

Faktenblatt „Phosphor im Bodensee“



Bedeutung von Phosphor für Seen

Phosphor (P) ist ein Pflanzennährstoff und begrenzt das Wachstum der Algen. Somit hat Phosphor neben anderen Faktoren auch Einfluss auf die Nahrungskette und damit das Nahrungsangebot für die Fische. Natürlicherweise ist der Bodensee ein nährstoffarmer Voralpensee mit entsprechend geringer Algenproduktion. Die EG-Wasserrahmen-Richtlinie (EG-WRRL) und die Schweizer Gewässerschutzgesetzgebung fordern, dass die Gewässer in einem Zustand sind, der weitgehend ihrem gewässertypspezifischen natürlichen Zustand entspricht. Im Übrigen besteht gemäss EG-WRRL ein striktes Verschlechterungsverbot.

Ein Hauptproblem in Seen mit zu hohen Phosphorkonzentrationen ist die Gefahr der Verringerung des Sauerstoffgehalts im Tiefenwasser, die durch den mikrobiellen Abbau der übermässig produzierten Algenmasse entsteht.

Die Phosphorkonzentration ist für die Trinkwassernutzung unbedenklich. Höhere P-Konzentrationen bedeuten aber stärkeres Algenwachstum, das zu erhöhtem Aufwand bei der Aufbereitung führen kann. Verstärktes Algenwachstum würde gleichzeitig zu einer Beeinträchtigung des Badebetriebs und zu Geruchsbelästigungen durch angespülte Algen führen.

Erfolge des Gewässerschutzes am Bodensee

In den 1950er und 1960er Jahren haben ungereinigte Abwässer den Bodensee zunehmend belastet, so dass ein Anstieg der Phosphorkonzentration zu beobachten war. 1959 haben daher die Länder und Kantone im Einzugsgebiet die „Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee“ (IGKB) gegründet. Die Hauptaufgabe der Kommission war die Koordination der Abwasserreinigung im gesamten Einzugsgebiet des Bodensees. Der Bau von Kläranlagen mit P-Fällung hatte wesentlich dazu beigetragen, dass die Phosphorkonzentration nach einem Maximum von 84 µg/L (Jahresmittel) Ende der 1970er Jahre deutlich gesunken ist. Aktuell hat sich das P-Jahresmittel auf 6 µg/L eingependelt und liegt in einem Bereich wie in der

ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts und damit nahe dem natürlichen Zustand.

Durch die Verringerung des Phosphorgehaltes ist es zu einer Verschiebung der Artenzusammensetzung im Phytoplankton in Richtung eines dem Seetyp entsprechenden natürlichen Zustandes gekommen. Heute sind wieder vermehrt Algen zu beobachten, die mit geringen Phosphormengen auskommen, wie z.B. die zu den Kieselalgen gehörenden Cyclorella-Arten. Auch die Fische zeigen in neuerer Zeit wieder die für einen nährstoffarmen Voralpensee typische Artzusammensetzung.

