durch eine erhöhte Biomasseproduktion wegen erhöhter Nährstoffeinträge verstärken.

Der Grosse Moossee erfüllt die gesetzliche Anforderung an den Sauerstoffgehalt seit 1993 nicht. In der Gewässerschutzverordnung wird spezifiziert, dass der Sauerstoffgehalt im gesamten Seewasser unabhängig von der Jahreszeit mindestens 4 mg/L betragen muss; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten (GSchV, Anh. 2, Nr. 13.3b). Doch auch im 2023 konnte keine Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser beobachtet werden. Ab Juni liegt der Sauerstoffgehalt in durchschnittlich 9 Metern Tiefe unter dem gesetzlichen Grenzwert. Dadurch sind rund 35 % des Seevolumens für Gewässerorganismen wie Fische und Insektenlarven als Lebensraum nicht mehr nutzbar.

Eine zentrale Ursache für die erhöhten Phosphorwerte im Grosse Moossee sind einerseits Einträge aus dem Einzugsgebiet und andererseits Freisetzung von Phosphor aus dem Seesediment, in dem Phosphor aus früheren Nährstoffeinträgen gespeichert wurde. Wenn im Sommer das Tiefenwasser kaum noch Sauerstoff enthält, wird

dieser Phosphor wieder ins Wasser abgegeben. Das kann zu einer erhöhten Algenbiomasse in der nächsten Vegetationsperiode führen, deren Abbau wiederum mehr Sauerstoff verbraucht - ein Kreislauf, der sich selbst verstärkt. Diese interne Nährstoff-Quelle kann sogar grösser sein als die heutigen externen Einträge, wodurch etwa-

Saisonale Tiefenprofile



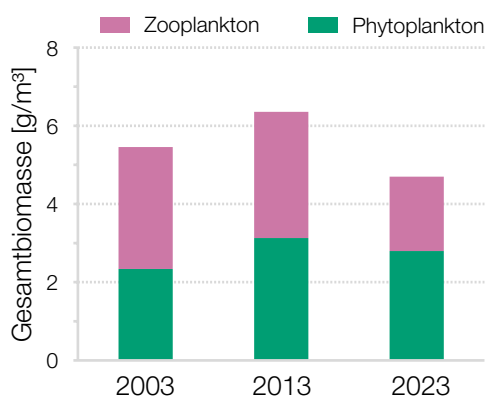
Tiefenprofil im März (A, während der Zirkulationsphase) und August (B, während der Stagnationsphase) 2023. Dargestellt sind Temperatur und Sauerstoffgehalt (obere Achse) sowie Phosphorgehalt (untere Achse) im Tiefenverlauf.

ige Massnahmen zur Reduktion des Nährstoffeintrags im Einzugsgebiet als nicht effektiv erscheinen. Um diesen Teufelskreis zu durchbrechen, ist es jedoch essenziell, die externen Phosphor-/Nährstoffeinträge möglichst stark zu reduzieren. Nur so können die Sauerstoffverhältnisse langfristig verbessert und ein gesundes Ökosystem ermöglicht werden.

Plankton

Plankton bildet die Basis der Seeökosysteme bzw. des Nahrungsnetzes. Phytoplankton (Algen und Cyanobakterien) vermehren sich mit Hilfe von Sonnenlicht und Nährstoffen, während Zooplankton (z. B. Krebstiere und Insektenlarven) sich davon ernährt und wiederum als Nahrung für Fische dient. Phyto- und Zooplankton stehen in enger Wechselwirkung, was zu natürlichen Biomasseschwankungen führt - Biomasse beschreibt die Menge an Le-

Entwicklung der Plankton Gesamtbiomasse



Mittlere Gesamtbiomasse des Planktons als Summe des Phyto- und Zooplanktons [g/m³].

ben im See. Die Interpretation von Veränderungen in Planktongemeinschaften ist komplex. Natürliche Schwankungen, kurze Generationszeiten und die dynamische Zusammensetzung der Organismen können zudem je nach Probenahmezeitpunkt variierende Ergebnisse liefern. Dennoch ist die Überwachung unerlässlich, da Plankton empfindlich auf physikalische, chemische und biologische Veränderungen reagiert. Aus diesem Grund und wegen ihrer zentralen ökologischen Rolle werden sowohl Phyto- als auch Zooplankton (Krebstierarten) im Rahmen des Kleinseen-Monitorings erfasst.

Im grossen Moossee variierte die Gesamtbiomasse des Planktons in einer ähnlichen Grössenordnung wie in den vorherigen Untersuchungen.

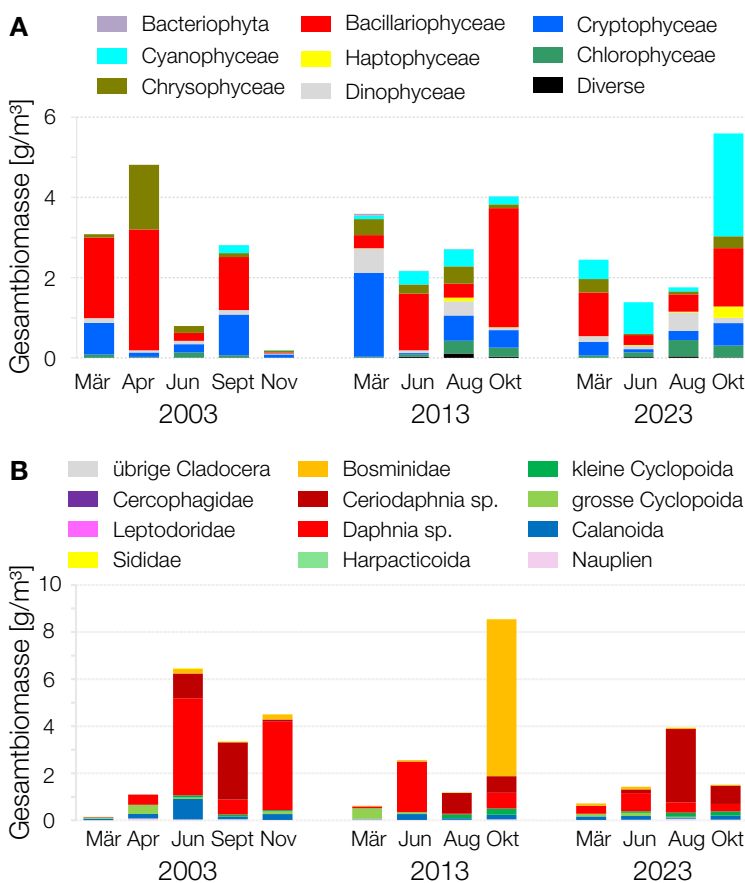
Bezogen auf das Phytoplankton hat sich die Zusammensetzung der Algenarten jedoch verändert. Der Biomasseanteil der Blaualgen (Cyanophyceae) hat zugenommen, während Schlund- (Cryptophyceae), Kiesel- (Bacillariophyceae) und Goldalgen (Chrysophyceae) weniger häufig wurden. Besonders auffällig ist die Burgunderblutalge (Cyanophyceae), die 2023 in jeder Probe vorkam und im Oktober massenhaft auftrat.

Das Zooplankton erreichte im Jahresverlauf 2023 die Biomassehöchstwerte im Sommer, und lag insgesamt etwas niedriger als zuvor. Auffällig ist, dass sich die Dominanzverhältnisse im Laufe der Zeit verschoben haben: Biomasse und Anteil der früher im Frühling dominanten Schwebekrebschen (*Eudiaptomus gracilis*, Calanoida) und grossen Hüpferlinge (*Cyclops* sp., Grosse Cyclopodia) ging bis 2023 deutlich zurück.

Die grossen Wasserflöhe (*Daphnia* sp.) sind die wichtigste Gruppe des Frühlings und Frühsommers, wenn auch im Jahr 2023 bei deutlich geringerer Biomasse als in früheren Jahren. Auch Rüsselkrebsschen (*Eubosmina* sp., Bosminidae) traten im Frühjahr auf, ein Herbst-Maximum wie es im Jahr 2013 beobachtet wurde, fehlte. Im Hochsommer und Herbst 2023 dominierten hingegen die kleinen Wasserflöhe (*Ceriodaphnia* sp.), vereinzelt traten *Diaphanosoma brachyurum* sowie die kleinen Hüpferlinge (meist *Mesocyclops leuckartii*) auf.

Neben der Biomasse liefert auch die Zusammensetzung der Planktongemeinschaften wertvolle Hinweise auf den öko-

Entwicklung der Planktonzusammensetzung



Phytoplankton (A) und Zooplankton (B) Biomasse [g/m³] als Summe der beobachteten Arten-Gruppen.

logischen Zustand eines Gewässers. Bestimmte Phytoplanktongruppen gelten als Indikatorarten für den Nährstoffgehalt des Wassers. Auch wenn es keine allgemein anerkannten Indikatorarten für Zooplankton gibt, liefern deren Populationsdynamik und Veränderungen in der Gemeinschaftsstruktur wichtige Informationen über Umweltbelastungen wie Nähr-

stoffanreicherung, Sauerstoffmangel oder erhöhten Frassdruck.

Im grossen Moossee ist die Gesamtbio-
masse aller Phytoplankton-Indikatorarten
seit 2003 zurückgegangen, im Jahr 2013
deutlich und im Jahr 2023 noch stärker.
Während die Anzahl der Indikatorarten für
stark gedüngte (eu-hypertroph) Gewässer
im Vergleich zu den früheren Jahren etwas
zugenommen hat (Daten nicht dargestellt).
Die Biomasse der Indikatorarten für stark
gedüngte (eu-hypertroph) Gewässer bleibt
hingegen seit 2003 stabil. Im warmen
(Spät-)Sommer bildeten sie eine grössere
Biomasse als die Algenarten, welche auf
nährstoffarme bis mässig nährstoffreiche
(oligo-mesotroph) Bedingungen hinweisen.
In den übrigen Monaten wiesen allerdings
die Indikatorarten mässig nährstoffreiche
(oligo-mesotroph) Gewässer den grösseren
Biomasseanteil auf.

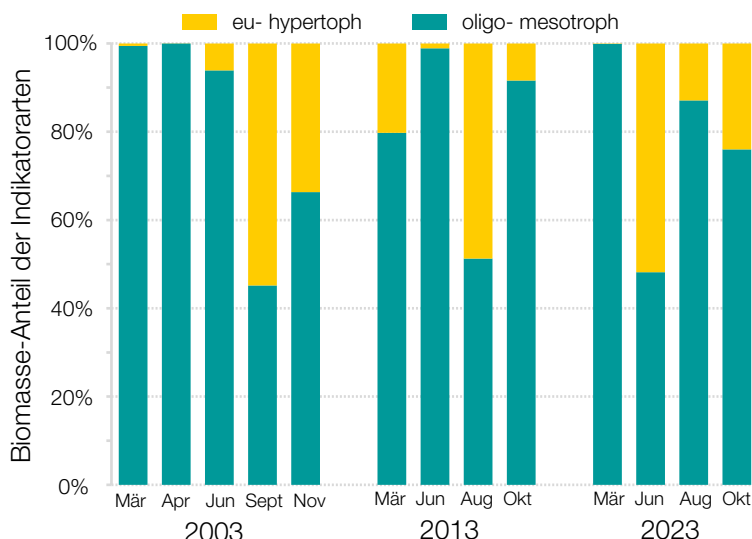
Die saisonale Entwicklung des Zooplank-
tons, wie oben beschrieben, folgt einem
typischen Muster für kleine meso- bis eu-
trophe Seen. Ab Juni traten Larven der Bü-
schelmücken (*Chaoborus sp.*) im Freiwas-
ser auf - ein Hinweis auf Sauerstoffmangel
in tieferen Wasserschichten.

Zusammenfassend kann festgehalten
werden, dass die Verschiebungen in der
Zooplankton-Zusammensetzung sowie
eine Zunahme von Blaualgen und der An-
zahl nährstoffliebender Phytoplanktonarten
für das Jahr 2023 auf eine mögliche Ver-
schlechterung des ökologischen Zustands
im Grossen Moossee hindeuten - auch
wenn extreme Zustände bisher ausbleiben.
Diese Veränderung ist vermutlich auf höhe-
re Wassertemperaturen zurückzuführen.

Umwelt DNA (eDNA)

Organismen hinterlassen in ihrer Umwelt
(Luft, Boden, Wasser) nachweisbare Spu-
ren in Form von DNA-Fragmenten. Diese
DNA wird als Umwelt-DNA (engl. Environ-
mental DNA, kurz eDNA) bezeichnet. Die
erstmal im Rahmen des Monitorings ent-
nommenen eDNA-Wasserproben wurden
auf verschiedene Artengruppen (Fische,
Eukaryoten/Insekten, Weichtiere und Am-
phibien) untersucht, um einen Einblick in
die Artenvielfalt des untersuchten Gewäs-
sers zu erhalten (ohne Anspruch auf Voll-
ständigkeit).

Phytoplankton nach Nährstoffpräferenz



Prozentuale Verteilung der Biomasse der Indikatorarten für verschiedene Trop-
hiestufen des Phytoplanktons (Zuordnung gemäss PTSI Indikatorliste Version
8.0.x, Stand März 2022, gewässer-bewertung-berechnung.de). Gelb = gedüngt
bis sehr stark gedüngt, Grün = kaum bis mässig gedüngt.

Beim Grossen Moossee konnte mittels
eDNA im Vergleich mit den anderen unter-
suchten Kleinseen eine eher hohe Diversi-
tät erfasst werden. So wurden im Grossen
Moossee, nach dem Amsoldingensee, die
zweithöchste Anzahl an Arthropoden (eine
Gruppe zu der auch Insekten zählen) und
Rädertiere (Zooplanktons) nachgewiesen.
Des Weiteren fällt besonders der DNA-
Nachweis zwei nicht heimischer Muscheln
auf: die Ordnung Cardiida, wozu die Fami-
lie der Körbchenmuscheln gehört, sowie
Dreissena sp. bei der es sich mit grosser
Wahrscheinlichkeit um die Zebra-
muschel handelt. Ein weiterer interessanter Fund ist
die DNA vom Hausrind, was auf die land-
wirtschaftliche Nutzung der Region zu-
rückzuführen ist.



Feldarbeit zur eDNA-
Probenahme: Wasser
wird sorgfältig gefiltert,
um genetische Spuren
aquatischer Organis-
men zu erfassen

Mikroverunreinigungen

Mikroverunreinigungen sind chemische
Spurenstoffe, die in den Gewässern in
sehr tiefen Konzentrationen (Mikrogramm
pro Liter oder tiefer) vorkommen. Trotz ih-
rer geringen Konzentration können einige
Stoffe negative Auswirkungen auf aquati-
sche Lebewesen haben. Bestimmte Subs-
tanzen sind schwer oder nicht abbaubar
und problematisch, da sie in der Umwelt
angereichert werden. Mikroverunreinigun-
gen gelangen über Punktquellen (z.B. Klär-
anlagen, Entlastungen der Kanalisation bei
Regen) und diffuse Quellen (z.B. Landwirt-
schaft oder Altlasten) in die Gewässer und
können in ihrer ursprünglichen Form als
Ausgangssubstanzen oder in abgewan-

delter Form als Transformationsprodukt vorkommen. Im Rahmen des Kleinseen-Monitorings 2023 wurden 180 organische Mikroverunreinigungen aus verschiedenen Anwendungsbereichen untersucht.

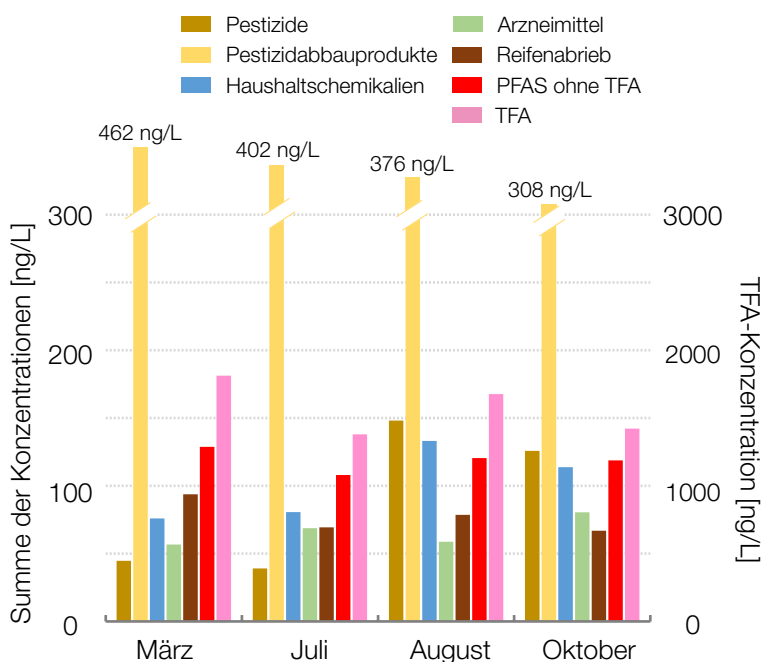
Mit insgesamt 32 nachgewiesenen organischen Substanzen zählt der Grosse Moossee zu den am höchsten belasteten Seen der Kampagne 2023. Die Konzentrationen von PFOS, welches zu den Ewigkeitschemikalien gehört, überschreitet das chronische ökotoxikologische Qualitätskriterium ganzjährig. Mit den chronischen Qualitätskriterien, die für ein Monitoring der Gewässerqualität empfohlen werden, können Belastungen über einen längeren Zeitraum beurteilt werden. Ist die Umweltkonzentration grösser als das Qualitätskriterium, so kann ein Risiko für Organismen angenommen werden. Es werden regelmässig Pestizide und Pestizidabbauprodukte in hohen Konzentrationen gefunden, diese zeigen jedoch kein erkennbares ökotoxikologisches Risiko.

Neben PFOS, werden auch PFOA und weitere neun kurzkettige PFAS im See detektiert. Die PFAS umfassen eine Stoffgruppe die aufgrund ihrer wasser-, fett- und schmutzabweisenden Eigenschaften in vielen Produkten zu finden und extrem stabil sind, deshalb werden sie auch Ewigkeitschemikalien genannt. Im Rahmen des Kleinseen Monitorings waren PFAS im Grossen Moossee über die gesamte Tiefe und zu allen Zeitpunkten nachweisbar. Dies ist ein Hinweis auf einen kontinuierlichen Eintrag aus dem Einzugsgebiet der See.

Nebst der PFAS-Belastung kommen im See auch hohe Konzentrationen von Pestizidabbauprodukte und -wirkstoffe aus der Landwirtschaft vor. Dabei stechen vor allem langlebige Pestizidabbauprodukte der beiden nicht mehr verwendeten Pflanzenschutzmittel Chloridazon und Chlorothalonil hervor, welche konstant in Konzentrationen über 0.1 µg/L gefunden werden.

Deutliche sichtbar sind auch Stoffe, die dem häuslichen Abwasser zugeordnet werden: Süsstoffe, Korrosionsschutzmittel sowie ein gängiges Pharmazeutikum. Diese Befunde sind vermutlich auf Entlastungen der Kanalisation zurückzuführen, da keine ARA (Kläranlage) in den See entwässert. In den See gelangt auch Strassenabwasser der nahen gelegenen Autobahn, denn es wurden ganzjährig Zusatzstoffe aus dem Pneubetrieb in tiefen Konzentrationen detektiert.

Mikroverunreinigungen im Jahresverlauf



Summe der Konzentrationen pro Stoffgruppe (gruppiert gemäss ihrer Verwendung) im Jahr 2023. TFA ist aufgrund deutlich höherer Konzentrationen auf einer separaten (rechten) y-Achse mit einer um den Faktor 10 höheren Skalierung dargestellt.

Weiterführende Links

[Berichte Kleinseen-Monitoring 2023](#)
[Berichte zur Gewässerqualität](#)
[Weitere Themen zur Gewässerqualität](#)

Impressum

AWA, Gewässer- und Bodenschutzlabor
Schermenweg 11
3014 Bern



Ökologisches Monitoring Berner Kleinseen

Zustand des Étang de la Noz

Der Étang de la Noz ist ein wertvoller Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Er ist jedoch sehr nährstoffreich und befindet sich in einem schlechten ökologischen Zustand. Er erfüllt die gesetzlichen Anforderungen bezüglich Sauerstoff- und Nährstoffgehalt nicht. Dies führt in diesem Gewässer zu einer dichten Decke von Wasserpflanzen, die die Durchmischung des Wassers verhindert. Infolgedessen sinkt der Sauerstoffgehalt zeitweise unter die kritische Grenze im gesamten Weiher. Im See wurden ganzjährig verschiedene Mikroverunreinigungen gefunden, hauptsächlich aus Haushaltsquellen; es gibt jedoch kein erkennbares Risiko.



