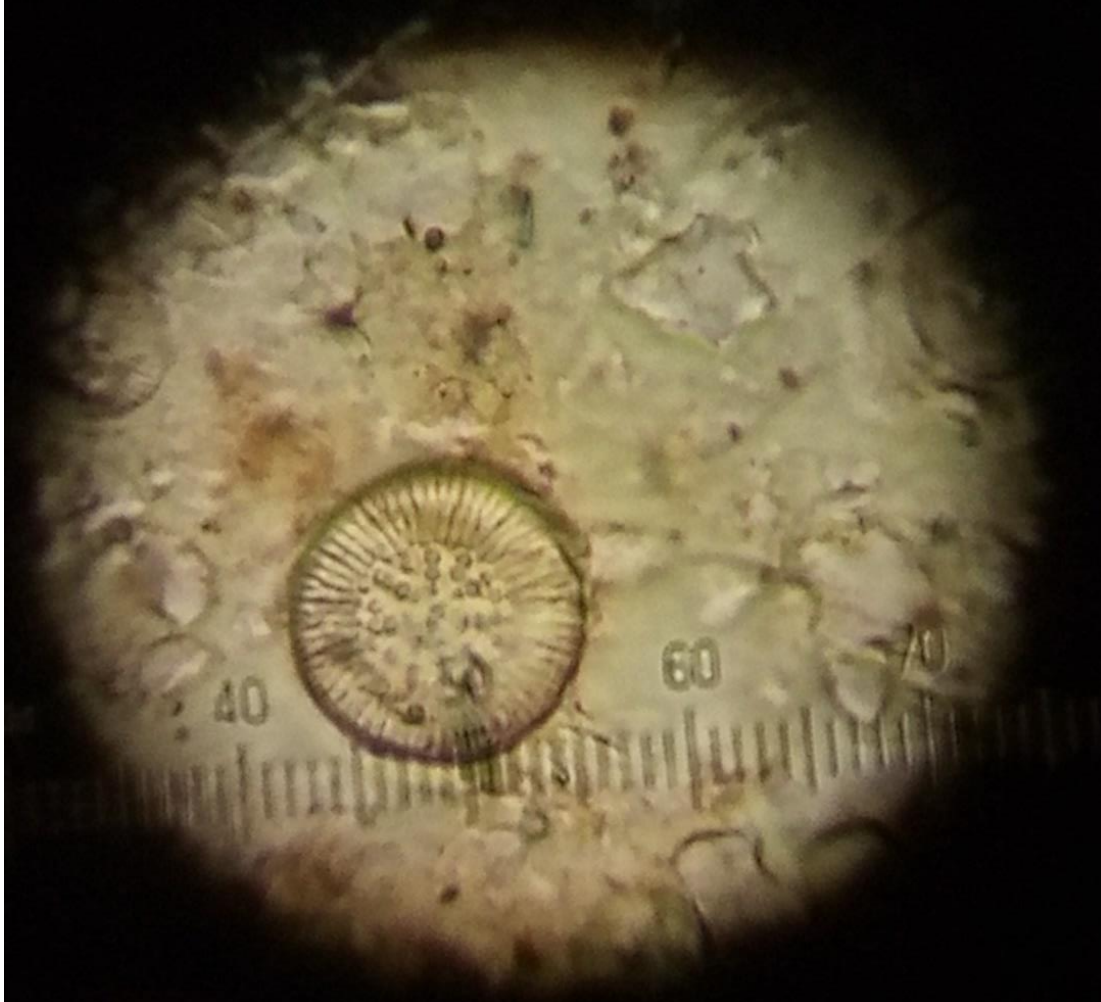


Lützelsee P-Rekonstruktion anhand von Kieselalgen



Kurzbericht, 16.12.2019

Auftraggeber: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft,
Gewässerschutz, Baudirektion, Kanton Zürich



Büro für Gewässerökologie
und Wassertechnik

Dr. J. Guthruf, Dr. K. Guthruf-Seiler Tel.: +41 31 781 49 40,
Hängertstrasse 13 g, 3114 Wichtrach E-Mail: info@aquatica-gmbh.ch

