

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 Lebenszeit 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 380 Jahre rekonstruiert (1620 - 2000). 2023 wurde anhand eines neuen Kernes die Entwicklung der letzten 23 Jahre hergeleitet.

Entwicklung Nährstoffbelastung (Abbildung links)

Dargestellt sind die rekonstruierten Gesamtposphorwerte mit dem unteren und oberen Fehlerbereich des Modells sowie die vorhandenen Messwerte (ab 1951).

- 1620-1910: stabiler mittlerer Gesamtposphorgehalt um 0.02 mg P/l. In den 1890-er Jahren kam es für kurze Zeit zu einer leichten Eutrophierung, wahrscheinlich aufgrund des Eisenbahnbaus und Beginn der Industrialisierung.
- 1910-1970: starke Zunahme des Phosphorgehaltes auf über 0.3 mg P/l (sehr nährstoffreich) durch Einleitung ungenügend gereinigter Abwässer und zunehmenden Verbrauch von phosphathaltigen Waschmitteln.
- 1970-2003: Abnahme des Phosphorgehaltes von 0.3 auf 0.12 mg P/l durch verbesserte Reinigungsleistung der ARA, Phosphatverbot in Waschmitteln und umweltfreundlichere Produktion in der Landwirtschaft.
- 2000-2023: schwankende und insgesamt nur noch leicht abnehmende Phosphorkonzentration trotz Weiterführung der Massnahmen im Bereich ARA und Landwirtschaft. Bevölkerungswachstum und Klimawandel bremsen den weiteren Nährstoffrückgang. Auffällig sind die starken Anstiege der Phosphorkonzentration zwischen 2014 und 2015 sowie zwischen 2019 und 2023.

Biologisches Sanierungsziel

Der Greifensee wies bis 1910 einen stabilen mittleren Nährstoffgehalt (0.02 mg P/l) und eine mittlere Algenproduktion auf. Charakterisiert wurde dieser Zustand durch hohe Anteile von *Cyclotella comensis/pseudocomensis* und *C. cyclopunctata* sowie das fast vollständige Fehlen von *Stephanodiscus minutulus /parvus*. Im Uferbereich traten Kieselalgenarten auf, die wenig nährstoffreiche Verhältnisse bevorzugen. Der ökologische Zustand des Greifensees vor 1910 stellt hinsichtlich der zukünftigen Kieselalgenzusammensetzung ein anzustrebendes biologisches Ziel dar.

Aktueller Zustand

Der jährliche mittlere Gesamtposphorgehalt lag zwischen 1995 und 2007 bei zirka 0.065 mg P/l, was hohen Nährstoffverhältnissen entspricht. In diesem Zeitraum dominierten die nährstoffliebende Frühlingsart *Stephanodiscus minutulus/parvus* sowie *Asterionella formosa* und *Fragilaria crotonensis* die Kieselalgencommunity. Seit 2008 liegt der mittlere Gesamtposphorgehalt mit Ausnahmen (2015-2018: 0.59-0.8 mg P/l) unter 0.052 mg P/l. Die Kieselalgencommunity wird nach wie vor von denselben nährstoffliebenden Arten dominiert, wobei sich ab zirka 2010 die Häufigkeit einiger Arten veränderte. So nahm die Häufigkeit der Frühlingsart *Stephanodiscus minutulus/parvus* ab, während die Häufigkeit der nährstoffliebenden *Stephanodiscus alpinus* und *Aulacoseira granulata* zunahm. Die Häufigkeit von *Cyclotella cyclopuncta*, eine Art die mässige Nährstoffkonzentrationen bevorzugt, nahm zwischen 2012 und 2016 ebenfalls leicht zu, allerdings auf tiefem Niveau. Aufgrund der hohen Nährstoffkonzentrationen können Arten, die mässig nährstoffreiche Verhältnisse bevorzugen, noch keine hohen Abundanzen erreichen. Die Verteilung der Taxa in den verschiedenen Trophieklassen (Abbildung Seite 2) in den letzten 23 Jahren zeigt keine eindeutige Tendenz und lässt damit keine Vorhersage der zukünftigen Entwicklung zu.