Monitoring des Étang de la Noz

Der Étang de la Noz ist ein landwirtschaftlich geprägter See, der 2023 zum ersten Mal in das kantonale Kleinseen-Monitoring aufgenommen wurde (siehe Box). Das Monitoring findet alle 10 Jahre statt. Um die jahreszeitliche Entwicklung grob zu erfassen, wurden Proben im Frühjahr, Sommer (2x) und Herbst entnommen.

Da kleine stehende Gewässer im Verlauf eines Jahres bezüglich Nährstoffeintrag, Temperaturverhältnissen und Algenproduktion stark variieren können, kann mit der geringen Probenanzahl nicht die ganze Dynamik dieses Ökosystems erfasst werden. Die Daten sind jedoch ausreichend, um eine Beurteilung des Gewässers vorzunehmen. Der vorliegende Bericht gibt einen

Überblick über den Zustand des Étang de la Noz.

Kleinseen-Monitoring

Das Kleinseen-Monitoring im Kanton Bern wurde in den Jahren 1993, 2003, 2013 und zuletzt im Jahr 2023 durchgeführt. Alle 10 Jahre wurden in einer repräsentativen Auswahl von 10 Seen bis zu 4-mal pro Jahr Proben genommen, um deren Entwicklung zu erfassen. An der tiefsten Stelle jedes Sees wurden Tiefenprofile für physikalische Parameter (z.B. Temperatur, Sauerstoff) sowie chemische (z.B. Nährstoffgehalt, Mikroverunreinigungen) und biologische Proben (Plankton) untersucht. Zusätzlich zu diesem regelmässigen Überwachungsprogramm wurden im Juni 2023 Umwelt-DNA-Proben (eDNA) entnommen, um einen groben Überblick über die Artenvielfalt in jedem See zu erhalten. Weitere Informationen unter:

www.be.ch/gewaesserqualitaet



Allgemeines

Der Étang de la Noz befindet sich in der Gemeinde Saicourt im Berner Jura und liegt rund einen Kilometer westlich des Weilers Bellelay (BE) und zwei Kilometer östlich von der jurassischen Gemeinde, Les Genevez (JU). Der See liegt auf 948 Metern über Meer, ist maximal 2.8 Meter tief und mit einer Fläche von 1.5 Hektaren ein kleiner Kleinsee der Region.

Eckdaten zum See und Einzugsgebiet

A

Einzugsgebiet [ha]	749
Höhe des Seespiegel [m.ü.M.]	948
Seefläche [ha]	1.5
Maximale Seetiefe [m]	2.8
Volumen [m³]	1'377

Das umliegende Einzugsgebiet - also die Landschaft, aus der das Wasser in den See gelangt - prägt die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Wasserzuflusses und hat daher einen erheblichen Einfluss auf die Wasserqualität. Charakteristisch für das Einzugsgebiet des Étang de la Noz sind landwirtschaftlich genutzte Flächen sowie Waldgebiete. Die Zuflüsse La Sorne und ein kleiner Bach aus südlicher Richtung bringen Wasser in den See und auf ihrem Weg vermutlich eine mässig hohe Menge an externen Nährstoffen mit sich. In Les Genevez gelangen bei Regenereignissen über Mischwasserüberläufe häusliche Abwässer in die La Sorne, was auch zu einer Belastung des Sees beiträgt. Ein Teil des Seewassers wird als La Sorne eingedolt Richtung Bellelay geleitet. Der Überlauf wird zum Eau Rouge, das nach rund 2.5 Kilometer weiter östlich versickert.

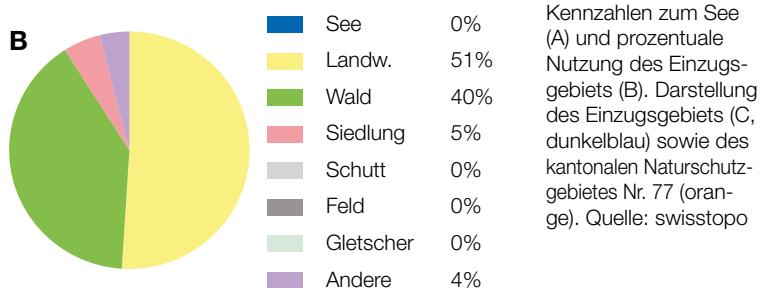
Der Étang de la Noz ist ein ökologisch wertvoller Weiher, der seit 1972 Teil eines Naturschutzgebiets ist. Er liegt in einem Schutzgebiet, das ausserhalb seines Einzugsgebiets Wald- und Feuchtlebensräume umfasst. Der Weiher selbst bietet mit seinen flachen, vegetationsreichen Uferzonen sowie temporären Kleingewässern in der Umgebung ideale Bedingungen für die Fortpflanzung und Entwicklung zahlreicher Amphibienarten. Die flachen Uferzonen bieten zudem wertvolle Lebensbedingungen unter anderem für Libellen, Fische und Wasservögel. Aufgrund seiner Bedeutung

für gefährdete Arten gehört das Gebiet seit 1991 zu den Amphibienlaichgebieten von nationaler Bedeutung.

Nährstoffgehalte

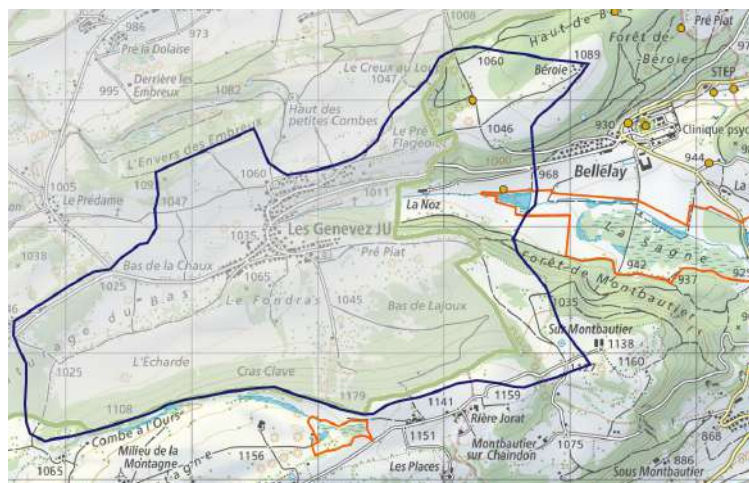
In See-Ökosystemen regulieren die beiden Nährstoffe Phosphor und Stickstoff das Wachstum von Pflanzen und Algen, wel-

B



Kennzahlen zum See (A) und prozentuale Nutzung des Einzugsgebiets (B). Darstellung des Einzugsgebiets (C, dunkelblau) sowie des kantonalen Naturschutzgebietes Nr. 77 (orange). Quelle: swisstopo

C

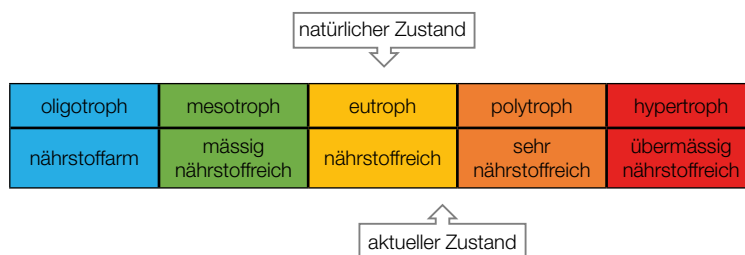


che die Basis des Nahrungsnetzes bilden. Hohe Einträge dieser Nährstoffe führen zu einer übermässigen Bildung von Algen und zu einer Verschlechterung der Gewässerqualität. Dieser Prozess wird als Eutrophierung bezeichnet. Die Gewässerschutzverordnung gibt vor, dass ein gesundes Ökosystem ohne schädliche Auswirkungen der Eutrophierung, wie Sauerstoffmangel, erhalten werden soll. Dazu ist festgelegt, dass «der Nährstoffgehalt höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen darf; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten» (GSchV, Anh. 2, Ziff. 13.2).

Der trophische Zustand eines Sees beschreibt, wie nährstoffreich und produktiv

er ist - und damit auch, wie gut er als gesundes und vielfältiges Ökosystem funktionieren kann. Zur Bestimmung werden mehrere Indikatoren herangezogen - insbesondere der Phosphorgehalt, der meist das Algenwachstum limitiert, aber auch die Wasserklarheit (Sichttiefe), die Temperaturentwicklung und die Algenbiomasse. Basierend auf diesen Indikatoren reicht die Klassifizierung von oligotroph für nährstoffarme, über mesotroph für mässig nährstoffreiche, und eutroph für nährstoffreiche, bis hypertroph für extrem mit Nährstoffen belastete Seen. Ein Vergleich zwischen dem natürlichen Zustand - ohne oder mit minimaler menschlicher Beeinflussung - und dem aktuellen trophischen Zustand gibt Hinweise auf das Ausmass der anthropogenen Eutrophierung. Unter anderem führen Siedlungsentwicklung, Abholzung, landwirtschaftliche Düngung, Drainagen, Abwassereinleitungen, Hochwasserentlastungen und künstliche Seeabsenkungen zu verstärkten Nährstoffeinträgen und können die Produktivität des Sees über das natürliche Mass hinaus erhöhen.

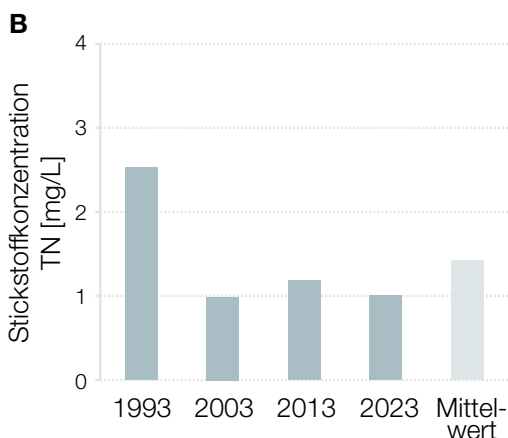
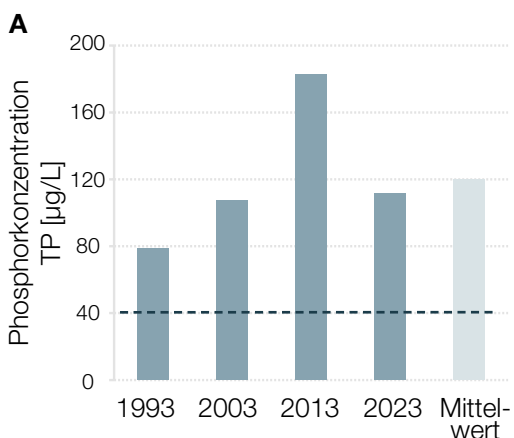
Trophischer Zustand



Trophische Skala für Seen mit Angabe des natürlichen Zustands und des aktuellen Zustands. Je stärker die anthropogenen Einflüsse sind, desto mehr weichen die Zustände voneinander ab.

vom Menschen verursachten Nährstoffeinträge aus dem Einzugsgebiet ist der See nährstoffreicher geworden und befindet sich, basierend auf der aktuellen Bewertung im Rahmen des Monitorings (Berechnung mittels LAWA 2014), heute im Grenzbereich zwischen nährstoffreich (eutroph) und sehr nährstoffreich (polytroph). Die zunehmende Eutrophierung des Sees verschlechterte die Gesamtsituation des Ökosystems, welche auch das Sauerstoffgleichgewicht beeinflusste.

Entwicklung der Nährstoffe



Phosphor- (A) und Stickstoffentwicklung (B). Durchschnittliche Konzentration des gesamten Seevolumens. Die horizontale Linie stellt die Zielkonzentration für Phosphor (40 µg/L) dar, die ein natürlicherweise oligo- bis mesotropher Sees nicht überschreiten sollte.

Im Étang de la Noz weisen die wasserchemischen Daten auf einen sehr hohen Phosphorbelastung hin. Die Konzentrationen liegen ganzjährig deutlich oberhalb der allgemeinen Zielkonzentration, welche die Produktivität natürlicherweise meso- bis eutropher Seen auf einem mässigen Niveau begrenzen soll. Die Stickstoffkonzentrationen sind im März erhöht und bleiben in den anschliessenden Messungen jedoch stabil und auf relativ niedrigem Niveau.

Der Étang de la Noz hatte natürlicherweise einen hohen Nährstoffgehalt und lag deswegen ursprünglich im eutrophen Bereich (Referenzwert, LAWA 1998). Aufgrund der

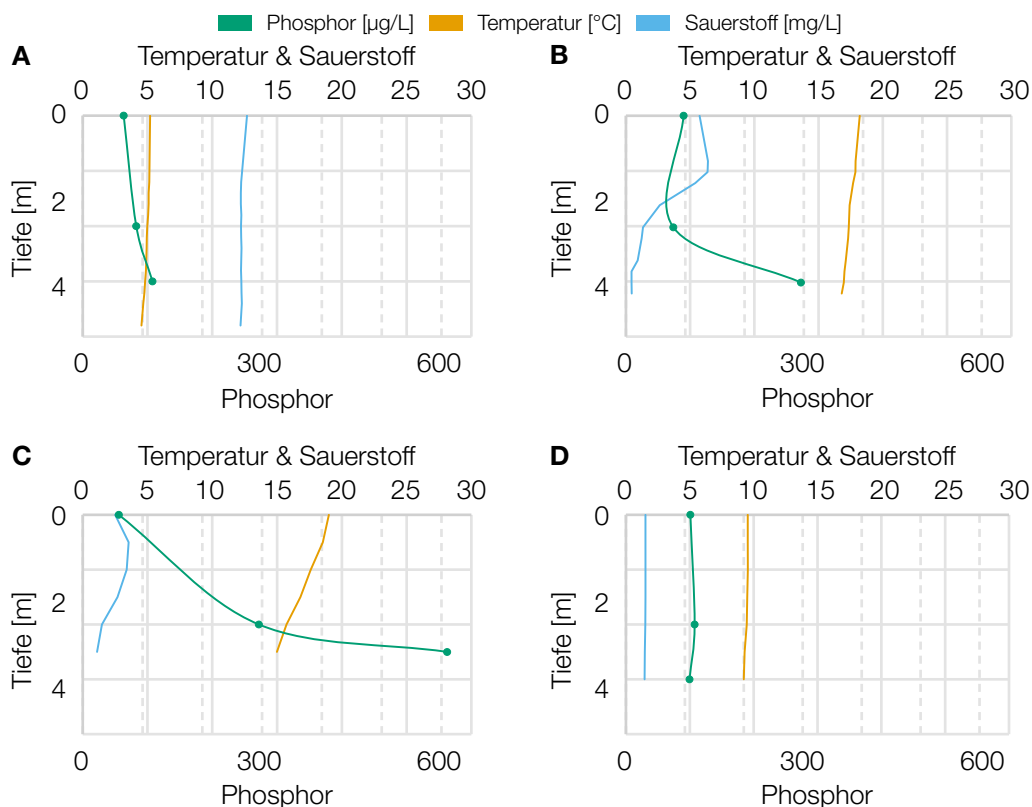
Sauerstoff & Temperatur

Mit seiner geringen Tiefe von etwa 3 Metern verhält sich der Étang de la Noz eher wie ein Weiher als wie ein See. In tieferen Seen können sich stabile Temperaturschichten bilden (Stagnation), die verhindern, dass sauerstoffreiches Wasser aus der Oberfläche in die Tiefe gelangt - vor allem im Sommer kann dies über mehrere Monate zu anhaltendem Sauerstoffmangel am Grund führen. Im Étang de la Noz verhindert die geringe Tiefe jedoch eine Stagnation. Wind und tägliche Temperaturschwankungen reichen aus, um die gesamte Wassersäule in Bewegung zu halten (Zirkulation), wodurch

sich Temperatur und Sauerstoffgehalt vom Oberflächenwasser bis zum Grund ähneln. Trotz dieser fast täglichen Zirkulation kann es in einem nährstoffreichen Weiher wie dem Étang de la Noz zu Sauerstoffproblemen kommen, da biologische Prozesse das gesamte Wasservolumen betreffen.

Die biologischen Prozesse variieren stark im Jahresverlauf. Im Frühling verbessern sich die Lichtverhältnisse und die Photosynthese von Mikroalgen und Makrophyten nimmt zu, was generell zu guten Sauerstoffverhältnissen im Wasser führt (März). Im Sommer erreicht die biologische Produktivität ihren

Saisonale Tiefenprofile



Tiefenprofil im März (A) und Oktober (D) 2023 während der Zirkulationsphase sowie Juni (B) und August (C) 2023 während der Stagnationsphase. Dargestellt sind Temperatur und Sauerstoffgehalt (obere Achse) sowie Phosphorgehalt (untere Achse) im Tiefenverlauf.

Die geringe Tiefe ermöglicht es Wasserpflanzen (Makrophyten), in weiten Teilen des Sees zu wachsen. Zudem führt die geringe Tiefe dazu, dass sich das Wasser stärker erwärmt, was biologische Prozesse beschleunigt und das Wachstum von Mikroalgen und Makrophyten fördert. Tagsüber produzieren Mikroalgen und Makrophyten durch Photosynthese Sauerstoff und verbrauchen diesen gleichzeitig durch Atmung, ebenso wie alle anderen Gewässerlebewesen. Nachts entfällt die Sauerstoffproduktion, während die Atmung weiterläuft. Dies führt zu starken Schwankungen: Tagsüber kann der Sauerstoffgehalt sehr hoch werden (Übersättigung), nachts sinkt er deutlich ab. Gleichzeitig zersetzen Bakterien am Seegrund organisches Material wie abgestorbene Algen und Laub, verbrauchen dabei Sauerstoff und setzen Nährstoffe wie Phosphat und Ammonium ins Wasser frei.

Höhepunkt mit den ausgeprägtesten täglichen Sauerstoffschwankungen. Im Étang de la Noz findet sich dann über die gesamte Fläche eine ausgedehnte und dichte Makrophyten-Vegetation. Diese dichte Vegetation kann die Wirkung von Wind und Temperatur auf die Wasserzirkulation abschwächen, was gelegentlich zu längeren Perioden mit schlechten Sauerstoffverhältnissen führt (Juni & August). Im Herbst nimmt die Lichtintensität ab, wodurch die Photosyntheseaktivität zurückgeht. Gleichzeitig setzt sich der Abbau organischen Materials im Sediment fort - darunter auch die Biomasse, die sich über den Sommer angesammelt hat. Dies führt zu allmählich abnehmenden Sauerstoffkonzentrationen, besonders unter ruhigen Bedingungen, wenn sich der Sauerstoffverbrauch am Seegrund stärker bemerkbar macht (Oktober). Obwohl vorübergehende Abnahmen des Sauerstoffgehalts in solchen Systemen nicht ungewöhnlich sind, kann sich dieser

durch eine erhöhte Biomasseproduktion wegen hoher Nährstoffeinträge verstärken.

Der Étang de la Noz erfüllt die gesetzliche Anforderung an den Sauerstoffgehalt nicht. In der Gewässerschutzverordnung wird spezifiziert, dass der Sauerstoffgehalt im gesamten Seewasser unabhängig von der Jahreszeit mindestens 4 mg/L betragen muss; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten (GSchV, Anh. 2, Nr. 13.3b). Im Rahmen des Kleinseen-Monitorings 2023 wurde bei der Mehrheit der Untersuchungen zu niedrige Sauerstoffgehalte gemessen, wobei im August und Oktober der Sauerstoffgehalt sogar im gesamten Weiher unter den gesetzlichen Grenzwert fiel.

Eine zentrale Ursache für die erhöhten Phosphorwerte im Étang de la Noz sind einerseits nebst den Einträgen aus dem Einzugsgebiet und andererseits die Freisetzung von Phosphor aus dem Seesediment, in dem Phosphor aus früheren Nährstoffeinträgen gespeichert wurde. Der Étang de la Noz wird von einem dichten Wasserpflanzenbestand (Makrophyten) geprägt, die die windbedingte Zirkulation einschränkt und zu längeren Perioden mit Sauerstoffmangel im ganzen See führt. Unter diesen sauerstoffarmen Bedingungen wird Phosphor wieder ins Wasser abgegeben. Dadurch werden Makrophyten und Mikroalgen das ganze Jahr über mit Nährstoffen versorgt, was zu einer erhöhten Biomasse führt, deren Abbau wiederum mehr Sauerstoff verbraucht - ein selbstverstärkender Kreislauf (August). Diese interne Nährstoffquelle kann sogar grösser sein als die heutigen externen Einträge. Um diesen Teufelskreis zu durchbrechen, ist es dennoch essenziell, die externen Phosphor- und Nährstoffeinträge möglichst stark zu reduzieren. Dies ist umso wichtiger, da der kleine See nur eine geringe Verdünnungskapazität hat und externe Einträge sich stärker auswirken. Nur so können die Sauerstoffverhältnisse langfristig verbessert und ein gesundes Ökosystem ermöglicht werden.