Impressum

- Autorin:** Sonja Hausmann
- Fachliche Begleitung:** Pius Niederhauser
- Auftraggeber:** AWEL, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Gewässerschutz, Baudirektion, Kanton Zürich
- Zitiervorschlag:** Hausmann S., Aquatica GmbH (2019). Lützelsee P-Rekonstruktion anhand von Kieselalgen, Kurzbericht im Auftrag des AWEL Kt. Zürich: 9 Seiten.
- Zusammenarbeit:** Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit der EAWAG, Abteilung Oberflächengewässer, Arbeitsgruppe Sedimentologie durchgeführt.
- Dank:** Einen herzlichen Dank an Alois Zwysig, dessen grosse Erfahrung eine zeitgerechte und kompetente Sedimententnahme ermöglichte. Alois Zwysig stellte uns zudem die Fotos der Sedimentstiche zur Verfügung.
- Besonderen Dank auch an die Leiterin der Gruppe Sedimentologie, Frau Dr. Nathalie Dubois und ihr Team im Labor, welche die Blei- und Cäsiummessungen analysierten und interpretierten, ohne die die Altersmodellierungen nicht erstellt hätten werden können.
- Titelbild:** Kieselalge Lützelsee, Foto S. Hausmann

1. Einleitung

1.1. Beschreibung des Lützelsees

Das Einzugsgebiet des 6.2 m tiefen, 710 m langen und 172 breiten Lützelsees besteht zu 60% aus landwirtschaftlichen Nutzflächen, 22% Wald, 9% unproduktiven Flächen, 6% Siedlungsflächen und 3% Gewässer (7%).

Fischsterben traten 1976, 1979 und 1991 auf.

Regelmässige Untersuchungen des Lützelsees finden seit 1976 statt. Im Jahr 1979 war der Lützelsee mit 250 µg/L Gesamtphosphor sehr nährstoffreich. 1980 hat sich der Gesamtphosphorgehalt schlagartig halbiert und blieb bis 1990 um die 100 µg/L. Seit 1995 schwanken die Gesamtphosphorgehalte um die 50 µg/L. Aufgrund der Gewässermorphometrie wurde das ökologische Ziel auf 40 µg/L Gesamtphosphorgehalt festgelegt (AWEL 2019).

Um den Seezustand zu verbessern wird seit 1982 das nährstoffreiche Tiefenwasser abgeleitet. Daraufhin sind die Konzentrationen von Ammonium über Grund und somit des gesamten anorganischen Stickstoffs deutlich gesunken (AWEL 2019).

Ziel dieser Untersuchung ist die Entwicklung der Kieselalpengesellschaften und daraus den jeweiligen Gesamtphosphorgehalt im See zu rekonstruieren.

1.2. Seesedimente als Umweltarchive

Seesedimente sind Umweltarchive, welche Informationen über den Seezustand vor Beginn des Seemonitorings ermöglichen. Bereits die Farbe des Sediments erlaubt Rückschlüsse auf den Sauerstoffgehalt des Sees über Grund.

Die silikathaltigen Schalen von Kieselalgen sind kaum abbaubar und werden deswegen im Sediment akkumuliert. Die Artenzusammensetzung der Kieselalgen variiert je nach Trophiegehalt. Mikroskopische Analysen der aufbereiteten Seesedimente ermöglichen eine Artbestimmung, und frühere Nährstoffgehalte können im Vergleich mit Referenzseen ermittelt werden (SMOL 2009). Durch paläolimnologische Untersuchungen können somit die Erfolge von Bewirtschaftungsmassnahmen beurteilt werden.

2. Methode

2.1. Bohrung und Datierung der Sedimente

Das Seesediment wurde mit einem UWITEC Kurzkernbohrgerät mit Schlagvorrichtung am 3.7.2019 von A. Zwysig (Eawag), P. Niederhauser (AWEL) und S. Hausmann (Aquatika) in einer Wassertiefe von 6.2 m an der Stelle mit den Koordinaten 2'700'851.83, 1'235'124.8 (LV 95) entnommen. Der Sedimentkern war 86 cm lang. Das Kernmaterial ist bei der Eawag archiviert.