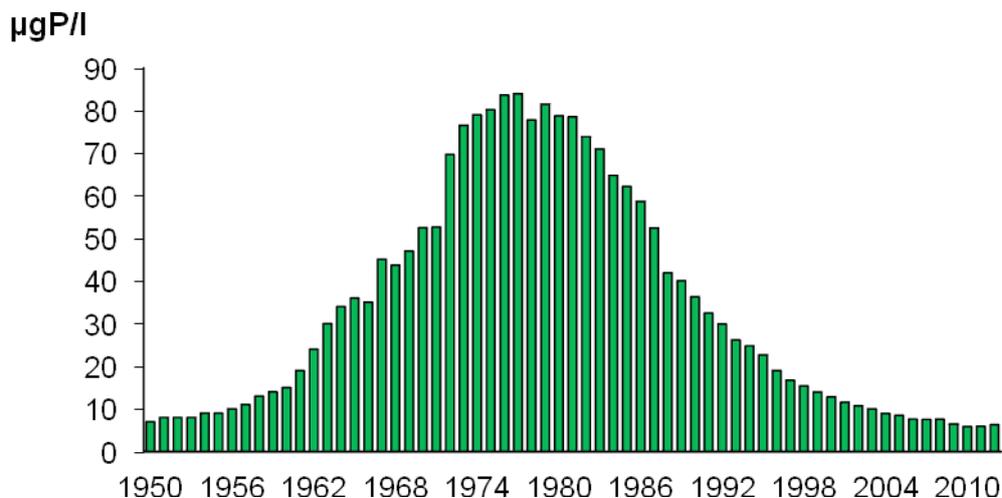


Abb. 1 Gesamt-P Jahresmittelwerte in Bodensee-Obersee von 1950 bis 2012

In Anbetracht der Phosphorreduktion wird heute diskutiert, ob der Bodensee inzwischen zu geringe **Phosphorkonzentrationen** aufweist. Diese Frage kann verneint werden, da die aktuellen Konzentrationen **über dem für diesen Seetyp zu erwartenden natürlichen und historisch belegten Zustand liegen**. Mit dem gereinigten Abwasser aus den Kläranlagen gelangen heute noch jährlich ca. 80 Tonnen Phosphor in die Fließgewässer im Einzugsgebiet und direkt in den See. Von diesen Einträgen kann der überwiegende Anteil direkt von den Algen genutzt werden. Durch die landwirtschaftlichen Nutzungen im gesamten Einzugsgebiet und natürliche diffuse Einträge kommen bioverfügbare P-Einträge in einer mindestens ähnlichen Größenordnung hinzu. Die Bevölkerung im seenahen Bereich hat sich in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts in einzelnen Regionen verdoppelt. Dennoch sind dank der effizienten P-Rückhaltung die jährlichen Einträge über die Zuflüsse innerhalb der natürlichen Schwankungsbreite seit Mitte der 1990er Jahre konstant geblieben. **Angesichts des zunehmenden Nutzungsdrucks gilt es, die erreichten Erfolge im Gewässerschutz künftig zu sichern und nicht einzelnen Interessen nachzugeben.**

Klimawandel, Mischungsverhalten und Sauerstoff

Die mittleren Lufttemperaturen am Bodensee haben in den vergangenen Jahrzehnten um ca. 1.5° C zugenommen. Auch die Wassertemperaturen an der Oberfläche des Sees sind heute im Mittel rund 1°C wärmer als in den 1960/70er Jahren (Abb. 2). Der Temperaturanstieg im Tiefenwasser fällt schwächer aus, ist jedoch ebenfalls deutlich nachweisbar. Die vertikal unterschiedliche Erwärmung führt im Sommer zu einer stabileren Schichtung, was eine Minderung des Wasseraustausches zur Folge hat.

Der für die Sauerstoffregeneration wichtige Austausch zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser ist maßgeblich durch die Temperaturverhältnisse in den Wintermonaten bestimmt. In Folge der winterlichen Abkühlung kommt es im Idealfall zu einer vollständigen Durchmischung im Frühjahr. Mit Hilfe des Zirkulationsindex ist erkennbar, dass sich der Tiefenwasseraustausch in den letzten 25 Jahren abgeschwächt hat (Abb. 3 Mitte, rote Balken). Im Speziellen zeigt sich, dass unmittelbar aufeinanderfolgende Jahre mit schwacher Mischung in letzter Zeit häufiger werden. Hat eine Phase von mindestens zwei aufeinanderfolgenden schlechten Jahren in den 1970er Jahren (1972/73 bei P-Gehalt von 70-80 µg/L) noch einen Sauerstoffrückgang auf 2 mg/L bewirkt, waren Ende der 1980er Jahre (1988-90: P 35-40 µg/L) schon bessere Sauerstoffwerte von 4 mg/L zu verzeichnen. Beim heutigen nährstoffarmen Zustand mit Phosphorgehalten von 6-7 µg/L liegt selbst nach fünf aufeinanderfolgenden Jahren schwacher Zirkulation der Sauerstoff-Gehalt im Tiefenwasser stets über 6 mg/L. Für einen großen und tiefen Voralpensee wie dem Bodensee-Obersee ist eine gute Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers über 6 mg/L besonders wichtig, damit sowohl für den Felchenlaich und Bodenlebewesen in der Tiefe des Sees genügend Sauerstoff vorhanden ist, als auch Rücklösungsprozesse von Nähr- und Schadstoffen aus dem Sediment unterbleiben. Simulationsrechnungen zum Bodensee lassen erwarten, dass die vertikale Durchmischung im Frühjahr mit einer fortwährenden Erwärmung weiter abgeschwächt wird und mehrjährige Phasen eines unzureichenden Tiefenwasseraustausches wahrscheinlicher werden. **In Anbetracht der schon eingetretenen und zu erwartenden Klimaänderungen wäre eine Rückkehr zu höheren P-Konzentrationen im Bodensee im Hinblick auf die Qualität des Tiefenwassers äusserst kritisch.**