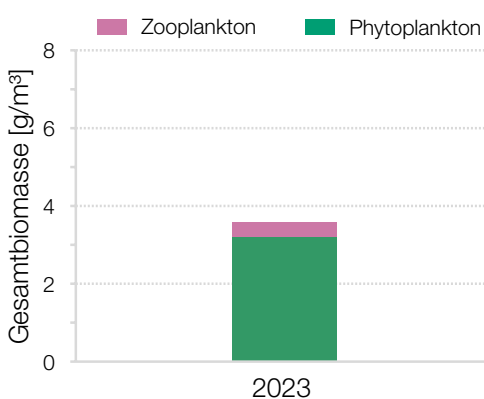
Plankton

Plankton bildet die Basis der Seeökosysteme bzw. des Nahrungsnetzes. Phytoplankton (Algen und Cyanobakterien) vermehren sich mit Hilfe von Sonnenlicht und Nährstoffen, während Zooplankton (z. B. Krebstiere und Insektenlarven) sich davon ernährt und wiederum als Nahrung

für Fische dient. Phyto- und Zooplankton stehen in enger Wechselwirkung, was zu natürlichen Biomasseschwankungen führt - Biomasse beschreibt die Menge an Leben im See. Die Interpretation von Veränderungen in Planktongemeinschaften ist komplex. Natürliche Schwankungen, kurze Generationszeiten und die dynamische Zusammensetzung der Organismen können zudem je nach Probenahmezeitpunkt variierende Ergebnisse liefern. Dennoch ist die Überwachung unerlässlich, da Plankton empfindlich auf physikalische, chemische und biologische Veränderungen reagiert. Aus diesem Grund und wegen ihrer zentralen ökologischen Rolle werden sowohl Phyto- als auch Zooplankton (Krebstierarten) im Rahmen des Kleinseen-Monitorings erfasst.

Im Étang de la Noz ist die Gesamtbiomasse des Planktons relativ niedrig, wenn man die hohen Nährstoffgehalte berücksichtigt, und durch das Phytoplankton dominiert.

Entwicklung der Plankton Gesamtbiomasse



Mittlere Gesamtbiomasse des Planktons als Summe des Phyto- und Zooplanktons [g/m³]).

Bei der Biomasse des Phytoplanktons überwiegen die mobilen Schlundalgen (Cryptophyceae). Je nach Jahreszeit tragen weitere Gruppen zur Biomasse bei. Abgesehen von den Kieselalgen (Bacillariophyceae) im Frühling sind die Vertreter der Goldalgen (Chrysophyceae) und der Panzerflagellaten (Dinophyceae) alles Arten, die begeisselt sind und sich somit aktiv in für sie günstige Zonen im Gewässer bewegen können.

Die Zooplankton-Biomasse ist sehr niedrig, was sich durch die fehlenden geeigneten Lebensräume erklären lässt. Der Étang de la Noz weist aufgrund seiner geringen Tiefe und dem grossen Wasserpflanzenbestand kaum einen entsprechenden Lebensraum für Zooplankton auf. Daher erreicht die Biomasse selbst im Sommer nur sehr geringe

ge Werte. Das Zooplankton ist dominiert durch die grossen Wasserflöhe (*Daphnia pulex*, *Daphnia sp.*) und kleine Kugel-Wasserflöhe (*Chydorus sp.*, übrige Cladocera). Auch primär schwer bestimmbare Jungstadien von kleinen Hüpferlingen (kleine Cyclopodia) waren vertreten. Im Oktober kamen bei sehr tiefer Biomasse noch einige Wasserflöhe der Gattung *Simocephalus* (übrige Cladocera) dazu.

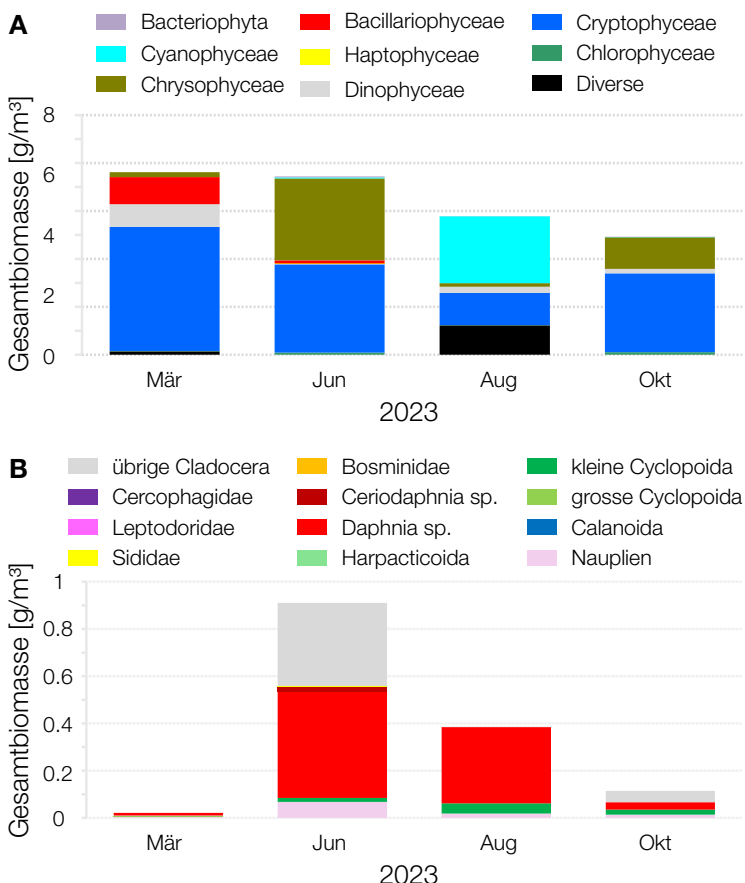
Neben der Biomasse liefert auch die Zusammensetzung der Planktongemeinschaften wertvolle Hinweise auf den ökologischen Zustand eines Gewässers. Bestimmte Phytoplanktongruppen gelten als Indikatorarten für den Nährstoffgehalt des Wassers. Auch wenn es keine allgemein anerkannten Indikatorarten für Zooplankton gibt, liefern deren Populationsdynamik und Veränderungen in der Gemeinschaftsstruktur wichtige Informationen über Umweltbelastungen wie Nährstoffanreicherung, Sauerstoffmangel oder erhöhten Frassdruck.

Im Étang de la Noz ist die Anzahl der Phytoplankton-Indikatorarten für stark gedüngte (eu-hypertroph) und für kaum bis schwach gedüngte (oligo-mesotroph) Gewässer ähnlich hoch (Daten nicht dargestellt). Allerdings dominieren, bezogen auf die Biomasse, jene Indikatorarten für stark gedüngte (eu-hypertroph) Bedingungen deutlich gegenüber den Arten für kaum bis mässig gedüngte (oligo-mesotroph) Gewässer.

Nebst der oben beschriebenen Artzusammensetzung der Krebstierarten (Zooplankton) waren andere Organismengruppen wie Insekten, deren Larven, Würmer und Rädertierchen wesentlich häufiger. Dies ist auf die Struktur des Lebensraumes mit der Dominanz der Wasserpflanzen und der geringen Wassertiefe und damit der Nähe der Lebensgemeinschaft am Gewässerboden (Benthos) zurückzuführen.

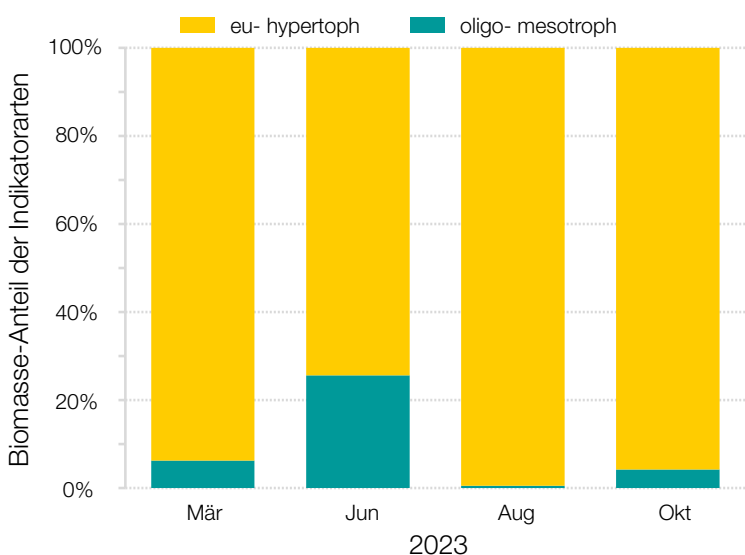
Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Untersuchungen 2023 zeigen, dass der Étang de la Noz ein nährstoffreiches, aber besonderes Gewässer mit stabilen ökologischen Eigenschaften ist. Dichte Bestände von Wasserpflanzen nehmen viel Licht und Nährstoffe auf. Dadurch bleibt weniger für Algen übrig. Die Pflanzen wirken wie ein Filter, der Nährstoffe zurückhält. Das Wasser bleibt dadurch nährstoffärmer und hält somit die Plank-

Entwicklung der Planktonzusammensetzung



Phytoplankton (A) und Zooplankton (B) Biomasse [g/m³] als Summe der beobachteten Arten-Gruppen.

Phytoplankton nach Nährstoffpräferenz



Prozentuale Verteilung der Biomasse der Indikatorarten für verschiedene Trophiestufen des Phytoplanktons (Zuordnung gemäss PTSI Indikatorliste Version 8.0.x, Stand März 2022, gewässer-bewertung-berechnung.de). Gelb = gedüngt bis sehr stark gedüngt, Grün = kaum bis mässig gedüngt.

tonbiomasse gering. Diese Bedingungen beeinflussen auch welche Planktonarten vorkommen.

Umwelt DNA (eDNA)

Organismen hinterlassen in ihrer Umwelt (Luft, Boden, Wasser) nachweisbare Spuren in Form von DNA-Fragmenten. Diese DNA wird als Umwelt-DNA (engl. Environmental DNA, kurz eDNA) bezeichnet. Die erstmals im Rahmen des Monitorings entnommenen eDNA-Wasserproben wurden auf verschiedene Artengruppen (Fische, Eukaryoten/Insekten, Weichtiere und Amphibien) untersucht, um einen Einblick in die Artenvielfalt des untersuchten Gewässers zu erhalten (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

Im Étang de la Noz konnte mittels den eDNA-Proben, im Vergleich zu den anderen untersuchten Kleinseen, die meisten Amphibienarten nachgewiesen werden. Darunter die Erdkröte (*Bufo bufo*), welche in der Schweiz weit verbreitet ist. In geringen Mengen konnte zudem die DNA von Wasserfröschen (*Pelophylax sp.*) sowie Salamander und Molchen nachgewiesen werden. Dies deckt sich mit den Feldbeobachtungen. Andere Artengruppen waren hingegen wenig bis nicht erfasst. So konnten nur wenige Rädertiere (Zooplankton, welches generell wenig Biomasse im See ausgebildet hat - siehe oben), eine Schneckenart und keine Libellen-DNA nachgewiesen werden.

Mikroverunreinigungen

Mikroverunreinigungen sind chemische Spurenstoffe, die in den Gewässern in sehr tiefen Konzentrationen (Mikrogramm pro Liter oder tiefer) vorkommen. Trotz ihrer geringen Konzentration können einige Stoffe negative Auswirkungen auf aquatische Lebewesen haben. Bestimmte Substanzen sind schwer oder nicht abbaubar und problematisch, da sie in der Umwelt angereichert werden. Mikroverunreinigungen gelangen über Punktquellen (z.B. Kläranlagen, Entlastungen der Kanalisation bei Regen) und diffuse Quellen (z.B. Landwirtschaft, Deponien oder Altlasten) in die Gewässer und können in ihrer ursprünglichen Form als Ausgangssubstanzen oder in abgewandelter Form als Abbauprodukte vorkommen. Im Rahmen des Kleinseen-Monitorings 2023 wurden 180 organische Mikroverunreinigungen aus verschiedensten Anwendungsbereichen untersucht.

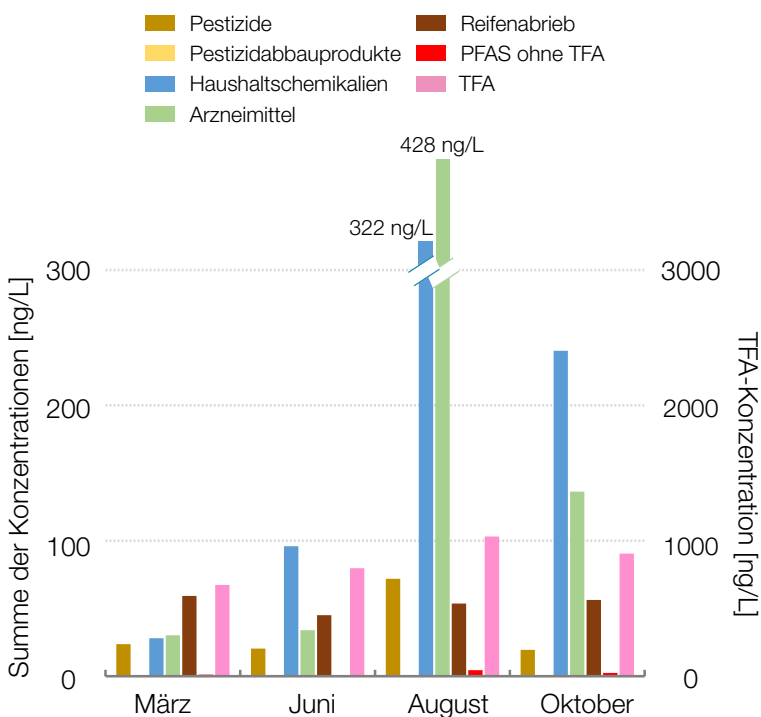
Im Étang de la Noz wurden insgesamt 21 organische Substanzen nachgewiesen, hauptsächlich aus Haushaltsquellen. Ist die Umweltkonzentration grösser als ein ökotoxikologisches Qualitätskriterium, so kann ein Risiko für Organismen angenommen werden. Von den untersuchten Substanzen wurden keine Konzentrationen über den bekannten ökotoxikologischen Qualitätskriterien gefunden.

Obwohl das Grenzgebiet der Kantone Jura und Bern nur schwach besiedelt ist, trägt der Étang de la Noz eine chemische Signatur, die vor allem durch Einträge aus Haushalten gekennzeichnet ist. Unter den nachgewiesenen Substanzen befinden sich Rückstände von Arzneimitteln wie Blutdrucksenker, Antiepileptika sowie einem Arzneimittel gegen die Zuckerkrankheit. Diese Stoffe sowie künstliche Süsstoffe finden sich häufig in kommunalem Abwasser. Vervollständigt wird das Bild durch Korrosionsschutzmittel, die häufig in Spülmaschinen eingesetzt werden und in Gewässern weit verbreitet sind. Die Konzentrationen dieser Haushaltschemikalien sind im März und Juni tiefer als im August und Oktober. Die unterschiedlichen Konzentrationsbereiche können mit Entlastungen der Kanalisation zusammenhängen, da die-



Feldarbeit zur eDNA-Probenahme: Wasser wird sorgfältig gefiltert, um genetische Spuren aquatischer Organismen zu erfassen

Mikroverunreinigungen im Jahresverlauf



Summe der Konzentrationen pro Stoffgruppe (gruppiert gemäss ihrer Verwendung) im Jahr 2023. TFA ist aufgrund deutlich höherer Konzentrationen auf einer separaten (rechten) y-Achse mit einer um den Faktor 10 höheren Skalierung dargestellt.

se bei starken und/oder langanhaltenden Niederschlägen in die Gewässer entlastet. Ebenfalls aus dem Siedlungsgebiet stammen vermutlich die Pestizidkonzentrationen - alle detektierten Stoffe sind nur, oder zumindest auch Biozide eingesetzt. Die gefundenen Wirkstoffe werden zum Teil in Fassaden und als Insektenschutzmittel eingesetzt.

In tiefen Konzentrationen lassen sich ganzjährig zwei Reifenadditive aufspüren, die mit dem Abwasser von Strassen in die

Gewässer gespült werden. Auch einige PFAS - sogenannte «Ewigkeitschemikalien» - konnten vereinzelt in sehr tiefen Konzentrationen detektiert werden. TFA (Trifluoressigsäure), welches zu den PFAS gezählt wird und aus verschiedenen Quellen stammt, wurde in Konzentrationen bis 1'000 ng/L gefunden. Pflanzenschutzmittel aus der Landwirtschaft wurden keine detektiert.

Weiterführende Links

[Berichte Kleinseen-Monitoring 2023](#)

[Berichte zur Gewässerqualität](#)

[Weitere Themen zur Gewässerqualität](#)

Impressum

AWA, Gewässer- und Bodenschutzlabor
Schermenweg 11
3014 Bern



Petits plans d'eau du canton de Berne

État de l'Étang de la Noz

L'Étang de la Noz est un habitat précieux pour la faune et la flore. Cependant, il est très riche en nutriments et présente un mauvais état écologique. Il ne remplit pas les exigences légales pour ce qui est des teneurs en oxygène et en nutriments. Il en résulte une épaisse couche de plantes aquatiques qui empêche le brassage des eaux. En conséquence, la teneur en oxygène descend parfois au-dessous du seuil critique dans tout le plan d'eau. Divers micropolluants, provenant principalement des eaux usées domestiques, ont été mesurés durant toute l'année dans l'étang, mais ils ne représentent pas de risque détectable.



Surveillance de l'Étang de la Noz

L'Étang de la Noz subit l'influence de l'exploitation agricole et a été inclus pour la première fois en 2023 dans la surveillance cantonale des petits lacs (lire l'encadré). Réalisée tous les dix ans, celle-ci se base sur des échantillons prélevés au printemps, en été (à deux reprises) et en automne, pour fournir un aperçu de l'évolution saisonnière de l'état des eaux.

Dans un petit plan d'eau, l'apport de nutriments, la température et la production d'algues peuvent subir des variations énormes au fil d'une année, de sorte qu'un nombre limité d'échantillons n'est pas à même de refléter toute la dynamique de l'écosystème. Les données sont néanmoins suffisantes pour procéder à une évaluation. Le pré-

sent rapport permet donc de se faire une idée de l'état de l'Étang de la Noz.

Surveillance des petits lacs

Les petits lacs du canton de Berne ont fait l'objet d'une surveillance en 1993, 2003, 2013 et 2023. Les travaux ont à chaque fois porté sur une sélection représentative de plans d'eau, où des échantillons ont été prélevés jusqu'à trois fois durant l'année, afin de connaître leur évolution. Aux endroits les plus profonds de chaque lac, les spécialistes ont étudié des profils en profondeur de paramètres physiques (température et oxygène, par ex.) et chimiques (teneur en nutriments et micropolluants, par ex.), de même que des échantillons biologiques (plancton). En plus de ce programme régulier de surveillance, on a également prélevé en juin 2023 de l'ADN environnemental (ADNe) afin d'obtenir un aperçu de la diversité des espèces dans chaque plan d'eau.

Informations complémentaires :
www.be.ch/qualite-des-eaux



Généralités

L'Étang de la Noz est situé sur le territoire de la commune de Saicourt, dans le Jura bernois. Il se trouve à un kilomètre à l'ouest du hameau de Bellelay (BE) et à deux kilomètres à l'est de la commune des Genevez (JU). Situé à 948 mètres d'altitude, d'une profondeur maximale de 2.8 mètres et d'une superficie de 1.5 hectare, il compte parmi les très petits plans d'eau de la région.

Caractéristiques de l'étang et du bassin versant

A

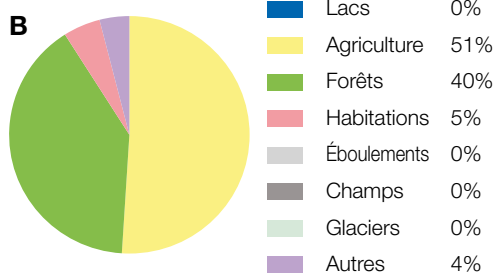
Bassin versant [ha]	749
Altitude [m.s.n.m.]	948
Surface de l'eau [ha]	1.5
Profondeur maximale [m]	2.8
Volume [m ³]	1'377

Le bassin versant, c'est-à-dire la zone environnante dont provient l'eau qui alimente l'étang, détermine les caractéristiques physico-chimiques des apports d'eau et exerce dès lors une influence considérable sur la qualité de l'eau. Il se distingue par la présence de surfaces agricoles exploitées et de zones boisées. Les affluents de l'étang - la Sorne et un petit ruisseau venant du sud - transportent vraisemblablement une certaine quantité de nutriments externes vers le plan d'eau. En cas de fortes pluies, les déversoirs d'orage des Genevez relâchent des eaux usées domestiques dans la Sorne et contribuent notamment à la charge polluante de l'étang. Une partie des eaux qui quittent le plan d'eau forment la Sorne, qui s'écoule sous terre en direction de Bellelay. Le trop-plein se déverse en direction de l'est, sous le nom d'Eau Rouge, et s'infiltre dans le sol après avoir franchi environ 2.5 kilomètres.