Die Sedimente wurden anhand von Messungen der Blei-210 und Cäsium-137 Radionukleotide mit einem Germanium Well Detector (HPGe, Gammaskpektrometer) an der Eawag datiert. Die Altersmodelle stützen sich auf die Cäsium-137 Peaks der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl vom 26. April 1986, des Atombombentests von 1963 und dem Zerfall von Blei-210 (APPLEBY 2008).

Zusätzlich analysierte die Eawag das biogene Silikat sowie Kohlenstoff und Schwefel und führte eine XRF Messung durch. Im Bericht wird nur auf das biogene Silikat eingegangen. Die Archivierung der Daten erfolgt beim AWEL.

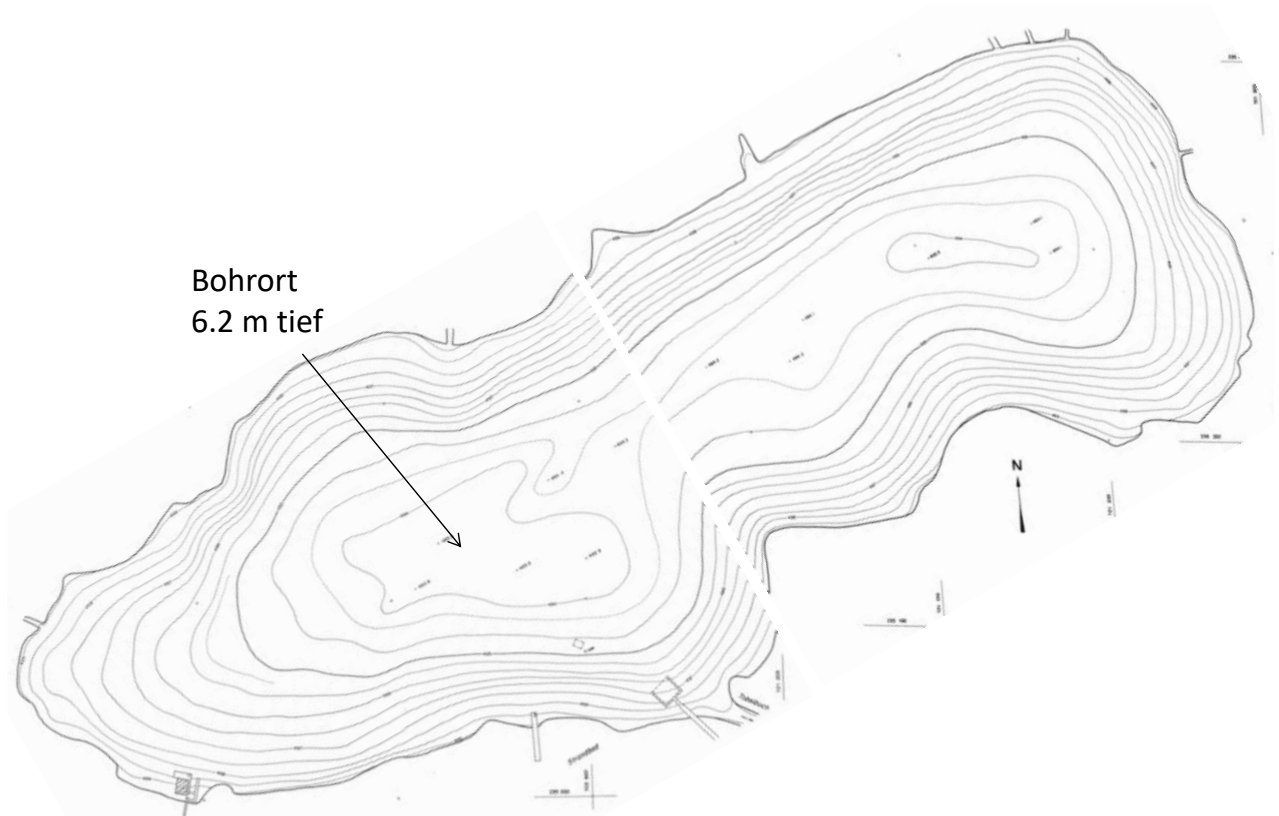


Abbildung 1: Bathymetrische Karte Lützelsee, Äquidistanz 1 m (AMT FÜR GEWÄSSERSCHUTZ UND WASSERBAU 1983).