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. Während für den Zeitraum der Nährstoffzunahme ab 1960 bis 1975 die rekonstruierten Werte im Bereich der Obergrenze relativ gut mit den Messwerten übereinstimmen, sind es für den Zeitraum der Nährstoffabnahme ab 1995 die rekonstruierten Werte im Bereich der Untergrenze. In den letzten 23 Jahren nahmen die Messwerte tendenziell ab, die rekonstruierten Werte dagegen zu. Verschiedene Gründe dürften dafür verantwortlich sein:

- 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. Die gemessenen Werte liegen seit 1986 zwischen dem rekonstruierten Wert und der Untergrenze des Modells.
- Nährstoffliebende und mässig nährstoffliebende Arten kommen zusammen im See vor. Dieses Phänomen kann auch im Türler- und Pfäffikersee beobachtet werden. All diese Seen haben im Sommer sauerstoffreiches Tiefenwasser, was zu einer erhöhten Phosphorkonzentration im Frühling führt. Davon profitiert die nährstoffliebende Frühlingsart *Stephanodiscus minutulus/parvus*, die sich stark vermehrt und dadurch die Phosphorkonzentration im Epilimnion reduziert. In der Folge können mässig nährstoffliebende Arten mit geringerer Dichte aufkommen. Die hohe Dichte der nährstoffliebenden Frühlingsart im Vergleich zu den restlichen zu irgendeinem Zeitpunkt vorhandenen Kieselalgenarten führt insgesamt zu einer Überschätzung der Phosphorkonzentration.

Literatur

Entwicklung des Gesamtphosphors im Greifensee anhand der im Sediment eingelagerten Kieselalgen: Bericht Aqua Plus 2004.
Rekonstruktion des Gesamtphosphors im Greifensee anhand der im Sediment eingelagerten Kieselalgen: Entwicklung seit dem Jahr 2000: Bericht Aqua Plus 2023.

Wichtige Ereignisse

ab 1800: Entwässerung der Riedflächen

ab 1850: Beginn des Torfabbaus in den Mooregebieten

1856-1859: Bau der Eisenbahnlinie Wallisellen-Rapperswil

bis 1900: Entstehung einer dicht besiedelten, von Industrie geprägten Kulturlandschaft im Greifenseegebiet

1932: grosses Fischsterben, erste echte Faulschlammablagerungen unterhalb von 25 m

1941: kantonale Greifenseeschutzverordnung

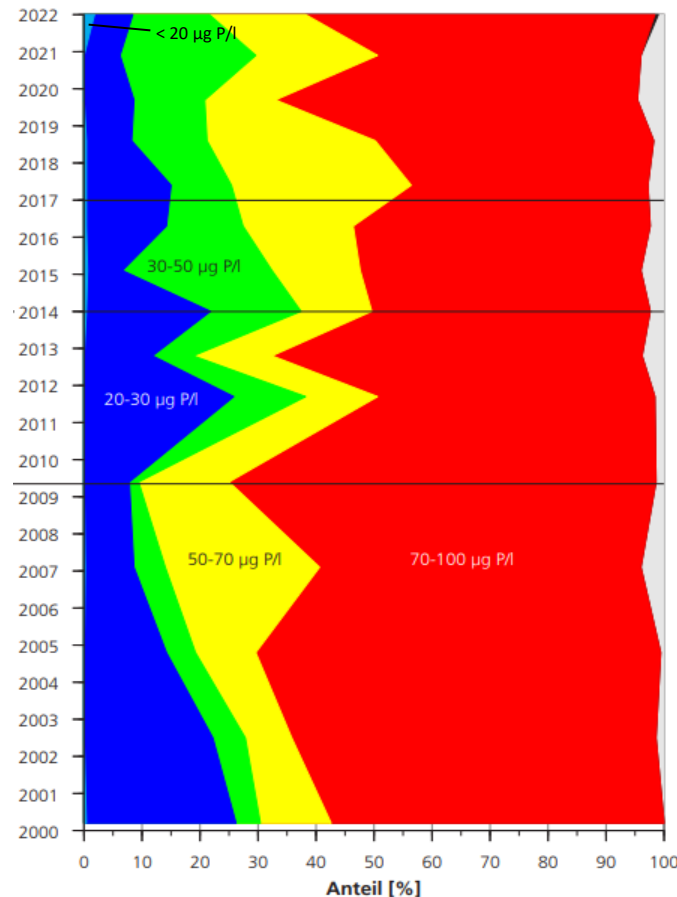
1956-1972: Bau der ARA's im Einzugsgebiet

1994: neue Greifenseeschutzverordnung

1999: grosses Fischsterben im August

2009: Inbetriebnahme einer Belüftungsanlage zur Schaffung eines örtlich begrenzten Fischrefugiums während der kritischen Sommermonaten

Bedeutende Taxa und Anteil der Trophieklassen im Sedimentkern



< 20 µg P/I
Cyclotella cf. gordonensis

20 bis < 30 µg P/I
Cyclotella cyclopuncta
Cyclotella radiosa
Tabellaria flocculosa

30 bis < 50 µg P/I
Cyclotella ocellata
Cyclotella praetermissa
Stephanodiscus alpinus

50 bis < 70 µg P/I
Asterionella formosa
Stephanodiscus cf. minutulus

70 bis < 100 µg P/I
Aulacoseira granulata
Fragilaria crotonensis
Stephanodiscus cf. parvus

≥ 100 µg P/I
keine Plankter