L'Étang de la Noz présente une grande valeur écologique et appartient depuis 1972 à une réserve naturelle. La zone à protéger englobe non seulement son bassin versant, mais aussi des zones boisées et humides. Avec ses berges plates, ses zones riveraines riches en végétation et de petits plans d'eau temporaires alentour, l'étang offre des conditions idéales pour la reproduction et le développement de nombreuses espèces d'amphibiens. Ses zones d'eau peu profonde forment aussi de précieux habitats pour d'autres organismes vivants,

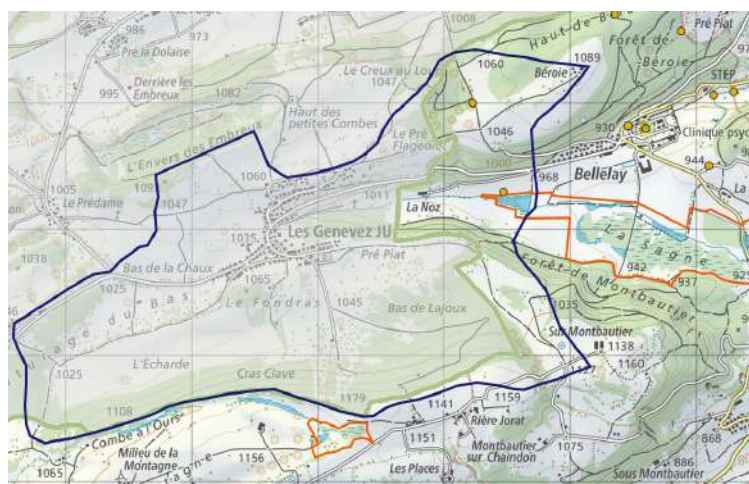
dont des libellules, des poissons et des oiseaux aquatiques. Vu leur rôle pour des espèces menacées, l'étang et ses alentours comptent depuis 1991 parmi les sites de reproduction de batraciens d'importance nationale.

B



Caractéristiques de l'étang (A) et utilisation du bassin versant en pour cent (B). Bassin versant (C, tracé bleu foncé) et réserve naturelle cantonale n° 88 (tracé orange). Source : swisstopo

C



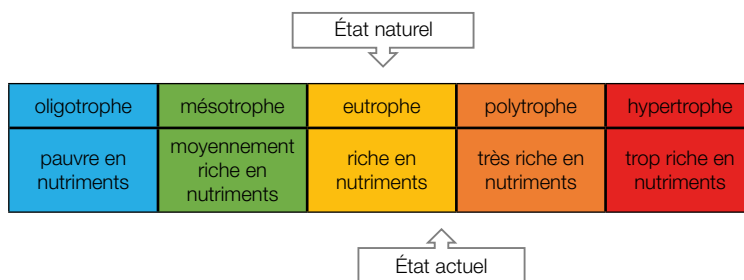
Teneurs en nutriments

Dans les écosystèmes lacustres, deux nutriments, le phosphore et l'azote, régulent la croissance des végétaux et des algues, qui constituent la base de la chaîne alimentaire. Des apports élevés de ces nutriments engendrent une prolifération d'algues et une détérioration de la qualité de l'eau. Ce processus est appelé eutrophisation. L'ordonnance sur la protection des eaux prescrit le maintien d'un écosystème à l'abri des conséquences néfastes de l'eutrophisation, tel le manque d'oxygène. Elle spécifie à ce sujet que « la teneur en nutriments doit permettre une production de biomasse qui ne dépasse pas la moyenne ; les condi-

ons naturelles particulières sont réservées » (OEaux, annexe 2, ch. 13.2).

L'état trophique d'un lac décrit sa richesse en nutriments et son niveau de productivité, et donc sa capacité à fonctionner comme un écosystème sain et diversifié. Pour le déterminer, on recourt à plusieurs indicateurs, en particulier la teneur en phosphore, qui limite en général la croissance des algues, mais aussi la transparence de l'eau, l'évolution de la température et la biomasse des algues. Le classement défini sur cette base va d'oligotrophe (plan d'eau pauvre en nutriments) à eutrophe (riche en nutriments), voire à hypertrophe (trop riche en nutriments), en passant par mésotrophe (moyennement riche en nutriments). La comparaison entre l'état naturel - sans influence humaine ou avec une influence minimale - et l'état trophique observé fournit des informations sur l'ampleur de l'eutrophisation anthropique. Ce sont en particulier l'urbanisation, la déforestation, la fertilisation agricole, les drainages, les rejets d'eaux usées, les déversements d'eaux

État trophique

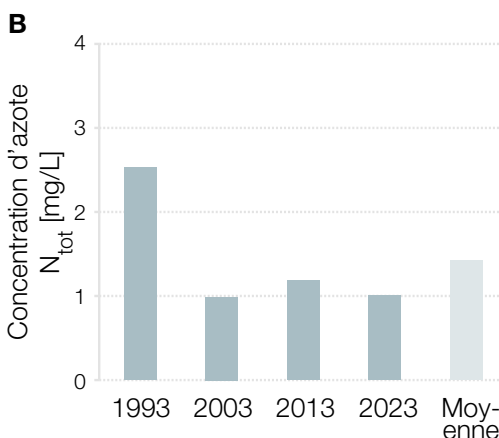
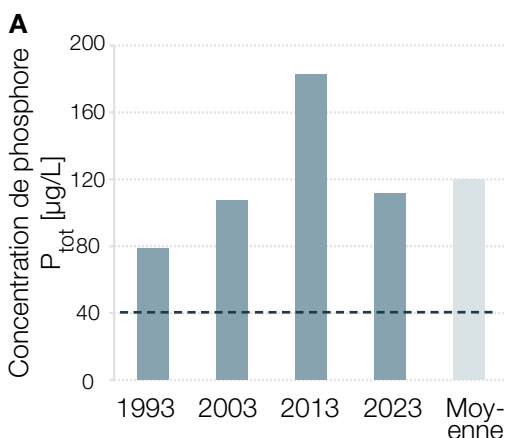


Échelle trophique des plans d'eau avec mention de l'état naturel et de l'état actuel. Plus les influences anthropiques sont importantes, plus l'écart entre ces deux états est grand.

niveau relativement bas lors des mesures suivantes.

À l'état naturel, l'Étang de la Noz affichait une teneur élevée en nutriments et se classait à l'origine dans le domaine eutrophe (valeur de référence, LAWA 1998). En raison des apports en nutriments d'origine humaine dans son bassin versant, la teneur en nutriments s'est accrue, de sorte que l'évaluation établie dans le cadre de la surveillance des eaux (calcul effectué selon

Évolution des teneurs en nutriments



Évolution des teneurs en phosphore (A) et en azote (B). Concentration moyenne dans tout le volume de l'étang. La ligne horizontale représente la concentration cible pour le phosphore (40 µg/L), qui ne devrait pas être dépassée dans un plan d'eau naturellement oligotrophe à mésotrophe.

de crue et l'abaissement artificiel du niveau des lacs qui entraînent une augmentation des apports en nutriments et peuvent accroître la productivité du plan d'eau au-delà de son niveau naturel.

Les données chimiques de l'eau mesurées dans l'Étang de la Noz correspondent à une très forte charge de phosphore. Tout au long de l'année, les concentrations sont nettement supérieures à leur valeur cible générale, qui permet de maintenir la productivité à un niveau modéré dans les lacs naturellement mésotrophes à eutrophes. Les concentrations d'azote sont accrues en mars, mais restent stables et à un

la méthode LAWA 2014) situe l'étang à la limite entre riche en nutriments (eutrophe) et très riche en nutriments (polytrophe). L'eutrophisation croissante du plan d'eau a détérioré l'état global de l'écosystème, influençant également l'équilibre de l'oxygène dans l'eau.

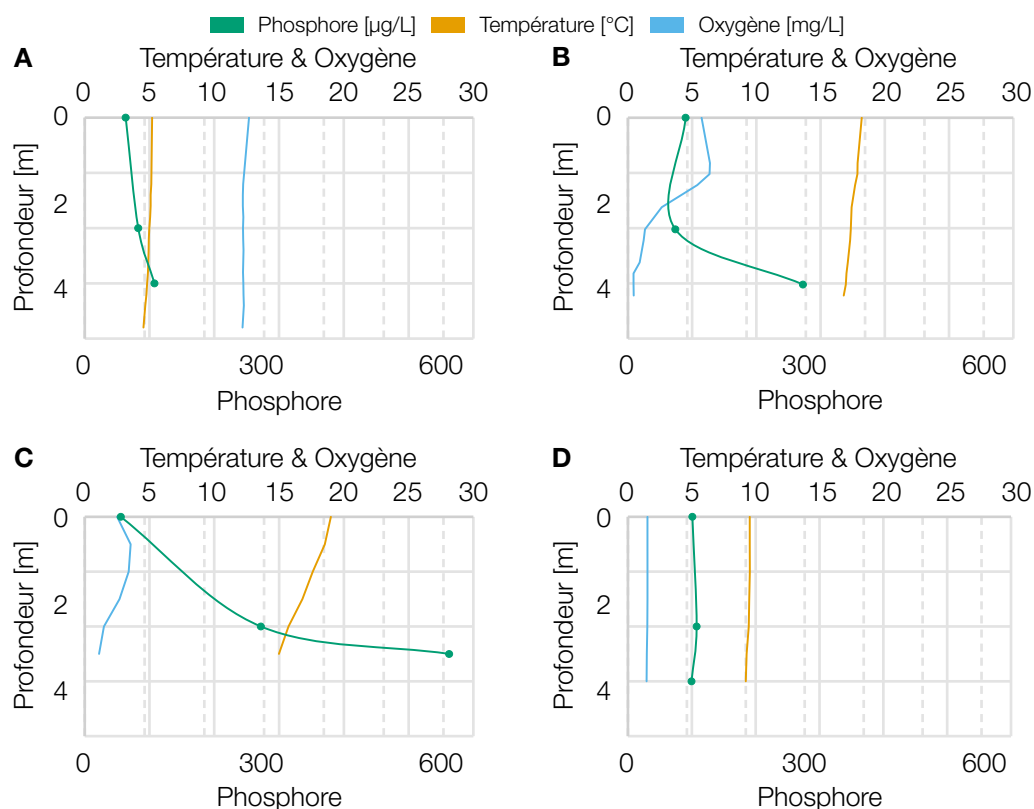
Oxygène et température

Compte tenu de sa faible profondeur, de 2 mètres environ, l'Étang de la Noz se comporte plutôt comme un étang que comme un lac, et porte donc bien son nom. Dans les plans d'eau plus profonds, des couches d'eau aux températures stables peuvent se

former (stagnation) et empêcher l'eau riche en oxygène de la surface de descendre vers les profondeurs. Ce phénomène peut entraîner un manque d'oxygène au fond du lac, le déficit pouvant se prolonger sur plusieurs mois, surtout en été. L'Étang de la Noz n'est toutefois pas assez profond pour

à l'instar de tous les organismes vivants. La nuit, la production d'oxygène s'interrompt, mais la respiration se poursuit. D'où de fortes variations : la teneur en oxygène peut atteindre des valeurs très élevées (sursaturation) pendant la journée et s'abaisser nettement la nuit. Dans le même temps,

Profils en profondeur saisonniers



Profil en profondeur en mars (A) et en octobre (D) 2023 durant la phase de circulation, ainsi qu'en juin (C) et en août (D) 2023 durant la phase de stagnation. Les graphiques présentent la température et la teneur en oxygène (axe supérieur) ainsi que la teneur en phosphore (axe inférieur) selon le profil en profondeur.

que l'on assiste à une stagnation. Le vent et les variations journalières de la température suffisent pour maintenir toute la colonne d'eau en mouvement (circulation), de sorte que température et teneur en oxygène affichent des valeurs similaires à la surface et au fond de l'eau. Malgré cette circulation quasi quotidienne, un plan d'eau riche en nutriments comme l'Étang de la Noz peut rencontrer des problèmes liés à l'oxygène, car les processus biologiques interviennent dans tout le volume d'eau.

L'étang étant peu profond, des plantes aquatiques (macrophytes) peuvent en coloniser de larges portions. De plus, les eaux peu profondes se réchauffent rapidement, ce qui accélère les processus biologiques et favorise la croissance de microalgues et de macrophytes. Au cours de la journée, les microalgues et les macrophytes produisent de l'oxygène par photosynthèse, et le consomment aussitôt par leur respiration,

des bactéries décomposent les matières organiques, telles les algues et les feuilles mortes qui se sont déposées au fond du lac. Ce faisant, elles consomment de l'oxygène et libèrent des nutriments, comme le phosphate et l'ammonium.

Les processus biologiques varient beaucoup au cours de l'année. Au printemps, la luminosité s'améliore, de sorte que la photosynthèse des microalgues et des macrophytes s'accroît, assurant en général une bonne oxygénation de l'eau (en mars). En été, la productivité biologique atteint son pic et la teneur en oxygène affiche ses variations journalières les plus marquées. À ce stade, l'Étang de la Noz est entièrement recouvert d'une vaste et épaisse couche de macrophytes. En raison de sa densité, cette végétation peut entraver l'effet du vent et des températures sur la circulation de l'eau, et il arrive que l'étang soit mal oxygéné sur de longues périodes (en juin et en août).

En automne, la lumière diminue d'intensité, ralentissant progressivement la photosynthèse. En parallèle, la décomposition des matériaux déposés au fond de l'eau se poursuit et englobe aussi la biomasse qui s'est accumulée au cours de l'été. Ce phénomène abaisse peu à peu les concentrations d'oxygène, en particulier lorsque les conditions météorologiques sont calmes et que la consommation d'oxygène au fond de l'étang est plus perceptible (en octobre). Bien que des baisses temporaires de la teneur en oxygène ne soient pas inhabituelles dans de tels systèmes, une production accrue de biomasse (due à des apports élevés de nutriments) peut les amplifier.

L'Étang de la Noz ne remplit pas les exigences légales pour ce qui est de la teneur en oxygène. L'ordonnance sur la protection des eaux spécifie que la teneur en oxygène doit, dans tout le volume du plan d'eau et indépendamment de la saison, se monter au minimum à 4 mg/l, les conditions naturelles particulières étant réservées (OEaux, annexe 2, ch. 13.3b). La majorité des analyses réalisées en 2023 dans le cadre de la surveillance des petits lacs ont révélé des teneurs en oxygène trop basses. En août et en octobre, cette teneur s'est même abaissée au-dessous de la valeur limite légale dans tout l'étang.

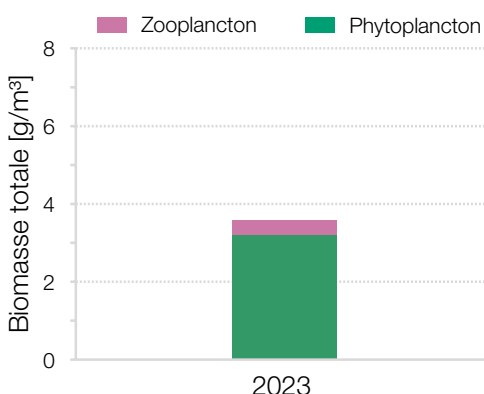
Parmi les principales raisons qui expliquent les concentrations accrues de phosphore dans l'Étang de la Noz figurent, d'une part, les apports provenant du bassin versant et, d'autre part, les émissions de phosphore issues des sédiments, où les apports précédents se sont accumulés. L'Étang de la Noz possède une végétation aquatique dense (macrophytes), qui empêche parfois le vent de brasser l'eau et engendre ainsi de longues périodes où l'oxygène fait défaut dans tout le volume d'eau. Dans ces conditions (manque d'oxygène), le phosphore est à nouveau libéré dans l'eau. Durant toute l'année, les macrophytes et les microalgues disposent ainsi de nutriments en suffisance, la biomasse s'accroît et sa décomposition nécessite à son tour des quantités accrues d'oxygène. C'est là un processus qui s'auto-alimente (en août). Les apports internes de nutriments peuvent même s'avérer plus importants que les apports externes. Pour briser ce cercle vicieux, il importe surtout de réduire autant que possible les apports externes de phosphore et de nutriments. C'est d'autant plus crucial que la capacité de dilution de

l'étang est faible, de sorte que l'impact des apports externes est plus grand. C'est le seul moyen d'améliorer à long terme les teneurs en oxygène et de permettre à l'écosystème de recouvrer sa bonne santé.

Plancton

Le plancton constitue la base de l'écosystème aquatique et de la chaîne alimentaire. Le phytoplancton (algues et cyanobactéries) se développe à partir de nutriments grâce à la lumière du soleil, tandis que le zooplancton (crustacés et larves d'insectes, par ex.) se nourrit du phytoplancton et sert ensuite de nourriture aux poissons. L'étroite interaction entre phytoplancton et zooplancton engendre des variations naturelles de biomasse, celle-ci désignant la quantité d'organismes dans le plan d'eau. Il est difficile d'interpréter les modifications de la biocénose planctonique. Les fluctuations naturelles mesurées, les temps de génération et la composition dynamique

Évolution de la biomasse totale du plancton



Biomasse totale moyenne ou somme du phytoplancton et du zooplancton [g/m³].

des biocénoses peuvent par ailleurs varier selon le moment du prélèvement. La surveillance du plancton n'en reste pas moins indispensable, puisque ce dernier est sensible aux changements d'ordre physique, chimique et biologique. Comme le plancton joue de plus un rôle écologique primordial, la surveillance des petits lacs soumet tant le phytoplancton que le zooplancton (crustacés) à des analyses régulières.

Compte tenu des teneurs élevées en nutriments, la biomasse totale du plancton est relativement faible dans l'Étang de la Noz. Elle est par ailleurs dominée par le phytoplancton.

Dans la biomasse du phytoplancton, ce sont les Cryptophyceae, très mobiles, qui prédominent. Selon la saison, d'autres

groupes d'organismes occupent une place dans la biomasse. À l'exception des diatomées (Bacillariophyceae) au printemps, les représentants des Chrysophyceae et des Dinophyceae sont tous des flagellés et peuvent donc se déplacer dans l'eau pour rejoindre les zones qui leur sont favorables.

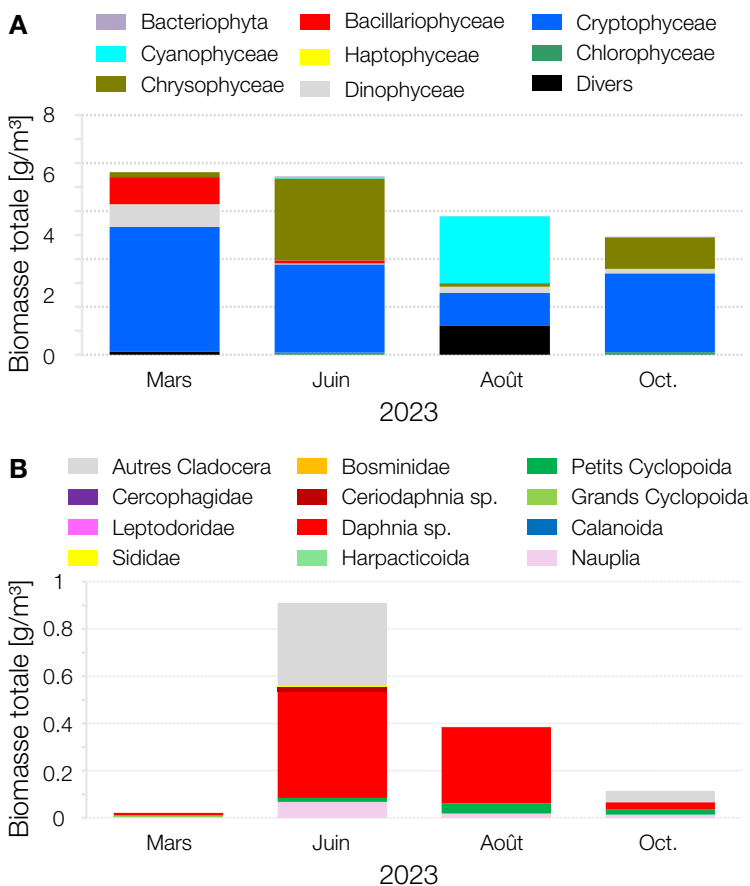
La biomasse du zooplancton est très faible, son niveau s'expliquant par l'absence d'habitats appropriés. De faible profondeur et densément colonisé par des végétaux aquatiques, l'Étang de la Noz n'offre guère d'espaces propices au plancton animal. La biomasse de ce dernier n'affiche dès lors que des valeurs très faibles, même en été. Le zooplancton comprend surtout des puces d'eau (*Daphnia pulex*, *Daphnia* sp.) et des lancées sphériques (*Chydorus* sp., autres Cladocera). De petits Cyclopoida, à des stades juvéniles, peu détectables dans un premier temps, étaient également représentés. En octobre, alors que la biomasse était très faible, quelques puces d'eau appartenant au genre des *Simoccephalus* (autres Cladocera) sont venues s'ajouter à la liste.