2.2. Kieselalgen

Für die Kieselalgenanalyse wurden in der Regel alle 5 cm jeweils 1 ml Sediment mit einer abgeschnittenen Plastikspritze mit einem Durchmesser von 1 cm entnommen. Das Sediment wurde mit Schwefelsäure nach SCHAUMBURG ET AL. (2004) behandelt. Die gereinigten Kieselalgen wurden auf Deckgläschen aufgetragen. Die homogen abgetrockneten Proben wurden in Naphrax© eingebettet und je Tiefe mindestens 300 Schalen mit Interferenzkontrast-Optik bei einer 1000-fachen Vergrößerung anhand der Bestimmungsliteratur von KRAMMER UND LANGE-BERTHALOT (1986-91) identifiziert. Die gereinigten Schalen und die Präparate sind beim AWEL archiviert.

Die Kieselalgenvergesellschaftung des Lützelsees wurde mit denen von Referenzseen mit bekanntem Nährstoffgehalt verglichen (HAUSMANN UND KIENAST 2006). Die Rekonstruktionen und Diagramme wurden mit dem Programm C2 (JUGGINS 2007) und CANOCO (ŠMILAUER & LEPŠ 2014) erstellt.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Bohrung und Datierung der Sedimente

Der entnommene Sedimentkern ist 86 cm lang. Das Altersmodell basiert auf dem Tschernobyl-Peak (1986) bei 31.5 cm, dem Atombomben-Peak (1963) bei 46.5 cm und dem Zerfall von Blei-210 (Abb. 2). Bei 60 cm erreichten die Blei-210 Messungen Hintergrundwerte und wurden nicht für das Modell verwendet (leere Symbole Abb. 2). Somit umfasst der Sedimentkern zirka 100 Jahre und reicht bis 1918 zurück. Jedoch ist anzunehmen, dass diese Zeitspanne unterschätzt wird, da aufgrund der geringen rekonstruierten Gesamtphosphorgehalte (vgl. Abschnitt 3.2 Kieselalgen) unterhalb von 35 cm von einer niedrigeren Sedimentationsrate auszugehen ist.

Im Sedimentkern sind drei Farbabschnitte erkennbar: Von 86 bis 54 cm (1918 bis 1955) ist das Sediment hellbraun. Es folgt ein 27.5 cm mächtiger dunkelbrauner Abschnitt (54 bis 27.5 cm, 1955 und 1990). Die obersten 27.5 cm sind mittelbraun (Abb. 2).