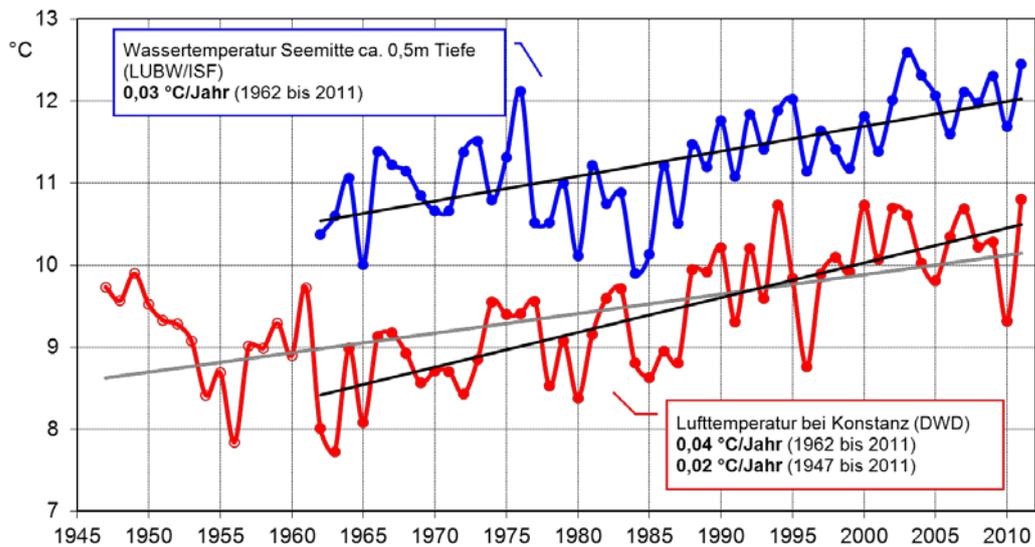


Abb. 2: Temperaturentwicklung Wasser und Luft

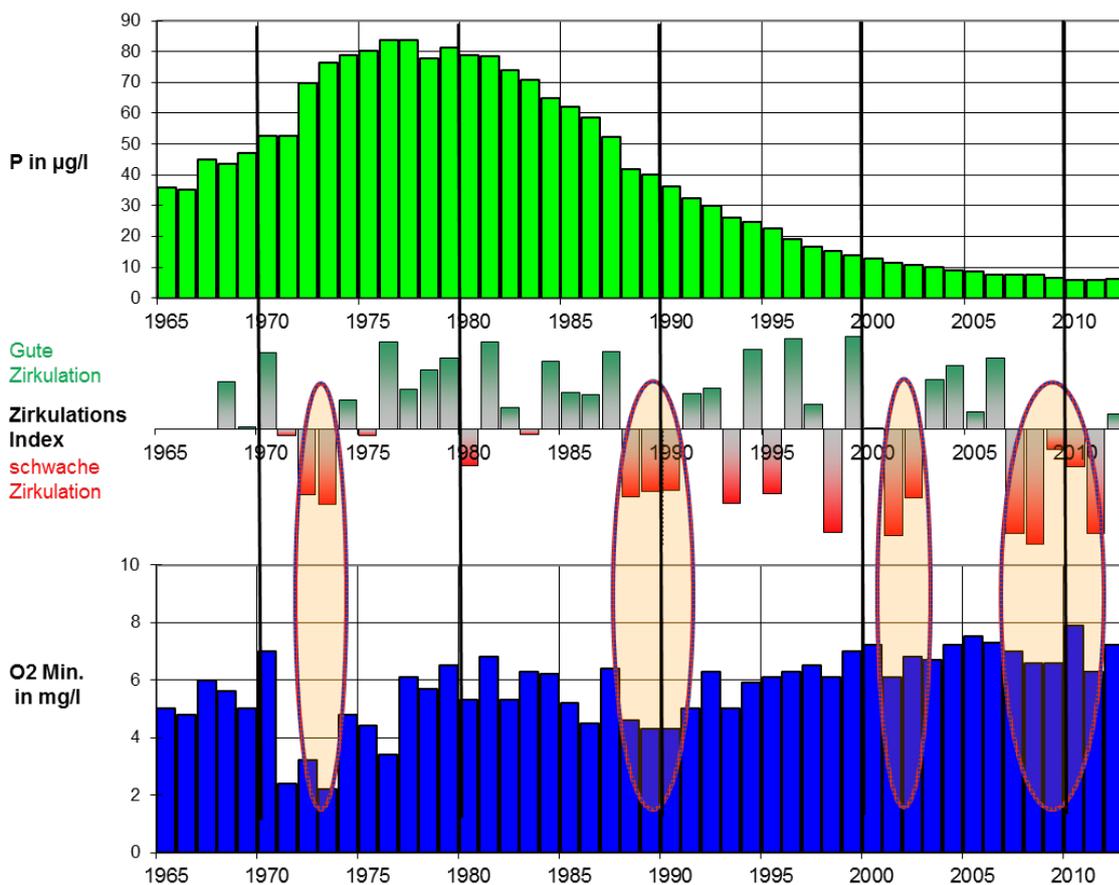


Abb. 3: Minimale Sauerstoffkonzentrationen im Tiefenwasser des Obersees 1 m über Grund (unten), Zirkulationsindex (Mitte) und P-Jahresmittel von 1965 bis 2012 (oben); markiert sind die mehrjährigen Phasen unzureichender Zirkulation.

Abwasserbehandlung

Im Bodenseewasser, aus dem für fünf Millionen Menschen Trinkwasser gewonnen wird, sind neben überhöhten Nährstoffgehalten auch anthropogene Schadstoffe unerwünscht. Diese stammen direkt oder indirekt aus menschlichen Aktivitäten und umfassen Stoffgruppen wie z.B. Schwermetalle, Industriechemikalien, Pflanzenschutzmittel oder auch Arzneimittel-Wirkstoffe und deren Abbauprodukte. Forschungsergebnisse zeigen, dass viele dieser Schadstoffe bei der konventionellen Abwasserbehandlung mit Biologie, Fällung und Filtration deutlich reduziert werden können. **Umgekehrt hätte eine verminderte Abwasserbehandlung einen Schadstoffanstieg zur Folge.** Eine optimale Abwasserreinigung wird auch in Zukunft unumgänglich sein insbesondere in Hinblick auf Nutzungsdruck, Siedlungsentwicklung und Wirtschaftswachstum.

Fazit

Ziel des Gewässerschutzes der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee wie auch der nationalen und internationalen Gesetzgebungen ist es, den See in einem langfristig stabilen ökologischen Zustand mit für den See typischen Tier- und Pflanzenarten zu erhalten. **Dieses Ökosystem stellt sich bei dem von der Natur vorgegebenen oligotrophen Zustand mit wenig Phosphor, guter Sauerstoffversorgung über dem Seegrund und möglichst geringer anthropogener Schadstoffbelastung ein.** Mit dieser ökologisch begründeten Vorgabe sind die vielfältigen menschlichen Nutzungen des Sees (wie z.B. Trinkwasser, Freizeit und Fischerei) durchaus vereinbar, sofern diese nachhaltig und umweltverträglich erfolgen und nicht den Anspruch erheben, den Seezustand einseitig an ihrem jeweiligen Einzelinteresse zu messen. Eine aktive oder passive Düngung eines natürlichen Sees gefährdet sowohl das natürliche Ökosystem, als auch das Gleichgewicht der Nutzerinteressen und ist daher mit dem Ziel des Gewässerschutzes unvereinbar.