Outre la biomasse, la composition des biocénoses planctoniques donne aussi de précieuses indications sur l'état écologique de l'eau. Certains groupes du phytoplancton constituent ainsi des indicateurs de la teneur en nutriments. Même si le zooplancton ne comprend pas des espèces indicatrices généralement reconnues, la dynamique de ses populations et les changements dans la structure de sa biocénose fournissent des informations essentielles sur d'éventuelles atteintes environnementales telles que l'augmentation de la teneur en nutriments, le manque d'oxygène ou une prédation accrue.

Dans l'Étang de la Noz, les espèces appartenant au phytoplancton et indicatrices d'eaux très riches en nutriments (eutrophes à hypertrophes) sont présentes en nombre semblable à celles typiques d'eaux non ou peu riches en nutriments (oligotrophes à mésotrophes ; données non illustrées). En termes de biomasse, ce sont cependant les premières qui dominent clairement par rapport aux secondes.

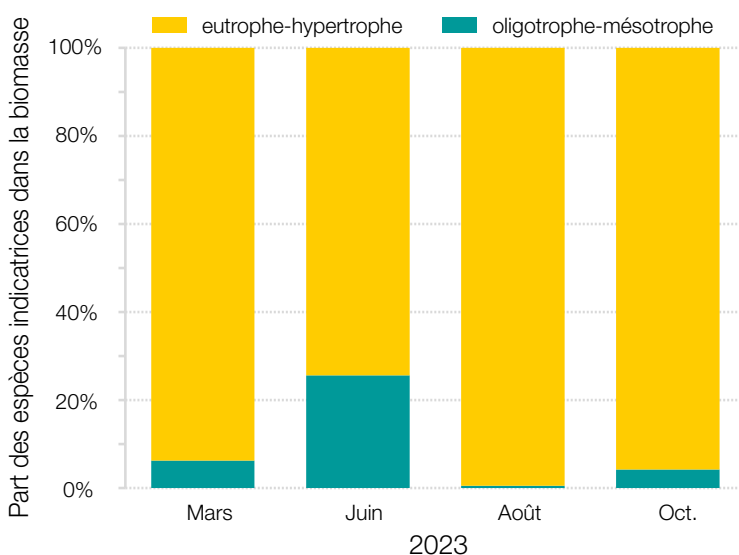
En plus des espèces composant la biocénose des crustacés (zooplancton), décrite ci-dessus, d'autres groupes d'organismes, tels des insectes, leurs larves, des vers et des rotifères, étaient beaucoup plus fré-

Évolution de la composition du plancton



Biomasse [g/m³] du phytoplancton (A) et du zooplancton (B), soit la somme des groupes d'espèces observés.

Phytoplancton selon la préférence en nutriments



Répartition, en pourcentage de la biomasse, des espèces indicatrices de différents niveaux trophiques du phytoplancton (classification selon la liste PTSI des espèces indicatrices [Allemagne], version 8.0.x, état en mars 2022, gewässer-beurteilung-berechnung.de) [jaune = riche à très riche en nutriments ; vert = peu à moyennement riche en nutriments].

quents. Cette situation s'explique par la structure de l'habitat, caractérisé par la forte présence de plantes aquatiques et la faible profondeur de l'eau, et donc par la proximité de la biocénose du fond de l'eau (benthos).

En résumé, on peut constater, comme l'indiquent les analyses de 2023, que l'Étang de la Noz est certes riche en nutriments, mais qu'il a ses particularités et présente des caractéristiques écologiques stables. La densité de la végétation aquatique engendre une forte concurrence pour la lumière et les nutriments, mais assure aussi un effet tampon naturel et réduit la charge de nutriments dans les eaux libres. C'est grâce à elle que la biomasse planctonique reste faible, les conditions qui règnent dans l'habitat se reflétant dans la composition du zooplancton.

ADN environnemental (ADNe)

Les organismes laissent dans leur environnement direct (air, sol, eau) des fragments d'ADN, qui en constituent des traces décelables. Cet ADN est appelé ADN environnemental (abrégé en ADNe). Les analyses des premiers échantillons d'ADNe prélevés dans le cadre de la surveillance des petits lacs ont visé à identifier différents groupes d'espèces (poissons, eucaryotes, insectes, mollusques et batraciens) en vue de fournir un aperçu de la diversité des eaux étudiées (sans prétendre pour autant à l'exhaustivité).

Selon les échantillons d'ADNe analysés, l'Étang de la Noz abrite le plus grand nombre de batraciens parmi les différents petits plans d'eau étudiés. Le crapaud commun (*Bufo bufo*), largement répandu en Suisse, figure en bonne place. On a également identifié, mais en moins grandes quantités, de l'ADNe de grenouilles vertes (*Pelophylax* sp.), ainsi que de salamandres et de tritons. Ces résultats correspondent aux observations sur le terrain. D'autres groupes d'espèces étaient moins présents, voire totalement absents. On n'a ainsi identifié que de rares rotifères (zooplancton qui forme en général une biomasse faible dans l'étang, voir plus haut), une seule espèce de mollusque et aucune libellule.

Micropolluants

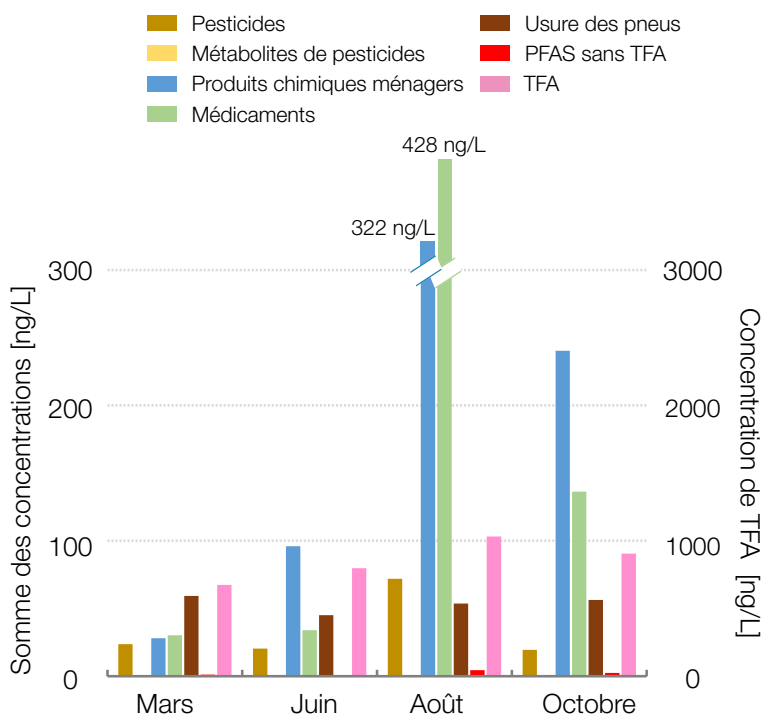
Les micropolluants sont des composés traces chimiques, qui sont présents en concentrations infimes dans les eaux (de l'ordre du microgramme par litre, voire moins). Malgré leur faible concentration, certaines substances peuvent avoir des effets néfastes sur les organismes aquatiques. Celles qui se dégradent mal, voire pas du tout, posent problème, car elles s'accumulent dans l'environnement. Les micropolluants parviennent dans les eaux en provenance de sources ponctuelles (stations d'épuration ou déversoirs d'orage, par ex.) ou de sources diffuses (agriculture, décharges, sites pollués, fuites, etc.), et sont présents sous leur forme d'origine (composé initial) ou une forme modifiée (métabolite). Les analyses menées en 2023 dans le cadre de la surveillance des petits lacs ont identifié 180 micropolluants organiques issus de différents domaines d'application. Ils ont été regroupés en fonction de leur utilisation, le graphique représentant les sommes des différents groupes.

Au total, 21 substances organiques ont été identifiées dans l'Étang de la Noz, dont la provenance est surtout domestique. Si la concentration dans l'environnement est su-



Prélèvement d'ADNe sur le terrain: il faut filtrer l'eau avec soin pour préserver les traces génétiques d'organismes aquatiques.

Concentrations de micropolluants sur l'année



Somme des concentrations par groupe de substances en 2023. Ses concentrations étant nettement plus élevées, le TFA est représenté sur un axe vertical séparé (à droite), dont l'échelle est multipliée par 10.

périeure au critère de qualité écotoxicologique correspondant, force est de supposer que la substance représente un risque pour des organismes vivants. Parmi les substances détectées, aucune ne dépasse les critères de qualité connus.

Bien que la région frontalière entre les cantons du Jura et de Berne soit peu habitée, l'Étang de la Noz présente une signature chimique qui se distingue surtout par des apports provenant des ménages. Parmi les substances décelées figurent des résidus de médicaments, tels des remèdes contre l'hypertension, des antiépileptiques et un médicament contre le diabète. À l'instar des édulcorants artificiels, ces substances se trouvent souvent dans les eaux usées communales. Enfin, des agents anticorrosion, souvent utilisés dans les lave-vaisselles et largement répandus dans les eaux, complètent le tableau. Les concentrations de ces produits chimiques domestiques sont plus faibles en mars et en juin qu'en août et en octobre. Des valeurs accrues

peuvent coïncider avec des déversements provenant des canalisations, qui se déchargent dans les cours d'eau en cas de fortes pluies ou de précipitations persistantes. Les pesticides détectés proviennent sans doute aussi des zones habitées, tous étant uniquement, ou du moins également, appliqués comme biocides. Parmi les substances actives identifiées, certaines sont utilisées sur les façades et d'autres en tant qu'insecticides.

Deux additifs pour pneus, rejetés dans l'environnement avec les eaux de chaussées, sont détectables toute l'année à de faibles concentrations. Quelques PFAS, polluants dits « éternels », ont également fait l'objet d'observations isolées et à de très faibles concentrations. Les analyses ont révélé la présence de TFA (acide trifluoroacétique) - additionné aux PFAS et provenant de différentes sources, à des concentrations allant jusqu'à 1000 ng/L. Elles n'ont toutefois détecté aucun produit phytosanitaire issu de l'agriculture.

Pour en savoir plus

[Surveillance des petits lacs – rapports 2023](#)

[Rapports sur la qualité des eaux](#)

[Autres sujets liés à la qualité des eaux](#)

Impressum

OED, Laboratoire cantonal de la protection des eaux et du sol
Schermenweg 11
3014 Bern



Ökologisches Monitoring Berner Kleinseen

Zustand des Oeschinensees

Der Oeschinensee ist ein wertvoller Lebensraum für Pflanzen und Tiere sowie ein Bade- und Fischereigewässer. Er ist nährstoffarm, naturnah und weist daher einen sehr guten ökologischen Zustand auf. Die gesetzlichen Anforderungen bezüglich Sauerstoff- und Nährstoffgehalt werden erfüllt. Mikroverunreinigungen wurden sowohl in geringer Anzahl als auch in geringen Konzentrationen nachgewiesen. Darunter waren das Biozid DEET und Stoffe aus häuslichem Abwasser, die hauptsächlich im Sommer auftreten; es besteht jedoch kein erkennbares Risiko.



Monitoring des Oeschinensees

Der Oeschinensee ist ein typischer Alpensee, der seit dem Jahr 2013 Teil des kantonalen Kleinseen-Monitorings ist (siehe Box). Das Monitoring findet alle 10 Jahre statt und wurde zuletzt im Jahr 2023 wiederholt. Um die jahreszeitliche Entwicklung grob zu erfassen, wurden Proben im Frühjahr (soweit es die Eisdecke zulässt) sowie im Sommer (x2) und Herbst entnommen.

Da kleine stehende Gewässer im Verlauf eines Jahres bezüglich Nährstoffeintrag, Temperaturverhältnissen und Algenproduktion stark variieren können, kann mit der geringen Probenanzahl nicht die ganze Dynamik dieses Ökosystems erfasst werden. Die Daten sind jedoch ausreichend, um eine Beurteilung des Gewässers vorzunehmen. Der vorliegende Bericht gibt

einen Überblick über die Zustandsentwicklung des Oeschinensees in den letzten 10 Jahren.

Kleinseen-Monitoring

Das Kleinseen-Monitoring im Kanton Bern wurde in den Jahren 1993, 2003, 2013 und zuletzt im Jahr 2023 durchgeführt. Alle 10 Jahre wurden in einer repräsentativen Auswahl von 10 Seen bis zu 4-mal pro Jahr Proben genommen, um deren Entwicklung zu erfassen. An der tiefsten Stelle jedes Sees wurden Tiefenprofile für physikalische Parameter (z.B. Temperatur, Sauerstoff) sowie chemische (z.B. Nährstoffgehalt, Mikroverunreinigungen) und biologische Proben (Plankton) untersucht. Zusätzlich zu diesem regelmässigen Überwachungsprogramm wurden im Juni 2023 Umwelt-DNA-Proben (eDNA) entnommen, um einen groben Überblick über die Artenvielfalt in jedem See zu erhalten.

Weitere Informationen unter:

www.be.ch/gewaesserqualitaet



Allgemeines

Der Oeschinensee liegt in der Gemeinde Kandersteg im Berner Oberland, unterhalb des Blüemlisalphorns. Auf knapp 1'600 Metern über Meer eingebettet in eine alpine Landschaft, gehört er seit 2007 zum erweiterten UNESCO-Weltnaturerbe „Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch“, das für seine eindrucksvollen Gletscherlandschaften und

Eckdaten zum See und Einzugsgebiet

A

Einzugsgebiet [ha]	2'208
Höhe des Seespiegel [m.ü.M.]	1'578
Seefläche [ha]	114
Maximale Seetiefe [m]	56
Volumen [m³]	37'422'336

geologische Dynamik international bekannt ist. Teile des Einzugsgebiets des Sees wurden bereits 1944 als kantonales Naturschutzgebiet ausgewiesen. Wasser aus Quellen des Oeschinensees werden durch die Trinkwasserversorgung Kandersteg genutzt. Aufgrund seines naturnahen Zustands dient der Oeschinensee als «Referenzsee» im Kleinseen-Monitoring.

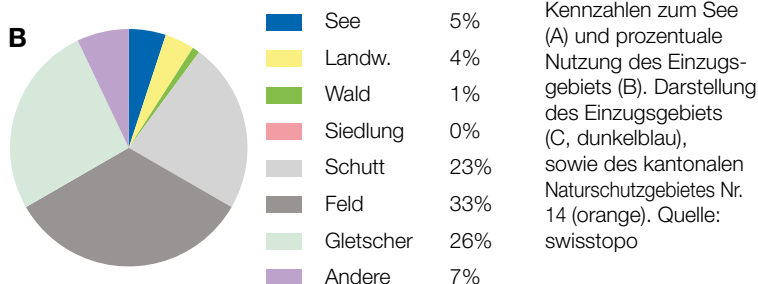
Der See ist maximal 56 Meter tiefe und mit einer Fläche von 114 Hektaren ein relativ grosser Kleinsee der Region. Der Wasserstand des Sees schwankt im Laufe des Jahres um etwa ± 15 Meter, was in erster Linie darauf zurückzuführen ist, dass der See auf Grund- und Schmelzwasser angewiesen ist, um sich aufzufüllen.

Das Einzugsgebiet - also die Landschaft, aus der Wasser in den See gelangt - prägt die physikalisch-chemischen Eigenschaften und hat einen erheblichen Einfluss auf die Wasserqualität. Charakteristisch für das Einzugsgebiet des Oeschinensees sind Flächen aus Felsen, Schutt und Gletschern. Seine Entstehung verdankt der Oeschinensee Felsstürzen. Der Steinschutt ist durchlässig, so dass der Seeabfluss normalerweise unterirdisch entwässert, und sich erst weiter unten der Öschibach bildet. Mehrere Zuflüsse bringen Wasser in den See und führen auf ihrem Weg vermutlich eine geringe Menge externer, bioverfügbarer Nährstoffe mit sich - wobei der Bergli-bach den grössten Beitrag leistet.

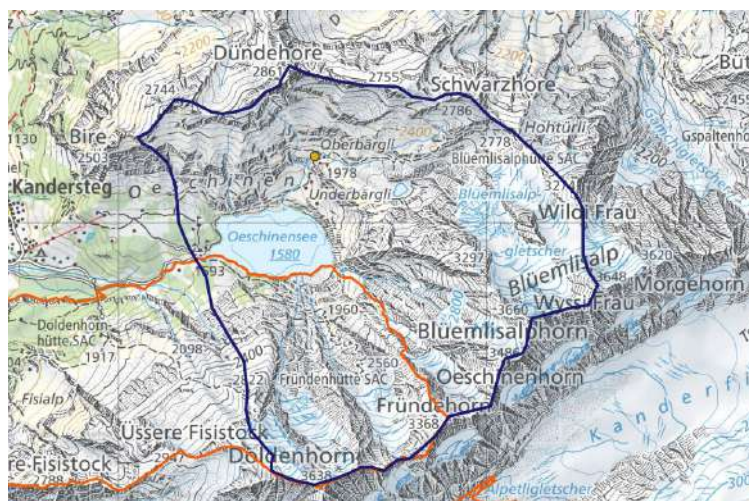
Nährstoffgehalte

In See-Ökosystemen regulieren die beiden Nährstoffe Phosphor und Stickstoff das Wachstum von Pflanzen und Algen, welche die Basis des Nahrungsnetzes bilden. Hohe Einträge dieser Nährstoffe führen zu einer übermässigen Bildung von Algen und zu einer Verschlechterung der Gewässerqualität. Dieser Prozess wird als Eutrophie-

B



C



zung bezeichnet. Die Gewässerschutzverordnung gibt vor, dass ein gesundes Ökosystem ohne schädliche Auswirkungen der Eutrophierung, wie Sauerstoffmangel, erhalten werden soll. Dazu ist festgelegt, dass «der Nährstoffgehalt höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen darf; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten» (GSchV, Anh. 2, Ziff. 13.2).

Der trophische Zustand eines Sees beschreibt, wie nährstoffreich und produktiv er ist - und damit auch, wie gut er als gesundes und vielfältiges Ökosystem funktionieren kann. Zur Bestimmung werden mehrere Indikatoren herangezogen - insbesondere der Phosphorgehalt, der meist das Algenwachstum limitiert, aber auch die Wasserklarheit (Sichttiefe), die Tempe-

raturentwicklung und die Algenbiomasse. Basierend auf diesen Indikatoren reicht die Klassifizierung von oligotroph für nährstoffarme, über mesotroph für mässig nährstoffreiche, und eutroph für nährstoffreiche, bis hypertroph für extrem mit Nährstoffen belastete Seen. Ein Vergleich zwischen dem natürlichen Zustand - ohne oder mit minimaler menschlicher Beeinflussung - und dem aktuellen trophischen Zustand gibt Hinweise auf das Ausmass der anthropogenen Eutrophierung. Unter anderem führen Siedlungsentwicklung, Abholzung, landwirtschaftliche Düngung, Drainagen, Abwassereinleitungen, Hochwasserentlastungen und künstliche Seeabsenkungen zu verstärkten Nährstoffeinträgen und können die Produktivität des Sees über das natürliche Mass hinaus erhöhen.

Trophischer Zustand

natürlicher Zustand

oligotroph	mesotroph	eutroph	polytroph	hypertroph
nährstoffarm	mässig nährstoffreich	nährstoffreich	sehr nährstoffreich	übermässig nährstoffreich

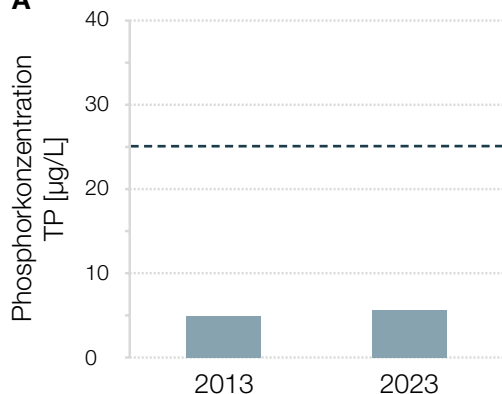
aktueller Zustand

Trophische Skala für Seen mit Angabe des natürlichen Zustands und des aktuellen Zustands. Je stärker die anthropogenen Einflüsse sind, desto mehr weichen die Zustände voneinander ab.