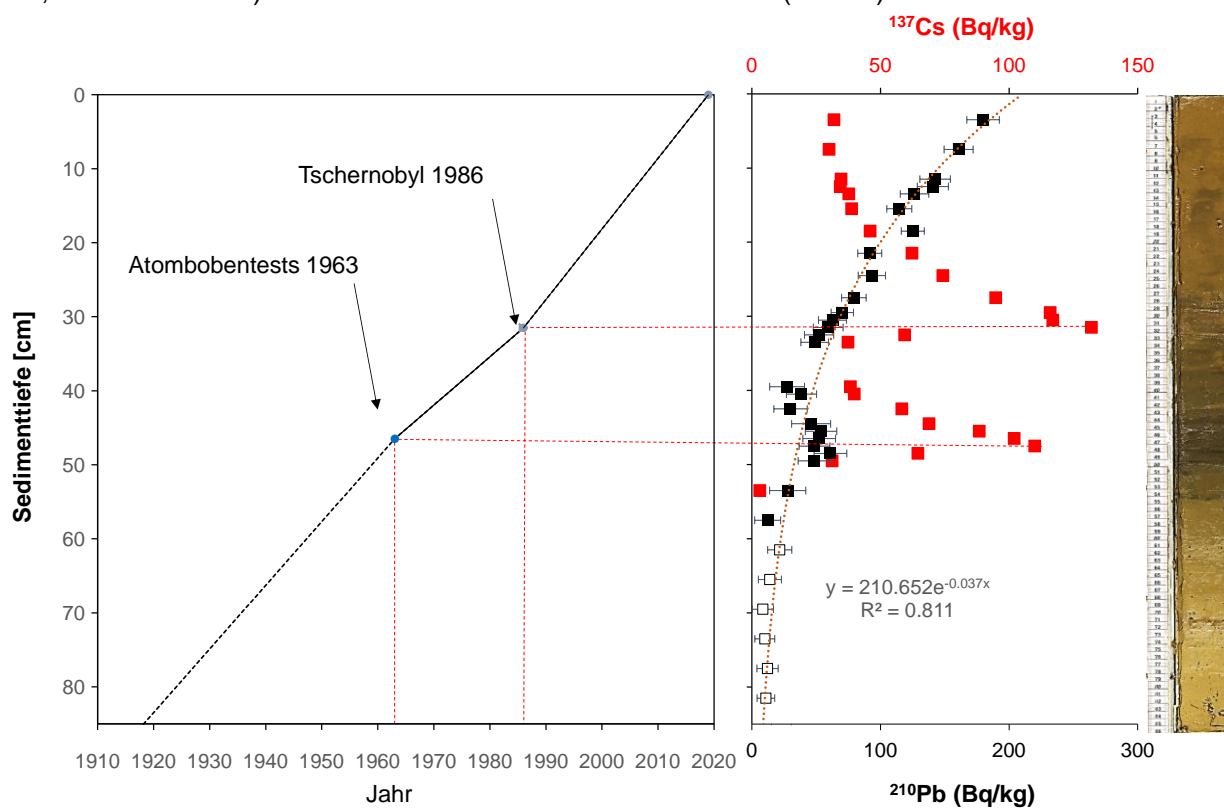


Abbildung 2: Altersmodell Lützelsee, Radioaktivitäten von Blei- und Cäsium, Sedimentkern. (schwarz gestrichelte Linie: Sedimentationsrate basierend auf Blei-210 Messungen).

3.2. Kieselalgen

Die fossile Kieselalgenvergesellschaftung kann in vier Zonen eingeteilt werden (Abb. 3):

Zone I (86 bis 68 cm, 1918 bis 1937): Der Sedimentkern beginnt bei 86 cm mit 55% *Cyclotella radios*a und 35% *Cyclotella ocellata*. Bei 75 cm erreicht *Cyclotella comensis* 30%. Die Sedimentfarbe ist hellbraun, der rekonstruierte Gesamtphosphorgehalt liegt bei 25 µg/L.

Zone II (68 bis 53 cm, 1937 bis 1955) ist dominiert von *Stauroneis venter* (35%) und *Staurosira construens* (10%). Der rekonstruierte Gesamtphosphorgehalt liegt weiterhin bei 25 µg/L.

Zone III (53 bis 28 cm, 1955 bis 1990): In Zone III überwiegen Indikatoren für stark belastetes Wasser: Bei 50 cm (1958) ist *Aulacoseira ambigua* mit 10% vertreten und *Fragilaria crotonensis* erreicht bei 45 cm (1965) 30%. Oberhalb von 45 cm (1965) nehmen *Cyclostephanus dubius* und *Stephanodiscus parvus* zu. Diese beiden Arten erreichten mit dem Fischsterben von 1980 (35 cm) Höchstwerte von 49 respektive 27%. Zeitgleich wird das Sediment sehr dunkel, was für niedrige Sauerstoffverhältnisse über Grund spricht. Das biogene Silikat verdoppelt sich in Zone III, was auf eine starke Kieselalgenproduktion hinweist. Der rekonstruierte Gesamtphosphorgehalt steigt auf über 100 µg/L an.

Zone IV (28 bis 0 cm, 1990 bis 2019): Ab 25 cm (1992) erscheint *Cyclotella ocellata* wieder mit 8%. Diese Art ist typisch für mesotrophe Nährstoffverhältnisse. Der Anstieg von *Cyclotella ocellata* weist auf eine Verbesserung im Vergleich zu 1955 bis 1990 hin. Die Vertreter von eutrophen Nährstoffverhältnissen *Cyclostephanus dubius* (30%) und *Fragilaria crotonensis* (15%) sowie *Aulacoseira ambigua* (10%) sind noch sehr häufig. Der rekonstruierte Gesamtphosphorgehalt liegt bei 100 µg/L was über den gemessenen Konzentrationen von zirka 80 µg/L liegt.

