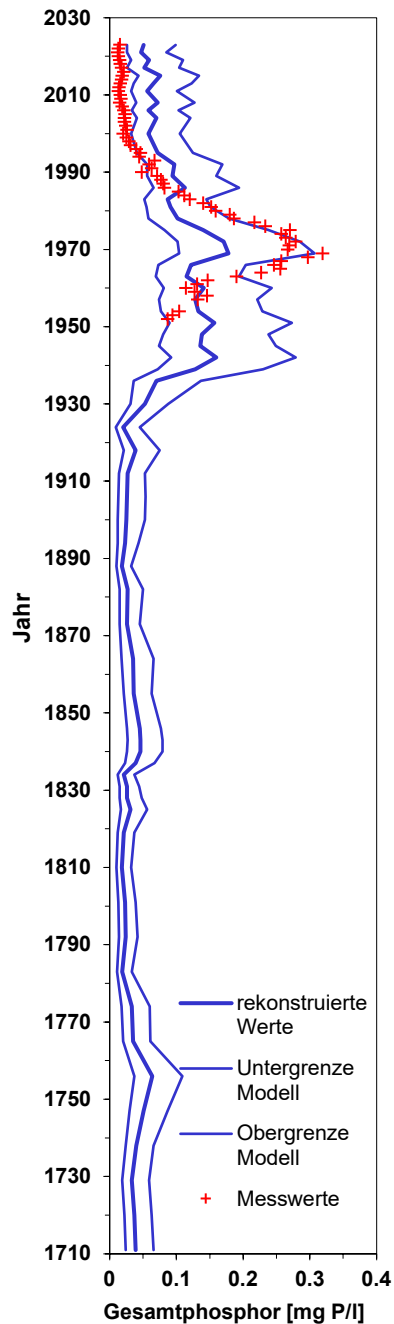


# Entwicklung des Phosphorgehaltes im Pfäffikersee seit 1710



## Rekonstruktion der Nährstoffbelastung

Die Entwicklung der Nährstoffverhältnisse in Seen kann mittels Sedimentkernen rekonstruiert werden. Diese enthalten Schalen von toten Kieselalgen, deren Aussehen eine Artbestimmung ermöglicht. Aufgrund der Artenzusammensetzung und den artspezifischen Nährstoffansprüchen kann auf die zur Lebzeit der Algen herrschenden Nährstoffverhältnisse geschlossen werden. Dabei ist zu beachten, dass Kieselalgen auf einen Rückgang der Nährstoffverhältnisse verzögert reagieren.

2001 wurde anhand eines 1 m langen Sedimentkernes die Nährstoffentwicklung der letzten 290 Jahren rekonstruiert (1710 - 2000). 2023 wurde anhand eines neuen Kernes die Entwicklung der letzten 23 Jahre hergeleitet.

## Entwicklung Nährstoffbelastung (Abbildung links)

Dargestellt sind die rekonstruierten Gesamtphosphorwerte mit dem unteren und oberen Fehlerbereich des Modells sowie die vorhandenen Messwerte (ab 1952).

- 1730-1750: Erhöhung des Gesamtphosphorgehaltes auf über 0.06 mg P/l (deutlich nährstoffreich) durch Torfabbau in Pfäffikon und Seegräben.
- 1750-1830: Rückgang des Phosphorgehaltes durch Regelungen im Torfabbau und stabile mittlere Nährstoffbelastung um 0.02 mg P/l während 40 Jahren.
- 1830-1850: Erhöhung des Phosphorgehaltes auf 0.04 mg P/l (schwach nährstoffreich) durch erneut intensiven Torfabbau und Beginn Industrialisierung.
- 1850-1920: Rückgang des Phosphorgehaltes auf 0.02 mg P/l bis 1890 und stabiler mittlerer Nährstoffgehalt bis 1920.
- 1920-1970: rasche Zunahme des Gesamtphosphorgehaltes auf 0.3 mg P/l (sehr nährstoffreich) durch Einleitung ungenügend gereinigter Abwässer und zunehmenden Verbrauch von phosphathaltigen Waschmitteln.
- 1970-2000: Abnahme des Gesamtphosphorgehaltes durch verbesserte Reinigungsleistung der ARA, Phosphatverbot in Waschmitteln und umweltfreundlichere Produktion in der Landwirtschaft

- 2000-2023: schwankende und nur noch leicht sinkende Gesamtphosphorkonzentration trotz Weiterführung der Massnahmen im Bereich ARA und Landwirtschaft. Bevölkerungswachstum und Klimawandel bremsen den weiteren Nährstoffrückgang.