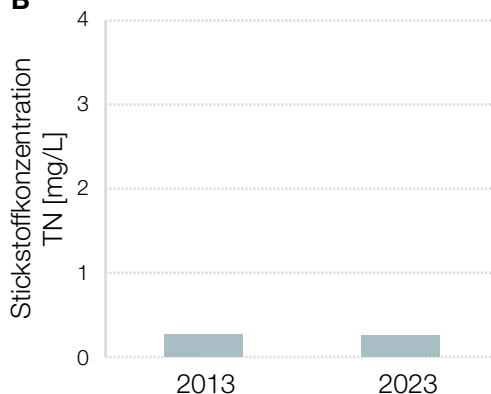
mittels LAWA 2014), heute noch in einem nährstoffarmen, oligotrophen Zustand. Da keine trophische Verschiebung feststellbar ist, befindet sich der See in seinem natürlichen Zustand.

Entwicklung der Nährstoffe

A



B



Phosphor- (A) und Stickstoffentwicklung (B). Durchschnittliche Konzentration des gesamten Seevolumens. Die horizontale Linie stellt die Zielkonzentration für Phosphor (25 µg/L) dar, die ein natürlicherweise oligo- bis mesotropher See nicht überschreiten sollte.

Im Oeschinensee wurde über einen Zeitraum von 10 Jahren im Rahmen des Kleinseen-Monitorings keine deutliche Veränderung der Nährstoffkonzentrationen von Stickstoff und Phosphor festgestellt. Die wasserchemischen Daten weisen auf einen insgesamt stabilen und nährstoffarmen Zustand des Sees hin. Die Phosphorkonzentration liegt in beiden Untersuchungsjahren deutlich unter der allgemeinen Zielkonzentration, welche die Produktivität natürlicherweise oligo- bis mesotropher Seen auf ein mässiges Niveau begrenzen soll. Dieser Zustand lässt sich auf das kaum belastete Einzugsgebiet zurückführen.

Der Oeschinensee hat natürlicherweise einen niedrigen Nährstoffgehalt und lag deswegen ursprünglich im oligotrophen Bereich (Referenzwert, LAWA 1998). Aufgrund der weiterhin geringen anthropogenen Nährstoffbelastung befindet es sich, basierend auf der aktuellen Bewertung im Rahmen des Monitorings (Berechnung

Sauerstoff & Temperatur

Der Oeschinensee und ähnlich tiefe Seen durchlaufen im Jahresverlauf Phasen der Durchmischung (Zirkulation) und der Schichtung (Stagnation). Im Oeschinensee tritt die Zirkulation nach der Eisschmelze und vor der Eisbildung auf, wenn die Wassertemperatur von der Oberfläche bis zum Grund einheitlich ist. In dieser Zeit werden Sauerstoff und Nährstoffe zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser ausgetauscht, wodurch ihre Konzentrationen über die gesamte Wassersäule relativ ähnlich sind.

Im Winter und Sommer, wenn sich die Wassertemperaturen zwischen Oberfläche und Tiefenwasser deutlich unterscheiden, sind die Wassermassen aufgrund der unterschiedlichen Dichte weitgehend voneinander getrennt - der See befindet sich in der Stagnationsphase, die während der warmen Sommermonate besonders ausgeprägt ist. In der oberen Wasserschicht

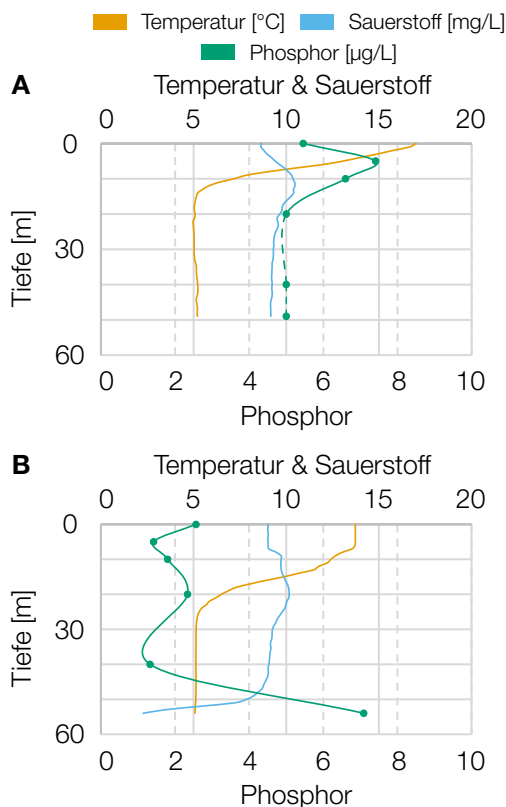
kommen Mikroalgen vor, die während ihres Wachstums Nährstoffe aufnehmen und mittels Photosynthese Sauerstoff produzieren. Ihre Wachstumsrate ist im Sommer höher, wodurch die oberflächennächste Schicht mit Sauerstoff gesättigt wird, und die Nährstoffkonzentrationen sinken. In den tieferen Wasserschichten hingegen wird abgestorbenes organisches Material - wie Plankton und Algen - durch Bakterien abgebaut. Dabei wird Sauerstoff verbraucht (Sauerstoffzehrung) und gleichzeitig werden Nährstoffe wie Phosphat und Ammonium an das umgebende Wasser abgegeben - was typischerweise zu einem vertikalen Gradienten mit zunehmender Nährstoffkonzentration und abnehmendem Sauerstoffgehalt gegen den Seegrund hinführt. Aufgrund der geringen Nährstoffverfügbarkeit im Oeschinensee bleibt die Biomasse jedoch klein, womit bei deren Abbau nur wenig Sauerstoff in der Tiefe verbraucht wird. Infolgedessen bleiben die Tiefenprofile von Sauerstoff und Phosphor über die Jahreszeiten hinweg relativ stabil.

Im Oeschinensee wurde beobachtet, dass während der Messungen im Oktober 2023 der Sauerstoffgehalt in den untersten 2-3 Metern den gesetzlichen Grenzwert unterschritt - dasselbe Phänomen wurde auch im Jahr 2013 beobachtet. In der Gewässerschutzverordnung wird spezifiziert, dass der Sauerstoffgehalt im gesamten Seewasser unabhängig von der Jahreszeit mindestens 4 mg/L betragen muss; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten (GSchV, Anh. 2, Nr. 13.3b). Mögliche Erklärungen sind unterirdische Zuflüsse und/oder seeinterne Rutschungen, welche zu einer Sauerstoffzehrung führen können. Der Sauerstoffrückgang findet im Tiefenwasser in 0.2% des Gesamtvolumens während der Stagnationsphase statt und wird folglich auf natürliche Prozesse zurückgeführt. Deswegen und da der aktuelle Nährstoffzustand dem natürlichen Zustand sehr nahekommt, wird der Seezustand aktuell als sehr gut beurteilt.

Plankton

Plankton bildet die Basis der Seeökosysteme bzw. des Nahrungsnetzes. Phytoplankton (Algen und Cyanobakterien) vermehren sich mit Hilfe von Sonnenlicht und Nährstoffen, während Zooplankton (z. B. Krebstiere und Insektenlarven) sich davon ernährt und wiederum als Nahrung für Fische dient. Phyto- und Zooplankton

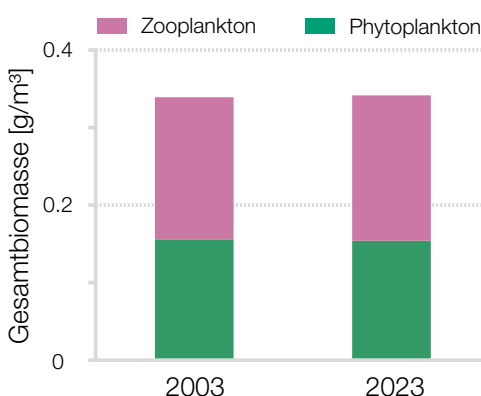
Saisonale Tiefenprofile



Tiefenprofil im Juni (A, während der Zirkulationsphase) und Oktober (B, während der Stagnationsphase) 2023. Dargestellt sind Temperatur und Sauerstoffgehalt (obere Achse) sowie Phosphorgehalt (untere Achse) im Tiefenverlauf.

stehen in enger Wechselwirkung, was zu natürlichen Biomasseschwankungen führt - Biomasse beschreibt die Menge an Leben im See. Die Interpretation von Veränderungen in Planktongemeinschaften ist komplex. Natürliche Schwankungen, kurze Generationszeiten und die dynamische Zusammensetzung der Organismen können zudem je nach Probenahmezeitpunkt variierende Ergebnisse liefern. Dennoch ist die Überwachung unerlässlich, da Plankton empfindlich auf physikalische, chemische und biologische Veränderungen reagiert. Aus diesem Grund und wegen ihrer zentralen ökologischen Rolle werden sowohl Phyto- als auch Zooplankton (Krebstierar-

Entwicklung der Plankton Gesamtbiomasse



Mittlere Gesamtbiomasse des Planktons als Summe des Phyto- und Zooplanktons [g/m³].

ten) im Rahmen des Kleinseen-Monitorings erfasst.

Im Oeschinensee fällt in beiden Untersuchungsjahren die Gesamtbiomasse des Planktons sehr gering aus. Sie liegt in derselben Grössenordnung wie beispielsweise im Brienersee.

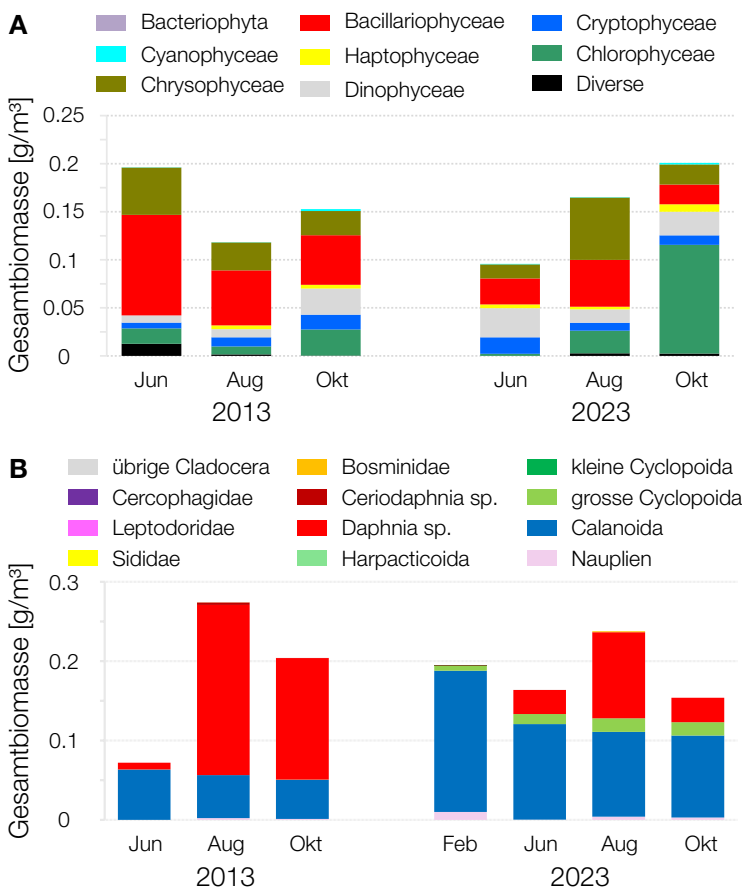
Die Biomasse des Phytoplanktons bleibt zwischen 2013 und 2023 sehr niedrig. Im Vergleich zu 2013 haben Kieselalgen (Bacillariophyceae) und Goldalgen (Chrysophyceae) im Jahr 2023 nicht in jedem Monat die grössten Biomassenanteile. Nun sind auch Panzerflagellaten (Dinophyceae) und besonders Grünalgen (Chlorophyceae) vertreten.

Die Zooplanktonbiomasse bleibt ebenfalls sehr niedrig. Interessant ist, dass die Biomasse im Februar 2023 - unter der Eisdecke - im gleichen Bereich lag, wie im restlichen Jahr. Insgesamt wird die Biomasse des Zooplanktons fast ausschliesslich durch Schwebekrebs (*Eudiaptomus gracilis*, Calanoida) dominiert. Der Hüpferling *Cyclops abyssorum* (Grosse Cyclopodia) trat in den Sommerproben 2023 regelmässig auf, während 2013 nur vereinzelt Jugendstadien der grossen Hüpferlinge beobachtet wurden. Die Wasserföhe (*Daphnia* sp.) waren sowohl 2013 wie auch 2023 präsent. Im Sommer und Herbst 2023 konnten zudem Rädertiere (*Asplanchna* sp.) in grösserer Dichte beobachtet werden (Daten nicht dargestellt).

Neben der Biomasse liefert auch die Zusammensetzung der Planktongemeinschaften wertvolle Hinweise auf den ökologischen Zustand eines Gewässers. Bestimmte Phytoplanktongruppen gelten als Indikatorarten für den Nährstoffgehalt des Wassers. Auch wenn es keine allgemein anerkannten Indikatorarten für Zooplankton gibt, liefern deren Populationsdynamik und Veränderungen in der Gemeinschaftsstruktur wichtige Informationen über Umweltbelastungen wie Nährstoffanreicherung, Sauerstoffmangel oder erhöhten Frassdruck.

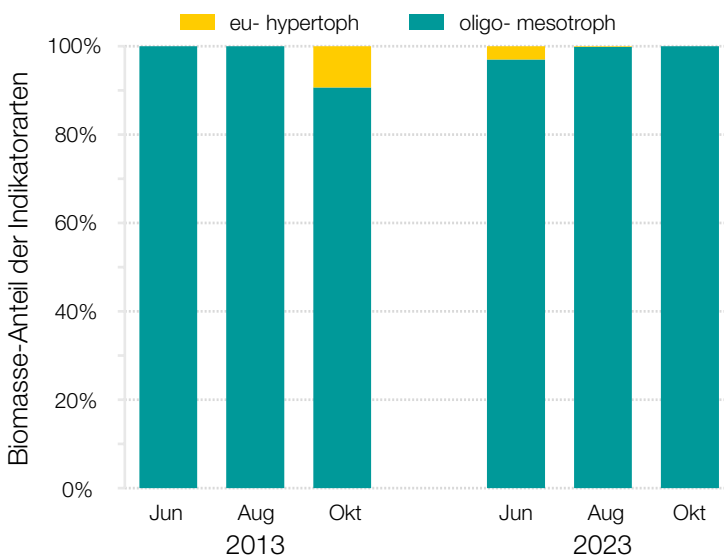
Im Oeschinensee hat die Anzahl der Phytoplankton-Indikatorarten seit 2013 insgesamt leicht zugenommen. Dies betrifft sowohl Indikatorarten für kaum bis mässig gedüngte (oligo-mesotroph), sowie Arten für gedüngte bis stark gedüngte (eu- bis hypertroph) Gewässer (Daten nicht dar-

Entwicklung der Planktonzusammensetzung



Phytoplankton (A) und Zooplankton (B) Biomasse [g/m³] als Summe der beobachteten Arten-Gruppen.

Phytoplankton nach Nährstoffpräferenz



Prozentuale Verteilung der Biomasse der Indikatorarten für verschiedene Trophiestufen des Phytoplanktons (Zuordnung gemäss PTSI Indikatorliste Version 8.0.x, Stand März 2022, gewässer-bewertung-berechnung.de). Gelb = gedüngt bis sehr stark gedüngt, Grün = kaum bis mässig gedüngt.

gestellt). Dennoch ist sowohl die Anzahl als auch die Biomasse der Indikatorarten für kaum bis mässig gedüngte (oligo-mesotroph) Gewässer insgesamt deutlich dominant.

Die Artenzusammensetzung des Zooplanktons ist ebenfalls typisch für einen oligotrophen, nährstoffarmen See. Bei den Blattfusskrebse (Cladocera wie *Daphnia sp.*, *Ceriodaphnia sp.*, Bosminidae, Sidae) war die für oligotrophe Gewässer typische Wasserfloh-Art *Daphnia longispina/rosea* vorherrschend.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Plankton-Untersuchungen von 2023 den sehr guten ökologischen Zustand des Oeschinensees bestätigen. Die Planktongemeinschaften und Artenzusammensetzung entsprechen einem nährstoffarmen, naturnahen Bergsee ohne Anzeichen einer Verschlechterung seit der letzten Untersuchung im Jahr 2013.

Umwelt DNA (eDNA)

Organismen hinterlassen in ihrer Umwelt (Luft, Boden, Wasser) nachweisbare Spuren in Form von DNA-Fragmenten. Diese DNA wird als Umwelt-DNA (engl. Environmental DNA, kurz eDNA) bezeichnet. Die erstmals im Rahmen des Monitorings entnommenen eDNA-Wasserproben wurden auf verschiedene Artengruppen (Fische, Eukaryoten/Insekten, Weichtiere und Amphibien) untersucht, um einen Einblick in die Artenvielfalt des untersuchten Gewässers zu erhalten (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

Im Oeschinensee wurde mittels eDNA die niedrigste Diversität unter den untersuchten Kleinseen festgestellt. Dies ist einerseits nicht verwunderlich, da es sich um einen nährstoffarmen See mit wenig Plankton (siehe oben) handelt. Andererseits kann es sein, dass DNA aufgrund der beeinträchtigten Probenqualität (Inhibition) nicht detektiert werden konnte. Dennoch wurde die meiste DNA von Amphibien im Oeschinensee gefunden, die der Erdkröte (*Bufo bufo*) zugeordnet wurde. Erdkröten sind in der Schweiz weit verbreitet. Da Erdkröten im Frühjahr ihre Laichschnüre in Gewässern ablegen und sich dann als Kaulquappen in stehenden Gewässern aufhalten bis zum Landgang ca. im Juni (abhängig von der Höhenlage), könnte dies die hohe Menge an DNA-Nachweisen erklären. Zusätz-

lich konnte die DNA vom Hausrind nachgewiesen werden, welche über das Land eingetragen wurde.

Mikroverunreinigungen

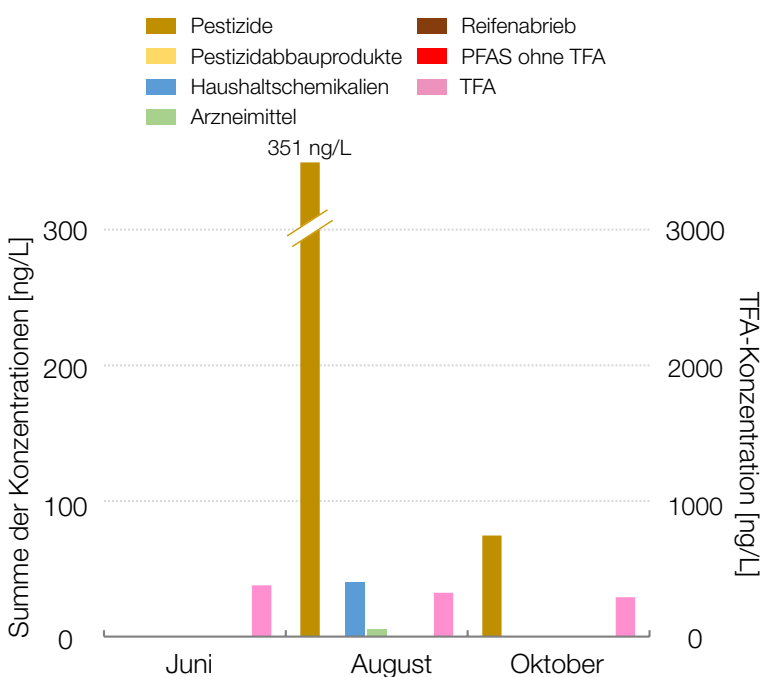
Mikroverunreinigungen sind chemische Spurenstoffe, die in den Gewässern in sehr tiefen Konzentrationen (Mikrogramm pro Liter oder tiefer) vorkommen. Trotz ihrer geringen Konzentration können einige Stoffe negative Auswirkungen auf aquatische Lebewesen haben. Bestimmte Substanzen sind schwer oder nicht abbaubar und problematisch, da sie in der Umwelt angereichert werden. Mikroverunreinigungen gelangen über Punktquellen (z.B. Kläranlagen, Entlastungen der Kanalisation bei Regen) und diffuse Quellen (z.B. Landwirtschaft, Deponien oder Altlasten) in die Gewässer und können in ihrer ursprünglichen Form als Ausgangssubstanzen oder in abgewandelter Form als Abbauprodukte vorkommen. Im Rahmen des Kleinseen-Monitorings 2023 wurden 180 organische Mikroverunreinigungen aus verschiedenen Anwendungsbereichen untersucht.