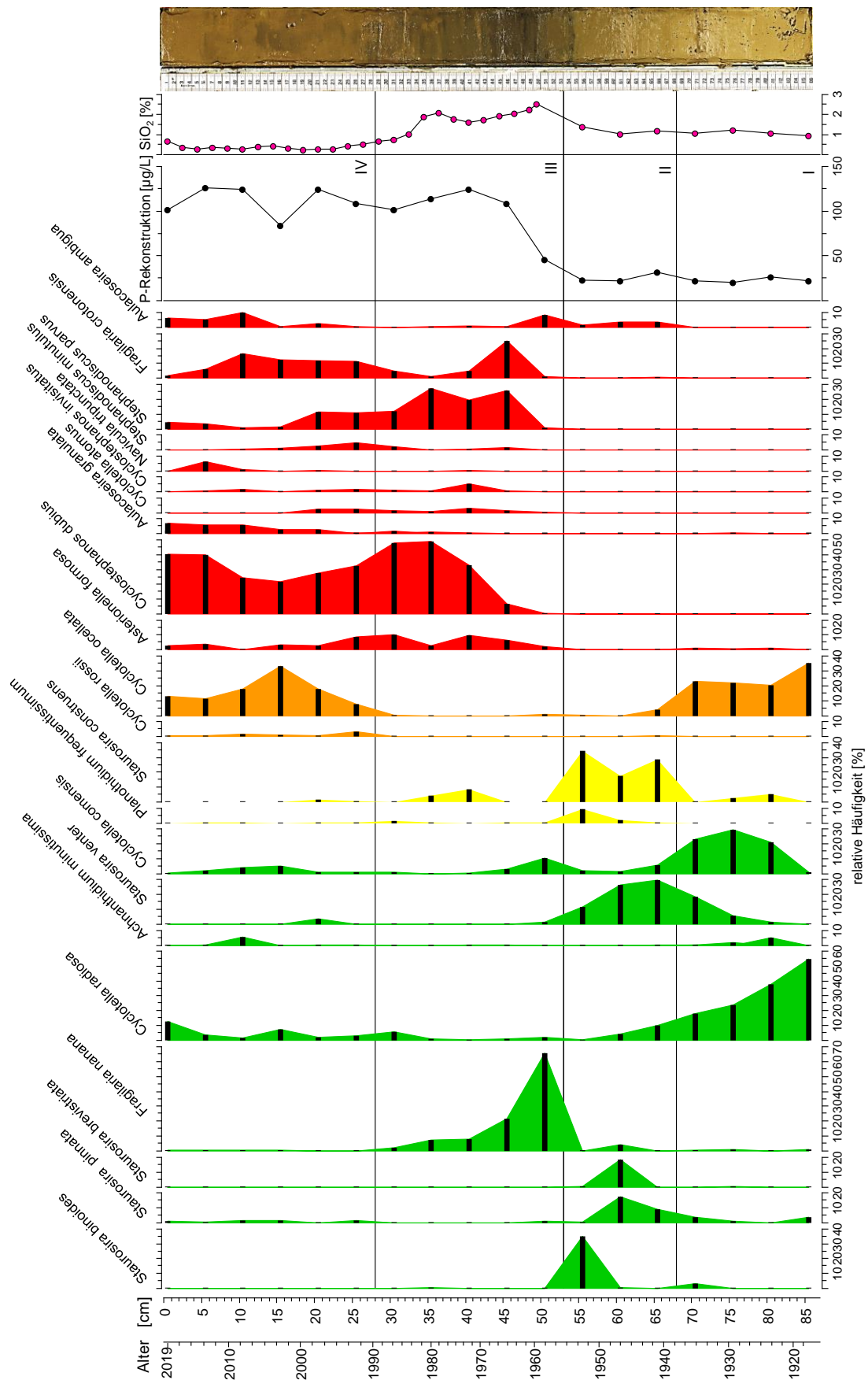


Abbildung 3: Relative Häufigkeit der Kieselalgen des Lützelsees mit einem Vorkommen grösser als 1 %. Die Arten sind sortiert nach ihrem Optimum für Gesamtphosphor (Grün: <35, Gelb: > 35, Orange: >40, Rot: >60 in [µg/L]). Gesamtphosphor Rekonstruktion und biogenes Silikat.

