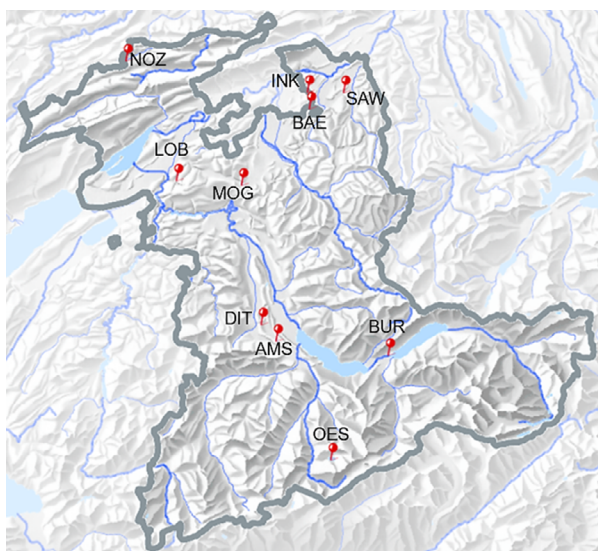




Ökologisches Monitoring Berner Kleinseen

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

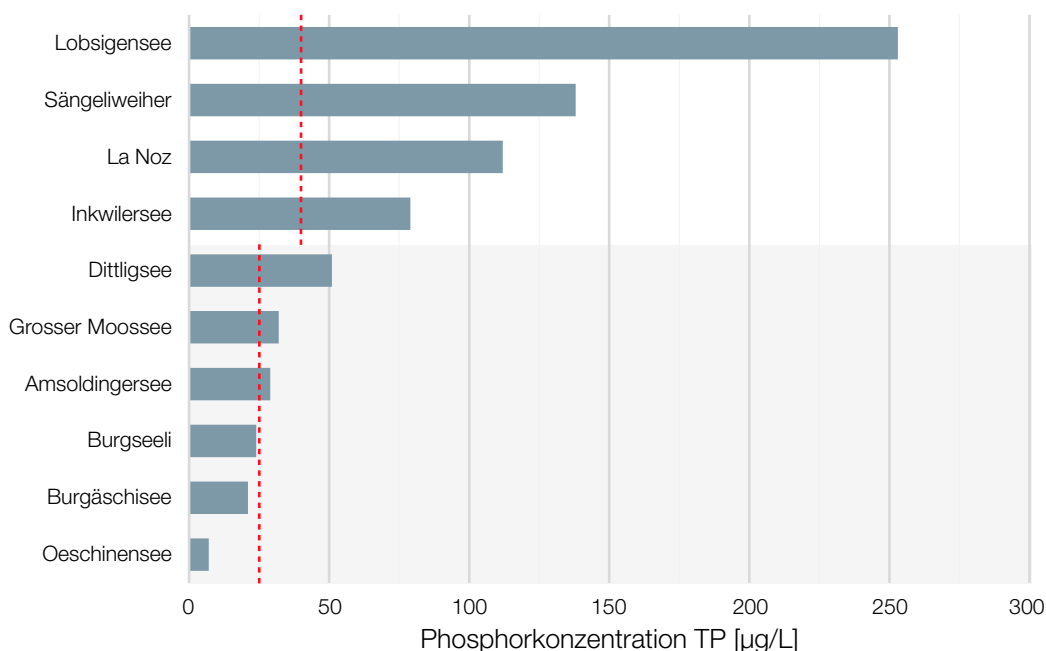
Die letzten Untersuchungen im Jahr 2023 zeigen, dass die meisten der ausgewählten Kleinseen immer noch zu viel Phosphor aufweisen. So haben neun von zehn Seen Phosphor-Konzentrationen über dem Ziel-

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).