Im Oeschinensee wurden lediglich 6 organische Mikroverunreinigungen in geringen Konzentrationen nachgewiesen. Darunter waren das Biozid DEET und Stoffe aus häuslichem Abwasser, die hauptsächlich



Feldarbeit zur eDNA-Probenahme: Wasser wird sorgfältig gefiltert, um genetische Spuren aquatischer Organismen zu erfassen

Mikroverunreinigungen im Jahresverlauf



Summe der Konzentrationen pro Stoffgruppe (gruppiert gemäss ihrer Verwendung) im Jahr 2023. TFA ist aufgrund deutlich höherer Konzentrationen auf einer separaten (rechten) y-Achse mit einer um den Faktor 10 höheren Skalierung dargestellt.

im Sommer auftreten. Ist die Umweltkonzentration grösser als ein ökotoxikologisches Qualitätskriterium, so kann ein Risiko für Organismen angenommen werden. Von den untersuchten Substanzen wurden keine Konzentrationen über den bekannten ökotoxikologischen Qualitätskriterien gefunden.

Auch im Oeschinensee wird, wie in allen anderen Seen, in allen Proben TFA (Trifluoressigsäure) in mehreren 100 ng/L nachgewiesen. TFA, gehört zu den PFAS, den sogenannten Ewigkeitschemikalien und kommt überall vor. Es wird auch in entlegene Regionen aus der Atmosphäre mit dem Regen eingetragen. Überraschend ist jedoch der hohe Befund des Biozids Methylisothiazolinon, das nur im August in der oberen Schicht des Sees nachgewiesen wurde. Dieses ist in der aquatischen Umwelt wenig stabil und wird daher selten ge-

funden. Es kommt in vielen verschiedenen Produkten als Konservierungsmittel zum Einsatz, zum Beispiel in Farben und Lacken aber auch in Sonnencremes und Kosmetikprodukten. Im August wurde das Biozid DEET nachgewiesen, welches zur Insektenabwehr bei Menschen und Tier zum Einsatz kommt. Daneben lassen sich ebenfalls nur im August Spuren des Korrosionsschutzmittels Benzotriazol, des weit verbreiteten Süsstoffs Acesulfam und selbst das Schmerzmittel Diclofenac nachweisen. Die Konzentrationen der Mikroverunreinigungen sind insgesamt sehr tief. Trotzdem zeigen die aktuellen Untersuchungen auf, dass anthropogene Spuren bereits weit im Hochgebirge vorhanden sind. Glücklicherweise nur im Hochsommer und nur in der oberen Wasserschicht, während der See in der Tiefe und zu den Randzeiten Juni und Oktober nahezu ohne Mikroverunreinigungen ist.

Weiterführende Links

[Berichte Kleinseen-Monitoring 2023](#)

[Berichte zur Gewässerqualität](#)

[Weitere Themen zur Gewässerqualität](#)

Impressum

AWA, Gewässer- und Bodenschutzlabor
Schermenweg 11
3014 Bern



Ökologisches Monitoring Berner Kleinseen

Zustand des Sängeliweiher

Der Sängeliweiher ist ein wertvoller Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Er ist jedoch sehr nährstoffreich und befindet sich in einem ökologisch schlechten Zustand. Er erfüllt die gesetzlichen Anforderungen bezüglich Sauerstoff- und Nährstoffgehalt nicht. Trotz regelmässiger Durchmischung und dadurch generell akzeptablem Sauerstoffgehalt kann die hohe Produktivität zeitweise zu Sauerstoffmangel führen. Im See werden ganzjährig verschiedene Mikroverunreinigungen gefunden, hauptsächlich Pestizide. Die PFOS-Konzentration (Ewigkeitschemikalie) und die Konzentration zweier Pestizide sind teilweise so hoch, dass schädliche Wirkungen auf Wasserlebewesen nicht ausgeschlossen werden können.



Monitoring des Sängeliweiher

Der Sängeliweiher ist ein landwirtschaftlich geprägter See, der 2023 zum ersten Mal in das kantonale Kleinseen-Monitoring aufgenommen wurde (siehe Box). Das Monitoring findet alle 10 Jahre statt. Um die jahreszeitliche Entwicklung grob zu erfassen, wurden Proben im Frühjahr, Sommer (2x) und Herbst entnommen.

Da kleine stehende Gewässer im Verlauf eines Jahres bezüglich Nährstoffeintrag, Temperaturverhältnissen und Algenproduktion stark variieren können, kann mit der geringen Probenanzahl nicht die ganze Dynamik dieses Ökosystems erfasst werden. Die Daten sind jedoch ausreichend, um eine Beurteilung des Gewässers vorzunehmen. Der vorliegende Bericht gibt einen

Überblick über den Zustand des Sängeliweiher.

Kleinseen-Monitoring

Das Kleinseen-Monitoring im Kanton Bern wurde in den Jahren 1993, 2003, 2013 und zuletzt im Jahr 2023 durchgeführt. Alle 10 Jahre wurden in einer repräsentativen Auswahl von 10 Seen bis zu 4-mal pro Jahr Proben genommen, um deren Entwicklung zu erfassen. An der tiefsten Stelle jedes Sees wurden Tiefenprofile für physikalische Parameter (z.B. Temperatur, Sauerstoff) sowie chemische (z.B. Nährstoffgehalt, Mikroverunreinigungen) und biologische Proben (Plankton) untersucht. Zusätzlich zu diesem regelmässigen Überwachungsprogramm wurden im Juni 2023 Umwelt-DNA-Proben (eDNA) entnommen, um einen groben Überblick über die Artenvielfalt in jedem See zu erhalten. Weitere Informationen unter:

www.be.ch/gewaesserqualitaet



Allgemeines

Der Sängeliweiher befindet sich in der Gemeinde Thunstetten im Oberaargau. Er liegt zwischen Herzogenbuchsee und Langenthal. Der See liegt auf 481 Metern über Meer, ist maximal 2 Meter tief und mit einer Fläche von 1.1 Hektaren ein kleiner Kleinsee der Region. Gleich daneben liegt der fast komplett verlandete Bleibacher Torfsee.

Eckdaten zum See und Einzugsgebiet

A

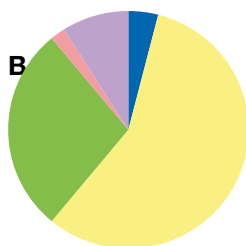
Einzugsgebiet [ha]	55
Höhe des Seespiegels [m.ü.M.]	481
Seefläche [ha]	1.1
Maximale Seetiefe [m]	2
Volumen [m³]	14'204

Das umliegende Einzugsgebiet - also die Landschaft, aus der das Wasser in den See gelangt - prägt die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Wasserzuflusses und hat daher einen erheblichen Einfluss auf die Wasserqualität. Charakteristisch für das Einzugsgebiet des Sängeliweiher sind landwirtschaftlich genutzte Flächen, von denen ein grosser Teil durch eine Baumschule eingenommen wird, sowie Waldgebiete. Zwei Zuflüsse bringen Wasser in den See und führen auf ihrem Weg vermutlich eine mässig hohe Menge an externen Nährstoffen mit sich - wobei der Wolfacherbach den grösseren Anteil zuführt. Zusätzlich wird die Wasserqualität gelegentlich durch häusliche Abwässer beeinträchtigt.

Der Sängeliweiher war nach der letzten Eiszeit Teil eines Gletschersees, der über die Jahrtausende durch Sedimentablagerungen und Pflanzenwachstum bereits vor knapp 300 Jahren vollständig verlandet war. Später wurde im Gebiet Lehm abgebaut, wobei bemerkenswerte Funde zutage kamen - fossile Tierüberreste aus dem Tertiärzeitalter. Nach Aufgabe des Lehmabbaus entwickelte sich ein artenreicher Lebensraum, der 1977 unter Naturschutz gestellt wurde. Heute besitzt der Weiher einen hohen ökologischen Wert - er beherbergt gefährdete Pflanzen- und Amphibienarten und bietet zahlreichen Vogelarten einen wichtigen Lebensraum als Brut- und Rastplatz.

Nährstoffgehalte

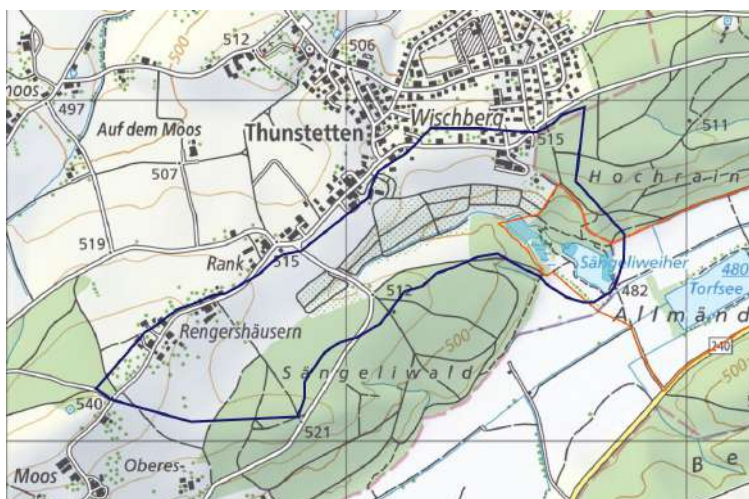
In See-Ökosystemen regulieren die beiden Nährstoffe Phosphor und Stickstoff das Wachstum von Pflanzen und Algen, welche die Basis des Nahrungsnetzes bilden. Hohe Einträge dieser Nährstoffe führen zu einer übermässigen Bildung von Algen und zu einer Verschlechterung der Gewässerqualität. Dieser Prozess wird als Eutrophierung bezeichnet. Die Gewässerschutz-



See	4%
Landw.	57%
Wald	28%
Siedlung	2%
Schutt	0%
Feld	0%
Gletscher	0%
Andere	9%

Kennzahlen zum See (A) und prozentuale Nutzung des Einzugsgebiets (B). Darstellung des Einzugsgebiets (C, dunkelblau), des kantonalen Naturschutzgebietes Nr. 118 (orange) sowie der Fläche des regionalen Flachmoors (hellblau). Quelle: swisstopo

C

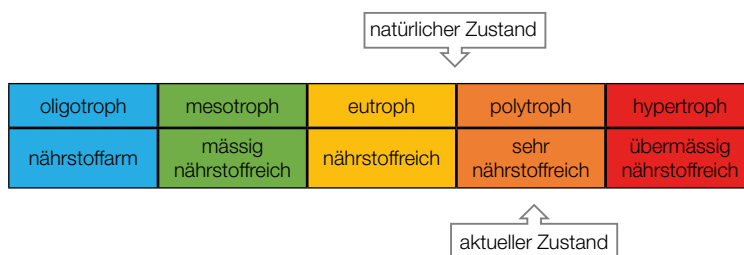


verordnung gibt vor, dass ein gesundes Ökosystem ohne schädliche Auswirkungen der Eutrophierung, wie Sauerstoffmangel, erhalten werden soll. Dazu ist festgelegt, dass «der Nährstoffgehalt höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen darf; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten» (GSchV, Anh. 2, Ziff. 13.2).

Der trophische Zustand eines Sees beschreibt, wie nährstoffreich und produktiv er ist - und damit auch, wie gut er als gesundes und vielfältiges Ökosystem funktionieren kann. Zur Bestimmung werden mehrere Indikatoren herangezogen - insbesondere der Phosphorgehalt, der meist das Algenwachstum limitiert, aber auch

die Wasserklarheit (Sichttiefe), die Temperaturentwicklung und die Algenbiomasse. Basierend auf diesen Indikatoren reicht die Klassifizierung von oligotroph für nährstoffarme, über mesotroph für mässig nährstoffreiche, und eutroph für nährstoffreiche, bis hypertroph für extrem mit Nährstoffen belastete Seen. Ein Vergleich zwischen dem natürlichen Zustand - ohne oder mit minimaler menschlicher Beeinflussung - und dem aktuellen trophischen Zustand gibt Hinweise auf das Ausmass der anthropogenen Eutrophierung. Unter anderem führen Siedlungsentwicklung, Abholzung, landwirtschaftliche Düngung, Drainagen, Abwassereinleitungen, Hochwasserentlastungen und künstliche Seeabsenkungen zu verstärkten Nährstoffeinträgen und können die Produktivität des Sees über das natürliche Mass hinaus erhöhen.

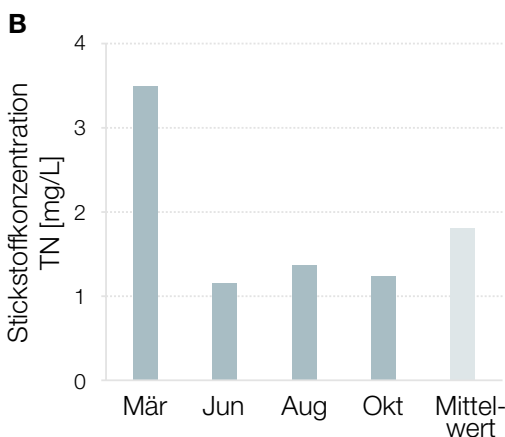
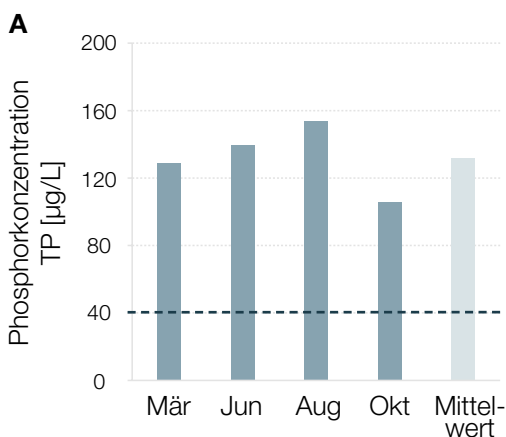
Trophischer Zustand



Trophische Skala für Seen mit Angabe des natürlichen Zustands und des aktuellen Zustands. Je stärker die anthropogenen Einflüsse sind, desto mehr weichen die Zustände voneinander ab.

wegen ursprünglich an der Grenze zwischen eutrophem und polytrophem Bereich (Referenzwert, LAWA 1998). Durch die vom Menschen verursachte Nährstoffbelastung aus dem Einzugsgebiet ist der See nährstoffreicher geworden und befindet sich,

Entwicklung der Nährstoffe



Phosphor- (A) und Stickstoffentwicklung (B). Durchschnittliche Konzentration des gesamten Seevolumens. Die horizontale Linie stellt die Zielkonzentration für Phosphor (40 µg/L) dar, die ein natürlicherweise oligo- bis mesotropher See nicht überschreiten sollte.

Im Sängeliweiher weisen die wasserchemischen Daten auf einen sehr hohen Phosphorbelastung hin. Die Konzentrationen liegen bei allen Messungen ein Mehrfaches über der allgemeinen Zielkonzentration, welche die Produktivität natürlicherweise meso- bis eutropher Seen auf einem mässigen Niveau begrenzen soll. Auffällige saisonale Schwankungen sind nicht erkennbar, was auf ein dauerhaft nährstoffreiches System mit anhaltender Phosphoranreicherung hindeutet. Verglichen mit den anderen untersuchten Kleinseen sind die Phosphorwerte des Sängeliweiher die zweithöchsten, nach dem Lobsigensee. Die Stickstoffkonzentrationen waren im März 2023 erhöht, stabilisierten sich jedoch in den folgenden Messungen auf einem relativ niedrigen Niveau.

Der Sängeliweiher hatte natürlicherweise einen hohen Nährstoffgehalt und lag des-

basierend auf der aktuellen Bewertung im Rahmen des Monitorings (Berechnung mittels LAWA 2014), heute deutlich im sehr nährstoffreichen, polytrophem Zustand. Die zunehmende Eutrophierung des Sees verschlechterte die Gesamtsituation des Ökosystems, die auch das Sauerstoffgleichgewicht beeinflusst.

Sauerstoff & Temperatur

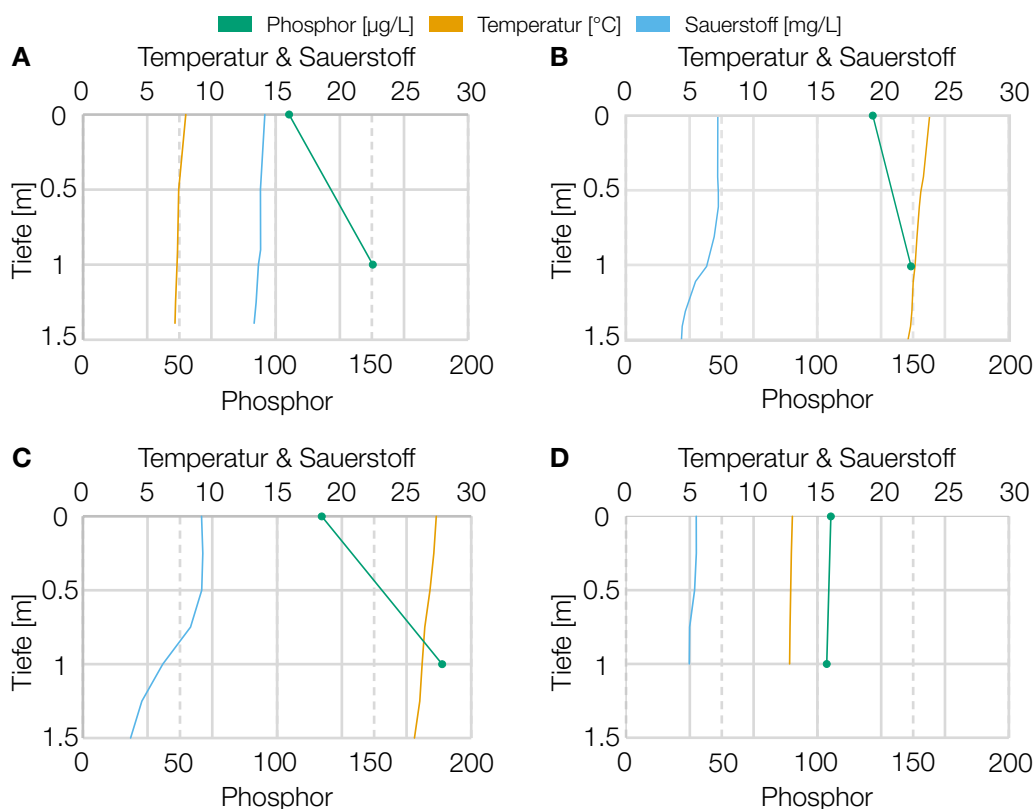
Der Sängeliweiher verhält sich wegen seiner geringen Tiefe von etwa 1.5 Metern bis maximal 2 Metern eher wie ein Weiher als ein See. In tieferen Seen können sich stabile Temperaturschichten bilden (Stagnation), die verhindern, dass sauerstoffreiches Wasser aus der Oberfläche in die Tiefe gelangt - vor allem im Sommer kann dies über mehrere Monate zu anhaltendem Sauerstoffmangel am Grund führen. Im Sängeliweiher hingegen verhindert die geringe

Tiefe eine solche Stagnation. Wind und tägliche Temperaturschwankungen reichen aus, um die gesamte Wassersäule in Bewegung zu halten (Zirkulation), wodurch sich Temperatur und Sauerstoffgehalt vom Oberflächenwasser bis zum Grund ähneln. Trotz dieser fast täglichen Zirkulation kann es in einem nährstoffreichen Weiher wie dem Sängeliweiher zu Sauerstoffproblemen kommen, da biologische Prozesse das gesamte Wasservolumen betreffen.

und Laub, verbrauchen dabei Sauerstoff und setzen Nährstoffe wie Phosphat und Ammonium ins Wasser frei.

Die biologischen Prozesse variieren stark im Jahresverlauf. Im Frühling verbessern sich die Lichtverhältnisse, und die Photosynthese von Mikroalgen und Makrophyten nimmt zu, was generell zu guten Sauerstoffverhältnissen im Wasser führt (März 2023). Im Sommer erreicht die biologische Produktivität ihren Höhepunkt mit

Saisonale Tiefenprofile



Tiefenprofil im März (A) und Oktober (D) 2023 während der Zirkulationsphase sowie Juni (B) und August (C) 2023 während der Stagnationsphase. Dargestellt sind Temperatur und Sauerstoffgehalt (obere Achse) sowie Phosphorgehalt (untere Achse) im Tiefenverlauf.