Die Sedimentfarbe in Zone IV ist heller als in Zone III, jedoch dunkler als in Zone I und II. Die Arten *Cyclotella comensis* und *Cyclotella radiosa* - häufige Arten aus Zone I – sind zwar wieder vorhanden, treten aber nur in geringer Zahl auf.

Bemerkenswert ist, dass der rekonstruierte Gesamtphosphorgehalt noch hoch ist, obwohl das biogene Silikat abgenommen hat. Dies könnte auf eine starke Produktion anderer Algengruppen hinweisen (Abb. 3).

Die multivariate Darstellung (Abb. 4) zeigt, dass der Gesamtphosphorgehalt die Artverteilung der Trainingsetseen am besten erklärt, da der rote Pfeil für Gesamtphosphor am längsten ist und nahe der CCA-Achse 1 liegt. Abb. 4 zeigt auch, dass der Gesamtphosphorgehalt nicht mit Gesamtstickstoff korreliert ist. Der rote Pfeil für Gesamtstickstoff ist nahe der CCA-Achse 2.

Abb. 4 zeigt, dass die Probe von 35.5 cm (1980) bei den höchsten Stickstoffkonzentrationen liegt. Die Probe 2019 ist mit dem Status von 1965 vergleichbar. Die anderen Proben liegen dazwischen. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Artveränderung von 28 bis 0 cm (1990 bis 2019) eine Reaktion auf die abnehmenden Stickstoffkonzentrationen nach der Tiefenwasserableitung (AWEL 2019) sein könnte.