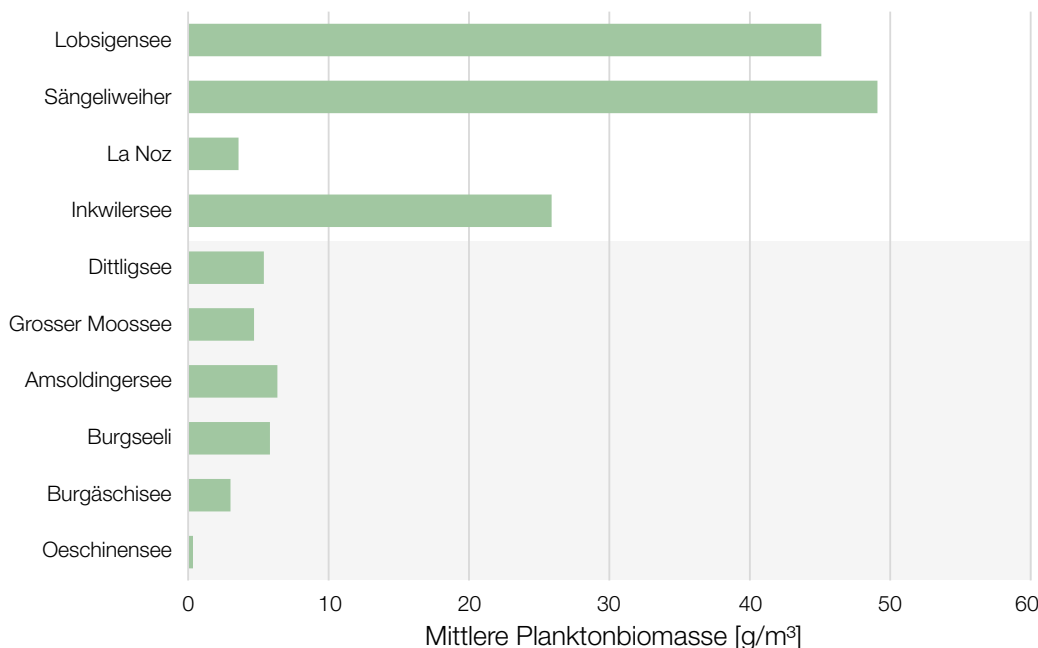
Nährstoffgehalt und Produktivität beschreiben zusammen mit anderen Indikatoren, wie die Wasserklarheit (Sichttiefe) und Temperaturentwicklung, den Trophiegrad eines Sees. Die Klassifizierung reicht von oligotroph für nährstoffarme bis hin zu hypertroph für extrem nährstoffreiche Seen. Ein Vergleich zwischen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

Phosphorkonzentrationen



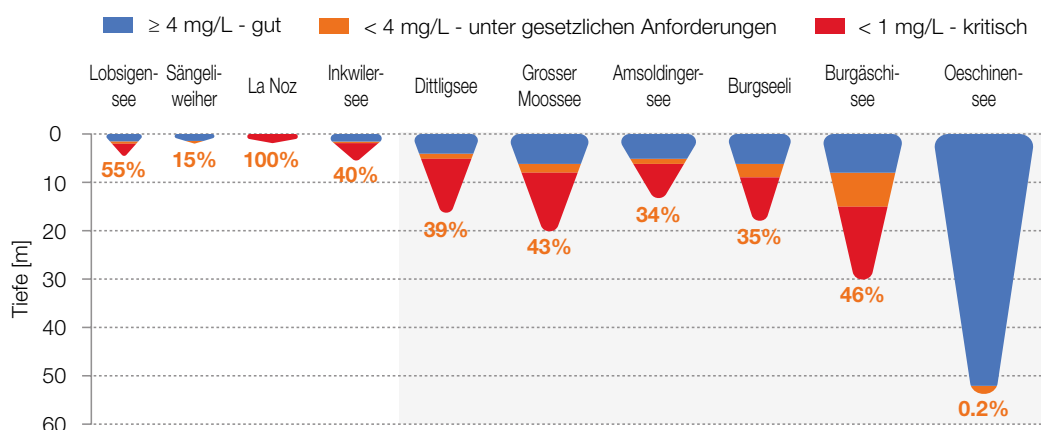
Die Werte zum Phosphorgehalt (µg/L) zeigen repräsentative Konzentrationen dieses Nährstoffs über das Jahr 2023 gesehen. Für Oeschinensee bis Dittligsee gilt der Frühjahrswert als repräsentativ, für Inkwilensee bis Lobsigensee der Jahresmittelwert. Grau hinterlegt sind Seen die tiefer als 10 m sind und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