Die geringe Tiefe ermöglicht es Wasserpflanzen (Makrophyten), in weiten Teilen des Weihers zu wachsen. Zudem führt die geringe Tiefe dazu, dass sich das Wasser stärker erwärmt, was biologische Prozesse beschleunigt und das Wachstum von Mikroalgen und Makrophyten fördert. Tagsüber produzieren Mikroalgen und Makrophyten durch Photosynthese Sauerstoff und verbrauchen diesen gleichzeitig durch Atmung, ebenso wie alle anderen Gewässerlebewesen. Nachts entfällt die Sauerstoffproduktion, während die Atmung weiterläuft. Dies führt zu starken Schwankungen: Tagsüber kann der Sauerstoffgehalt sehr hoch werden (Übersättigung), nachts sinkt er deutlich ab. Gleichzeitig zersetzen Bakterien am Seegrund organisches Material wie abgestorbene Algen

den ausgeprägtesten täglichen Sauerstoffschwankungen. Aufgrund einer erhöhten Biomasseproduktion kann der Sauerstoffverbrauch schneller erfolgen als die Wiederauffüllung, wodurch es zu Sauerstoffmangel kommen kann (Juni & August). Im Herbst nimmt die Lichtintensität ab, wodurch die Photosyntheseaktivität zurückgeht. Gleichzeitig setzt sich der Abbau organischen Materials im Sediment fort - darunter auch die Biomasse, die sich über den Sommer angesammelt hat. Dies führt zu allmählich abnehmenden Sauerstoffkonzentrationen, besonders unter ruhigen Bedingungen, wenn sich der Sauerstoffverbrauch am Seegrund stärker bemerkbar macht (Oktober). Obwohl vorübergehende Abnahmen des Sauerstoffgehalts in solchen Systemen nicht ungewöhnlich sind,

kann sich dies durch eine erhöhte Biomasseproduktion wegen erhöhter Nährstoffeinträge verstärken.

Der Sängeliweiher erfüllt die gesetzliche Anforderung an den Sauerstoffgehalt nicht. In der Gewässerschutzverordnung wird spezifiziert, dass der Sauerstoffgehalt im gesamten Seewasser unabhängig von der Jahreszeit mindestens 4 mg/L betragen muss; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten (GSchV, Anh. 2, Nr. 13.3b). Im Rahmen des Kleinseen-Monitorings 2023 wurde im August ein zu niedriger Sauerstoffgehalt am Seegrund gemessen. Die regelmässige Zirkulation des Gewässers sorgt jedoch meist für ausreichende Sauerstoffwerte. Im Oktober liegt der Sauerstoffgehalt im gesamten See nahe am Grenzwert, was darauf hindeutet, dass der gesamte See zeitweise unter Sauerstoffmangel leidet.

Die geringe Tiefe des Sängeliweihers führt zu fast täglicher Zirkulation der Wassermassen, wodurch langfristiger Sauerstoffmangel verhindert wird - gleichzeitig bedeutet dies aber auch, dass einmal eingetragene Nährstoffe durch die ständige Zirkulation über einen längeren Zeitraum verfügbar bleiben. Dadurch werden Makrophyten (Wasserpflanzen) und Mikroalgen das ganze Jahr über mit Nährstoffen versorgt, was zu einer erhöhten Biomasse führt, deren Abbau wiederum mehr Sauerstoff verbraucht. Unter sauerstoffarmen Bedingungen wird zusätzlich Phosphor aus den Sedimenten freigesetzt, wo er aus früheren Nährstoffeinträgen gespeichert ist. Dieser freigesetzte Phosphor fördert weiteres Algenwachstum - ein sich selbst verstärkender Kreislauf (August). Um diesen Teufelskreis zu durchbrechen, ist es essenziell, die externen Phosphor-/Nährstoffeinträge möglichst stark zu reduzieren. Dies ist umso wichtiger, da der kleine See nur eine geringere Verdünnungskapazität hat und externe Einträge sich stärker auswirken. Nur so können die Sauerstoffverhältnisse langfristig verbessert und ein gesundes Ökosystem ermöglicht werden.

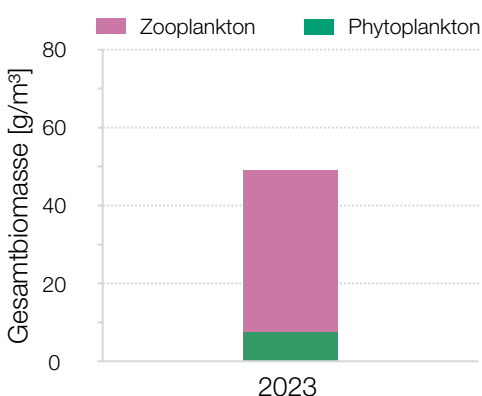
Plankton

Plankton bildet die Basis der Seeökosysteme bzw. des Nahrungsnetzes. Phytoplankton (Algen und Cyanobakterien) vermehren sich mit Hilfe von Sonnenlicht und Nährstoffen, während Zooplankton (z. B. Krebstiere und Insektenlarven) sich da-

von ernährt und wiederum als Nahrung für Fische dient. Phyto- und Zooplankton stehen in enger Wechselwirkung, was zu natürlichen Biomasseschwankungen führt - Biomasse beschreibt die Menge an Leben im See. Die Interpretation von Veränderungen in Planktongemeinschaften ist komplex. Natürliche Schwankungen, kurze Generationszeiten und die dynamische Zusammensetzung der Organismen können zudem je nach Probenahmezeitpunkt variierende Ergebnisse liefern. Dennoch ist die Überwachung unerlässlich, da Plankton empfindlich auf physikalische, chemische und biologische Veränderungen reagiert. Aus diesem Grund und wegen ihrer zentralen ökologischen Rolle werden sowohl Phyto- als auch Zooplankton (Krebstierarten) im Rahmen des Kleinseen-Monitorings erfasst.

Im Sängeliweiher ist die Gesamtbiomasse des Planktons durch das Zooplankton dominiert.

Entwicklung der Plankton Gesamtbiomasse



Mittlere Gesamtbio-
masse des Planktons
als Summe des Phyto-
und Zooplanktons [g/
m³]).

Die Biomasse des Phytoplanktons ist jedoch vergleichsweise hoch, und die verschiedenen Algengruppen treten während der gesamten Vegetationsperiode in einem ausgeglichenen Verhältnis auf. Im Frühling 2023 zeigt sich ein Maximum, während im Sommer und Herbst die Biomasse des Phytoplanktons geringer ist. In dieser Zeit ist jedoch der Anteil der Grünalgen (Chlorophyceae) besonders gross - ein typisches Merkmal eutropher, nährstoffreicher Gewässer.

Die Zooplankton-Biomasse im Sängeliweiher schwankt im Untersuchungsjahr stark, und ist zeitweise (Juni 2023) sehr hoch - was die Dominanz an der Gesamtbio-
masse des Planktons erklärt. Bei den Juni-Werten des Sängeliweihers handelt es sich um die höchsten Biomassewerte, die im Rahmen

des Kleinseen-Monitoring beobachtet wurden. Das Maximum im Juni, wie auch im August und Oktober, wurde durch Rüsselkrebse (*Bosmina longirostris*, Bosminidae) hervorgerufen. Im Sommer und Herbst konnten beim Zooplankton, nebst den Rüsselkrebsen, zusätzlich Rädertiere (*Asplanchna* sp., *Keratella* sp., *Polyarthra* sp.) in unterschiedlichen Dichten beobachtet werden. Die Schwebekrebse (*Eudiaptomus gracilis*, Calanoida) und grossen Hüpferlinge (*Cyclops vicinus*, Grosse Cyclopodia) erreichten nur im Frühling/Frühsummer geringe Werte. Die kleinen Hüpferlinge *Thermocyclops crassus* (eine wärmeliebende Art, Kleine Cyclopodia) wurden im Sommer mit etwas höherer Biomasse gefunden.

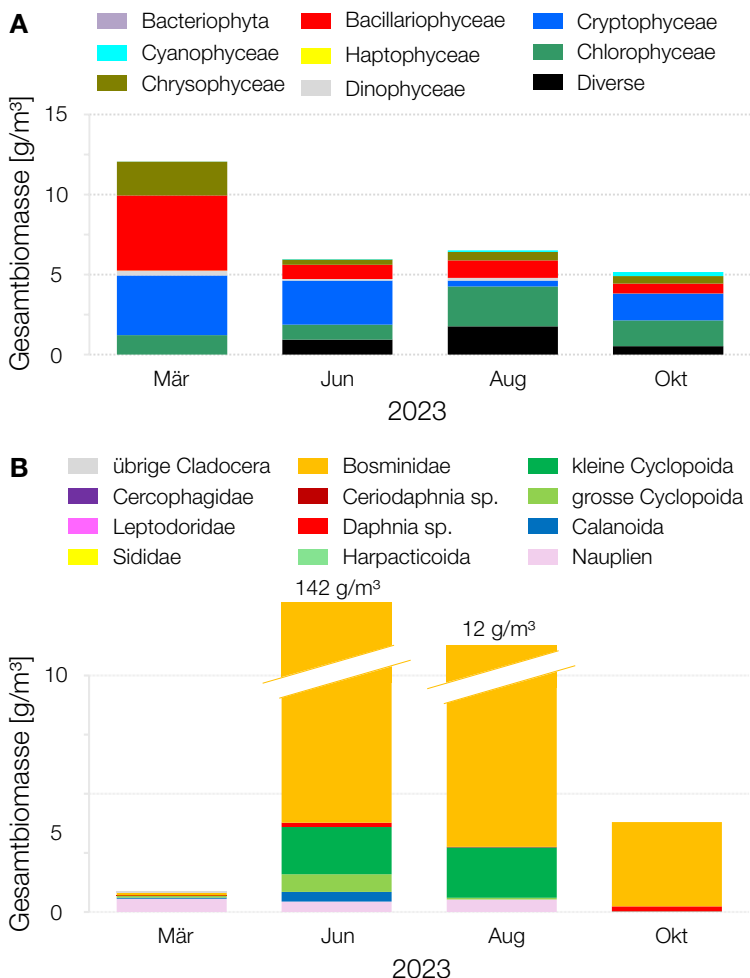
Neben der Biomasse liefert auch die Zusammensetzung der Planktongemeinschaften wertvolle Hinweise auf den ökologischen Zustand eines Gewässers. Bestimmte Phytoplanktongruppen gelten als Indikatorarten für den Nährstoffgehalt des Wassers. Auch wenn es keine allgemein anerkannten Indikatorarten für Zooplankton gibt, liefern deren Populationsdynamik und Veränderungen in der Gemeinschaftsstruktur wichtige Informationen über Umweltbelastungen wie Nährstoffanreicherung, Sauerstoffmangel oder erhöhten Frassdruck.

Im Sängeliweiher spiegeln die gefundenen Phytoplankton-Indikatorarten die Nährstoffbelastungen wider. Im Frühling überwiegen Arten, die auf kaum bis mässig gedüngte (oligo-mesotroph) Gewässer hinweisen. In den übrigen Monaten sind zahlenmässig mehr Indikatorarten für gedüngte bis sehr stark gedüngte (eu-hypertroph) Gewässer vorhanden (Daten nicht dargestellt), deren Biomassen jedoch nur in den warmen Sommermonaten hoch sind.

Die Massenentwicklung von Rüsselkrebsen des Zooplanktons deuten auf starke Eutrophierung des Gewässers hin.

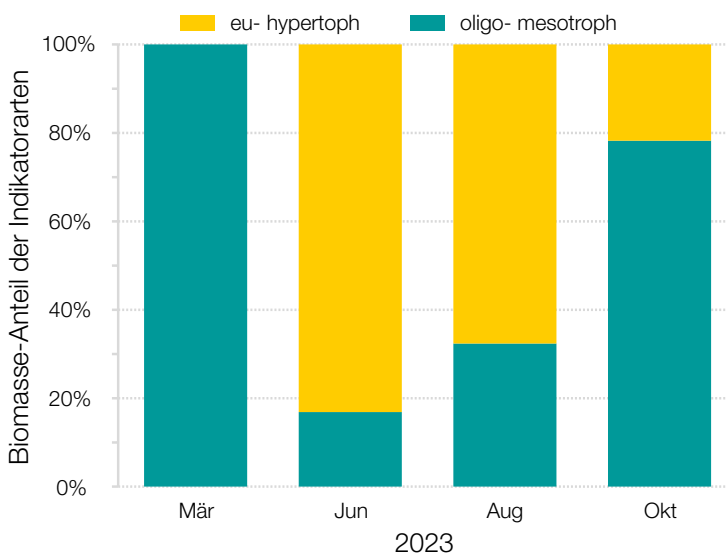
Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Sängeliweiher insgesamt stark eutrophiert ist und wenig saisonale Dynamik in der Nährstoffbelastung und im Plankton zeigt - abgesehen von den hohen Massenentwicklung der Rüsselkrebsen (Zooplankton).

Entwicklung der Planktonzusammensetzung



Phytoplankton (A) und Zooplankton (B) Biomasse [g/m³] als Summe der beobachteten Arten-Gruppen.

Phytoplankton nach Nährstoffpräferenz



Prozentuale Verteilung der Biomasse der Indikatorarten für verschiedene Trophiestufen des Phytoplanktons (Zuordnung gemäss PTSI Indikatorliste Version 8.0.x, Stand März 2022, gewässer-bewertung-berechnung.de). Gelb = gedüngt bis sehr stark gedüngt, Grün = kaum bis mässig gedüngt.

Umwelt DNA (eDNA)

Organismen hinterlassen in ihrer Umwelt (Luft, Boden, Wasser) nachweisbare Spuren in Form von DNA-Fragmenten. Diese DNA wird als Umwelt-DNA (engl. Environmental DNA, kurz eDNA) bezeichnet. Die erstmals im Rahmen des Monitorings entnommenen eDNA-Wasserproben wurden auf verschiedene Artengruppen (Fische, Eukaryoten/Insekten, Weichtiere und Amphibien) untersucht, um einen Einblick in die Artenvielfalt des untersuchten Gewässers zu erhalten (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

Im Sängeliweiher konnten mittels eDNA-Untersuchungen, im Vergleich zu den anderen untersuchten Kleinseen, die meisten Weichtierarten (Schnecken und Muscheln, 6 Taxa) nachgewiesen werden - teilweise allerdings in sehr niedrigen DNA-Mengen. Auffällig war die DNA des nicht heimischen Sonnenbarsch (*Lepomis gibbosus*). Ursprünglich aus Nordamerika kommend ist dieser ein beliebter Teich- und Aquarienfisch, welcher mittlerweile in vielen Schweizer Gewässern anzutreffen ist. Ein weiterer interessanter Befund ist, dass die DNA vom Hausrind nachgewiesen wurde, was auf die landwirtschaftliche Nutzung der Region zurückzuführen ist.

Mikroverunreinigungen

Mikroverunreinigungen sind chemische Spurenstoffe, die in den Gewässern in sehr tiefen Konzentrationen (Mikrogramm pro Liter oder tiefer) vorkommen. Trotz ihrer geringen Konzentration können einige Stoffe negative Auswirkungen auf aquatische Lebewesen haben. Bestimmte Substanzen sind schwer oder nicht abbaubar und problematisch, da sie in der Umwelt angereichert werden. Mikroverunreinigungen gelangen über Punktquellen (z.B. Kläranlagen, Entlastungen der Kanalisation bei Regen) und diffuse Quellen (z.B. Landwirtschaft, Deponien oder Altlasten) in die Gewässer und können in ihrer ursprünglichen Form als Ausgangssubstanzen oder in abgewandelter Form als Abbauprodukte vorkommen. Im Rahmen des Kleinseen-Monitorings 2023 wurden 180 organische Mikroverunreinigungen aus verschiedensten Anwendungsbereichen untersucht.

Mit insgesamt 29 nachgewiesenen organischen Mikroverunreinigungen zählt der Sängeliweiher zu den am höchsten be-

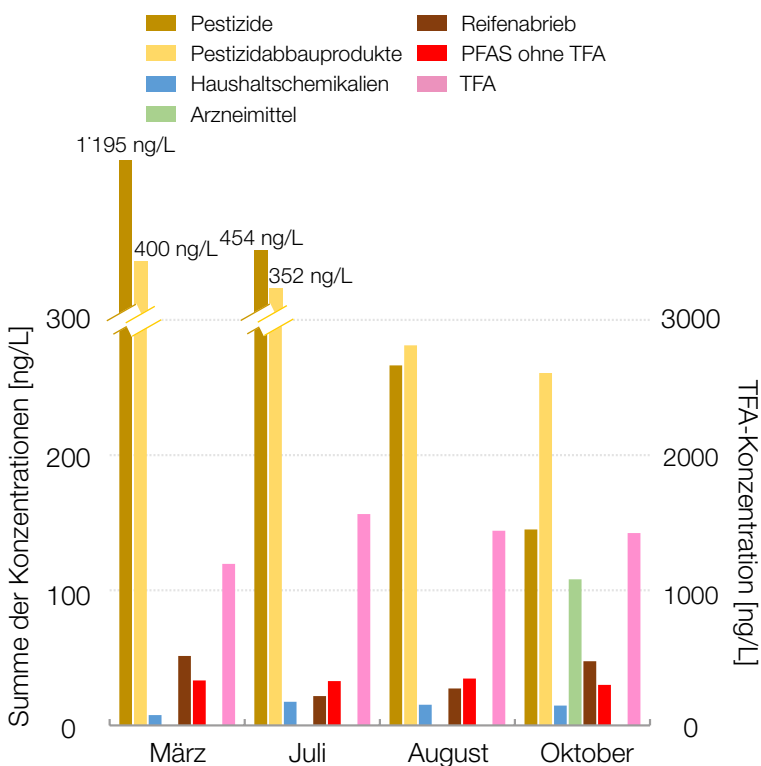
lasteten Seen der Untersuchungskampagne 2023. Im See werden ganzjährig verschiedene Mikroverunreinigungen gefunden, hauptsächlich Pestizide aus dem professionellen Pflanzenschutz. Mit den chronischen Qualitätskriterien, die für ein Monitoring der Gewässerqualität empfohlen werden, können Belastungen über einen längeren Zeitraum beurteilt werden. Ist die Umweltkonzentration grösser als das Qualitätskriterium, so kann ein Risiko für Organismen angenommen werden. Die Konzentrationen von PFOS, welches zu den Ewigkeitschemikalien gehört, überschreiten das chronische ökotoxikologische Qualitätskriterium ganzjährig.

Ein hoher Fund (1'200 ng/L) des vor allem im Rapsanbau, aber auch im Zierpflanzenbau, verwendeten Herbizids Propyzamid führt zu einer sehr schlechten ökotoxikologischen Beurteilung der Wasserqualität im Frühjahr: das chronische Qualitätskriterium wurde hier um das 18-fache überschritten. Verstärkt wird dies durch den Fund des Pyrethroid-Insektizids Cyhalothrin, welches das chronische Qualitätskriterium um das 4-fache überschreitet.



Feldarbeit zur eDNA-Probenahme: Wasser wird sorgfältig gefiltert, um genetische Spuren aquatischer Organismen zu erfassen

Mikroverunreinigungen im Jahresverlauf



Summe der Konzentrationen pro Stoffgruppe (gruppiert gemäss ihrer Verwendung) im Jahr 2023. TFA ist aufgrund deutlich höherer Konzentrationen auf einer separaten (rechten) y-Achse mit einer um den Faktor 10 höheren Skalierung dargestellt.

Neben fünf weiteren Pflanzenschutzmittelwirkstoffen werden auch sieben Abbauprodukte ganzjährig nachgewiesen, darunter dominieren zwei weit verbreitete Abbauprodukte des Herbizids Metolachlor, welches neu seit 2025 nicht mehr eingesetzt werden darf. Ebenfalls in erhöhten Konzentrationen kommt TFA (Trifluoressigsäure) vor mit mittleren Konzentrationen zwischen 1'000 bis 1'500 ng/L. Diese erhöhten Werte, von TFA - welches zu den PFAS gehört - stammen vermutlich aus dem Abbau Pflanzenschutzmitteln. TFA kommt allerdings auch in entlegenen Regionen vor, diese Hintergrundbelastung stammt vermutlich aus dem Einsatz in Kältemitteln.

Im Sängeliweiher werden konstante und relativ hohe Konzentrationen von PFAS, den sogenannten Ewigkeitschemikalien, gemessen - darunter, nebst TFA, auch das besonders schädliche und persistente PFOS. Die Konzentrationen liegen ganzjährig mehr als dreifach über dem chronischen Qualitätskriterium.

Im Oktober werden zudem Substanzen aus häuslichem Abwasser, wie Medikamentenrückstände und Korrosionsschutzmittel in sehr tiefen Konzentrationen nachgewiesen. Ganzjährig tiefe Konzentrationen von Zusatzstoffen, die aus dem Reifenabrieb stammen und mit dem Strassenabwasser in die Gewässer gelangen.

Weiterführende Links

[Berichte Kleinseen-Monitoring 2023](#)

[Berichte zur Gewässerqualität](#)

[Weitere Themen zur Gewässerqualität](#)

Impressum

AWA, Gewässer- und Bodenschutzlabor
Schermenweg 11
3014 Bern