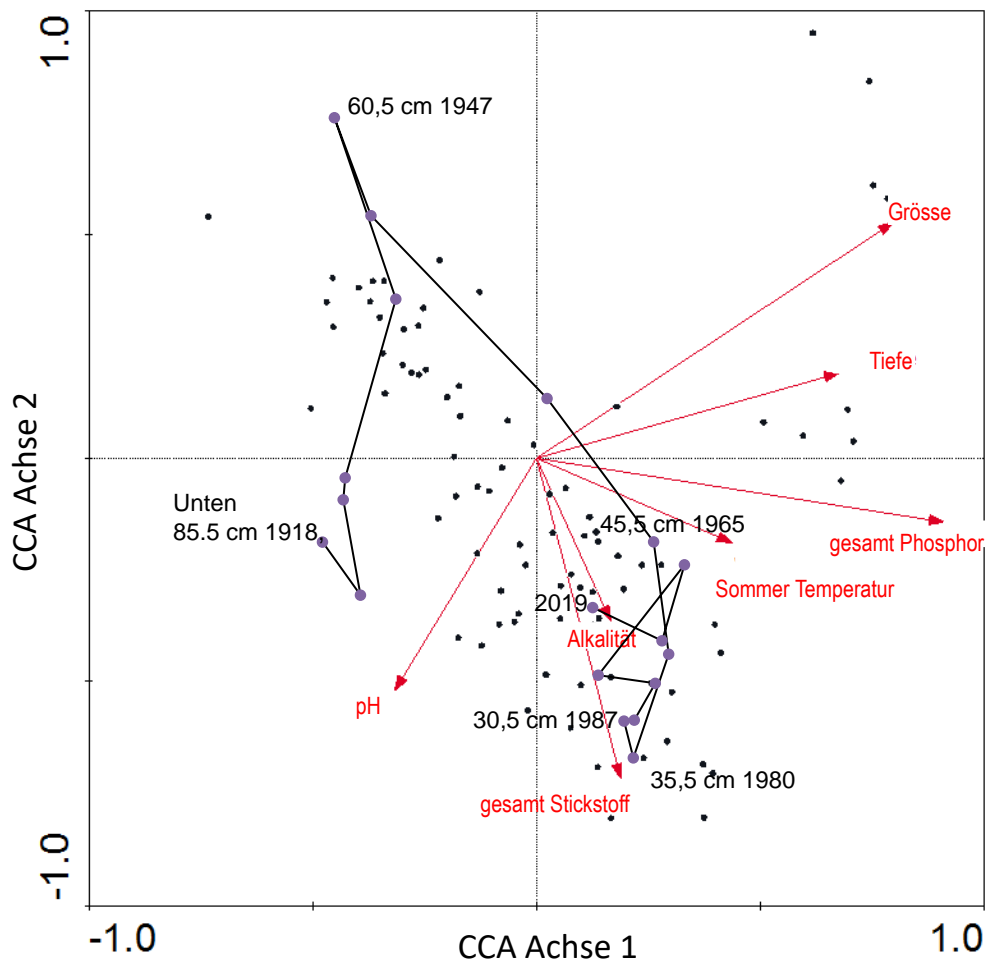


Abbildung 4: Canonical Correspondance Analysis (CCA) mit den Kieselalgen der Trainingsetseen (schwarze Punkte), Umweltdaten der Trainingsetseen (rote Pfeile) und fossilen Kieselalgen des Lützelsees (violette gefüllte Kreise).

4. Schlussfolgerung

Untersuchungen von Seesedimenten können wirkungsvoll sein für das Festlegen von Bewirtschaftungszielen. Anhand der Zusammensetzung der Kieselalgen wurde für den Lützelsee von 1918 bis 1955 ein Gesamphosphorgehalt von 25 µg/L rekonstruiert. Dies ist deutlich weniger als das derzeitige ökologische Ziel von 40 µg/L. Das Sediment des Lützelsees war zwischen 1918 und 1955 auch deutlich heller als dasjenige des Egelsees zwischen 1830 und 1960, dessen Rekonstruktion des Phosphorgehaltes 35 µg/L ergeben hatte (HAUSMANN, 2019).

Nach der Installation der Tiefenwasserableitung im Jahr 1982 (34 cm) wurde die Sedimentfarbe heller. *Cyclotella ocellata*, in geringerem Mass auch *Cyclotella radiosa* und *Cyclotella comensis* konnten sich wieder etablieren. Weiterhin sehr häufig trotz der Tiefenwasserableitung blieb die eutrophe Indikatorart *Cyclostephanus dubius*. Dies zeigt, dass die Tiefenwasserableitung zwar zu einer Verbesserung des gewässerökologischen Zustandes des Lützelsees beigetragen hat. Allerdings ist der Zustand wie zwischen 1918 und 1955 bis jetzt nicht wieder erreicht.

5. Literatur

- APPLEBY, P. (2008). Three decades of dating recent sediments by fallout radionuclides: a review. *Holocene* 18, p. 83–93.
- AMT FÜR GEWÄSSERSCHUTZ (1983). Kartenausschnitt des Lützelsees.
- AWEL (2018). Wasser und Gewässer 2018, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Gewässerschutz, Baudirektion, Kanton Zürich.
- AWEL (2019). Lützelsee: Beurteilung des Seezustands. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Gewässerschutz, Baudirektion, Kanton Zürich.
- HAUSMANN S. UND KIENAST, F. (2006). A diatom-inference model for nutrients screened to reduce the influence of Background variables: application to varved sediments of Greifensee and evaluation with measured data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 233: p. 96-112.
- HAUSMANN S., AQUATICA GMBH (2019). Egelsee P-Rekonstruktion anhand von Kieselalgen, Kurzbericht im Auftrag des AWEL Kt. Zürich: 7 Seiten.
- JUGGINS. S. (2007). C2 Version 1.5 User guide. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualisation. Newcastle University, Newcastle upon Tyne, UK. 73 pp.
- KRAMMER, K. UND LANGE-BERTHALOT H. (1986-91): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Bacillariophyceae. 2/1: Naviculaceae, 876 pp.; 2/2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, 596 pp.; 2/3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, 576 pp.; 2/4: Achnantheaceae, 437 pp.
- SCHAUMBURG J. ET AL. (2004). Macrophytes and phytobenthos as indicators of ecological status in German lakes – a contribution to the implementation of the Water Framework Directive. *Limnologica* 34, 302–314.
- ŠMILAUER P. & LEPŠ J. (2014). *Multivariate Analysis of Ecological Data using Canoco 5*, 2nd edition, Cambridge University Press, 375 pp.
- SMOL J.P. (2009), *Pollution of lakes and rivers: a paleoenvironmental perspective*, 2nd edition, Blackwell Publishing Ltd., 389 pp.