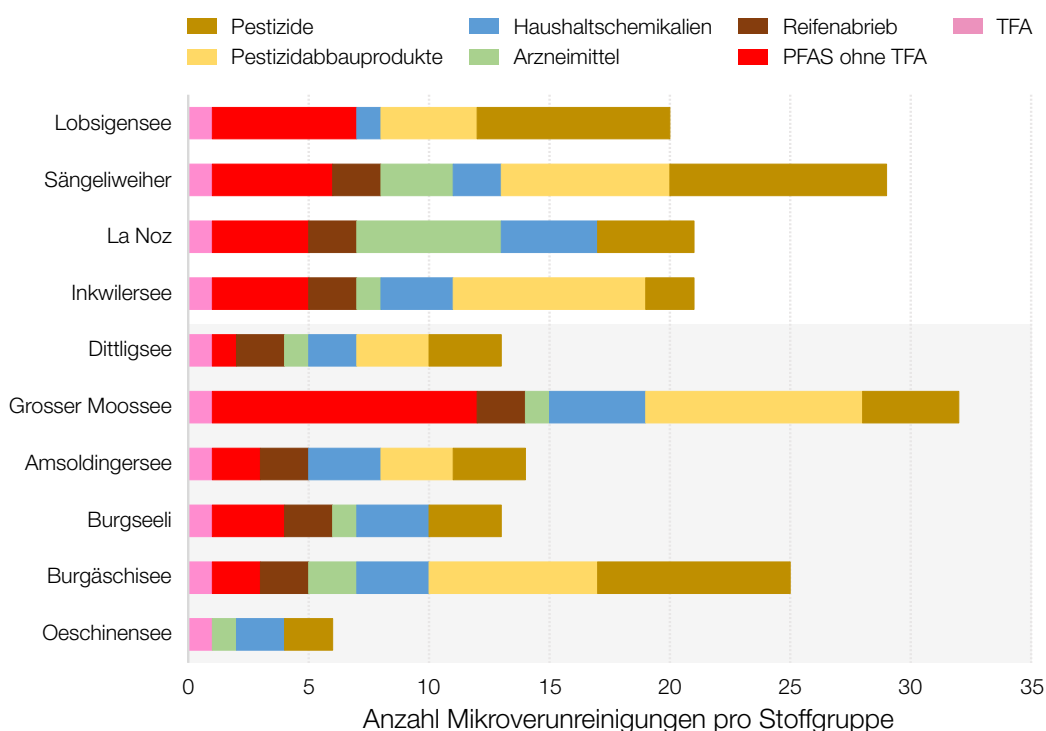
Mikroverunreinigungen

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 Propyazamid, 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 Propyazamid. 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:

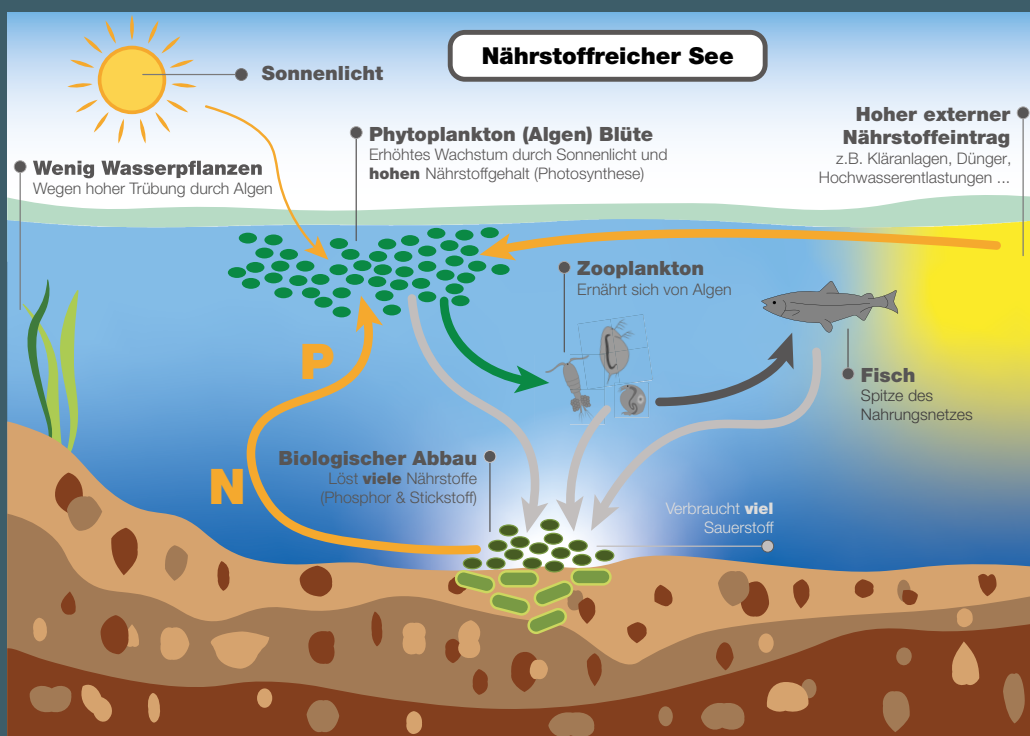
- Vorliegender Synthesebericht
- Amsoldingersee (AMS)
- Burgäschisee (BAE)
- Burgseeli (BUR)
- Dittligsee (DIT)
- Étang de la Noz (NOZ)
- Grosser Moossee (MOG)
- Inkwilersee (INK)
- Lobsigensee (LOB)
- Oeschinensee (OES)
- Sängeliweiher (SAW)
- Fachbericht eDNA Analysen

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
- 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

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