## Biologisches Sanierungsziel

Der Pfäffikersee wies am Ende des 18. und 19. Jahrhunderts einen stabilen mittleren Nährstoffgehalt auf. Charakterisiert wurde dieser Zustand durch Kieselalgenarten, die wenig bis schwach nährstoffhaltige Gewässer bevorzugen. Diese Arten, u.a. mehrere *Cyclotella*-Arten (*Cyclotella distinguenda*, *C. comensis/pseudocomensis*, *C. bodanica* sowie *C. cyclopunctata*) stellen hinsichtlich der zukünftigen Kieselalgenzusammensetzung ein anzustrebendes biologisches Ziel dar.

## Aktueller Zustand

Der jährliche mittlere Gesamtphosphorgehalt liegt seit 2007 unter 0.020 mg P/l (Ausnahme 2016: 0.021 mg P/l), was mittleren Nährstoffverhältnissen entspricht. Im Jahr 2000 dominierte die nährstoffliebende Frühlingsart *Stephanodiscus minutulus/parvus*. Auch in den letzten 23 Jahren blieb sie mit einem mittleren relativen Anteil von 24 % die häufigste Kieselalgenart. Die nährstoffliebenden Arten *Fragilaria crotonensis* (19 %) und *Asterionella formosa* (13 %) waren ebenfalls häufig. Insgesamt nahmen aber in den letzten 20 Jahren die Häufigkeit von *Stephanodiscus minutulus/parvus* ab und die Häufigkeit von *Aulacoseira islandica ssp. helvetica* und *Cyclotella cyclopuncta* zu (Abbildung Seite 2). Letztere sind Arten, die mittlere Nährstoffkonzentrationen bevorzugen. Diese Zunahme während der letzten Jahre ist vermutlich ein Hinweis dafür, dass dem Kieselalgenplankton in den nächsten Jahren der Wechsel zur prägenden mesotrophen Lebensgemeinschaft bevorsteht.

## Vergleich der rekonstruierten und gemessenen Gesamtphosphorwerte (Abbildung Seite 1)

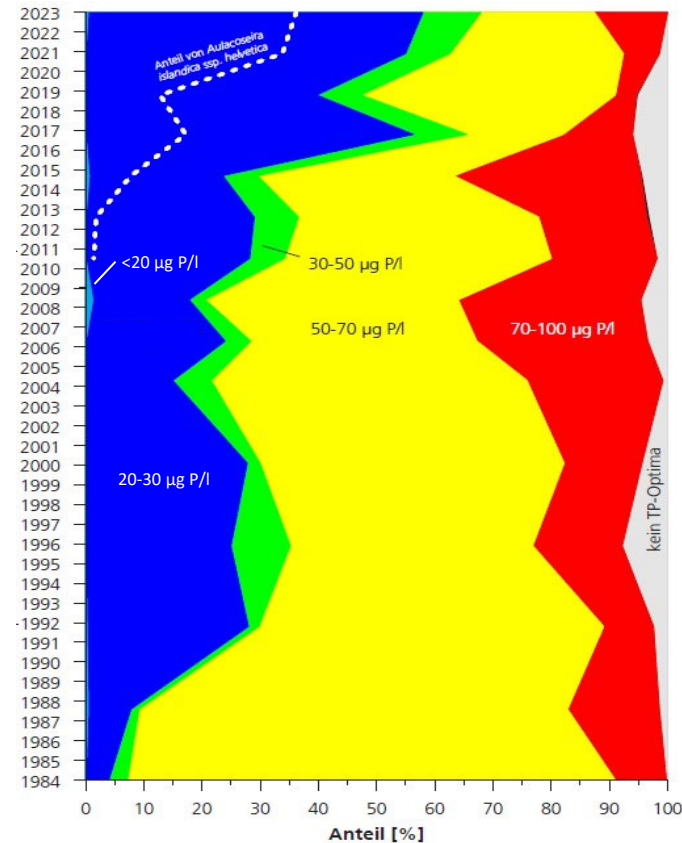
Die rekonstruierten Werte zeigten einen ähnlichen Verlauf wie die Messwerte. Der Bereich zwischen der Unter- und Obergrenze des Modells überlappt zudem mit wenigen Ausnahmen mit den Messwerten. Für den Zeitraum der Nährstoffzunahme ab 1960 bis 1975 und den ersten Teil der Nährstoffabnahme (1975 - 1982) stimmen die rekonstruierten Werte im Bereich der Obergrenze relativ gut mit den Messwerten überein. Ab 1996 sind der Verlauf der rekonstruierten und gemessenen Werte zwar ähnlich, die rekonstruierten Werte sind aber deutlich zu hoch. Verschiedene Gründe dürften dafür verantwortlich sein:

- Einerseits werden nicht alle im Kern vorgefundenen Arten für die Rekonstruktion verwendet. So fehlt beispielsweise *Aulacoseira islandica* ssp., eine Art, die mittlere Nährstoffverhältnisse bevorzugt und die seit 2011 zunehmend im See vorkommt. Dies führt zu einer Überschätzung des Phosphorgehaltes.
- Die verschiedenen Arten fließen mit unterschiedlicher Gewichtung in die Rekonstruktion ein. Eine zu hohe Gewichtung von nährstoffliebenden Arten im Eichdatensatz könnte zur Überschätzung des Phosphorgehaltes beitragen. Werden nämlich die Häufigkeiten der Arten in den verschiedenen Trophieklassen betrachtet, zeigen diese seit längerem eine Zunahme von Arten an, die weniger nährstoffreiche Verhältnisse bevorzugen (Abbildung rechts).
- Nährstoffliebende und mässig nährstoffliebende Arten kommen zusammen im See vor. Dieses Phänomen kann auch im Türler- und Greifensee beobachtet werden. All diese Seen haben im Sommer sauerstoffreiches Tiefenwasser, was zu einer erhöhten Phosphorkonzentration im Frühling führt. Davon profitieren nährstoffliebende Frühlingsarten, die sich stark vermehren und dadurch die Phosphorkonzentration im Epilimnion reduzieren. In der Folge können mässig nährstoffliebende Arten mit geringerer Dichte aufkommen. Die hohe Dichte der nährstoffliebenden Frühlingsarten im Vergleich zu den restlichen zu irgendeinem Zeitpunkt vorhandenen Kieselalgenarten führt insgesamt zu einer Überschätzung der Phosphorkonzentration.

## Wichtige Ereignisse

- 1860: Künstliche Absenkung des Sees und Regulierung des Seeausflusses
- 1896: Bau der Kanalisation Pfäffikon und Einleitung des ungereinigten Abwassers in den See
- 1935: grosses Fischsterben
- 1948: Erlass Schutzverordnung Pfäffikersee
- 1950-1982: Inbetriebnahme und diverse Erweiterungen der ARA Pfäffikon und Bäretswil
- 1986: Phosphatverbot in Waschmitteln
- 1992: Inbetriebnahme der seeinternen Zirkulationsunterstützungsanlage
- 1994: Erweiterung und Sanierung ARA Pfäffikon
- 2011: Betrieb der Zirkulationsunterstützungsanlage eingestellt

## Bedeutende Taxa und Anteil der Trophieklassen im Sedimentkern



< 20 µg P/I	<i>Gomphonema pumilum</i>
20 bis < 30 µg P/I	<i>Cyclotella cyclopuncta</i> <i>Aulacoseira islandica ssp. helvetica</i> <i>Tabellaria flocculosa</i>
30 bis < 50 µg P/I	<i>Cyclotella ocellata</i> <i>Cyclotella praetermissa</i> <i>Stephanodiscus alpinus</i>
50 bis < 70 µg P/I	<i>Asterionella formosa</i> <i>Stephanodiscus minutulus/parvus</i>
70 bis < 100 µg P/I	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Stephanodiscus hantzschii</i>
≥ 100 µg P/I	keine Plankter

## Literatur

Entwicklung des Gesamtphosphors im Pfäffikersee anhand der im Sediment eingelagerten Kieselalgen: Bericht Aqua Plus 2001.  
Rekonstruktion des Gesamtphosphors im Pfäffikersee anhand der im Sediment eingelagerten Kieselalgen: Entwicklung seit dem Jahr 2000: Bericht Aqua Plus 2023.

14.03.2024