

Projekt Bellacher Weiher

Sedimentanalysen

2020

Dr. Isabelle Larocque-Tobler



Zusammenfassung

Die zwei analysierten Sedimentkerne wurden am 21. Juni 2019 extrahiert. Der Boden beider Kerne bestand aus Sand, gefolgt von schwarzem Schlamm. Pflanzenmaterial (Wurzeln und Blätter) war bis ca. 1998 zahlreich und dann bis ca. 2002 weniger enthalten. Seit ca. 2010 wurde eine Rückkehr zu schwarzem, schlammig-wässrigem Sediment beobachtet. Diese Veränderung der Sedimentzusammensetzung ist der erste Hinweis darauf, dass der Weiher auf die Behandlung anspricht.

Für die Isotopendatierung wurden Proben aus dem langen und an der tiefsten Stelle des Weihers entnommen Kerns verwendet. Dadurch können Sedimente bis zu ca. 110 Jahre zurück datiert werden (hier bei 44 cm). Die Sedimentationsrate wurde auf ca. 2 cm/Jahr bis 4 cm/Jahr geschätzt. Flett Research Laboratory, Canada geht davon aus, dass diese hohe Sedimentationsrate möglicherweise auf eine Veränderung des Redox-Potenzials zurückzuführen ist. Ihre Hypothese wird durch unsere Wiederholungen bestätigt. Die Sedimentationsrate lag bei 1,21 cm/Jahr zwischen 4 cm und 25,5 cm und 0,25 cm/Jahr zwischen 25,5 cm und 51 cm. Der Cäsium-137-Spitzenwert wurde bei 32 cm gemessen, was 53 Jahren (also 1966) entspricht.

Die LOI-Analysen zeigten, dass sich der Wassergehalt im Laufe der Zeit veränderte, anfänglich mit niedrigen Prozentsätzen, aus Sand bestand und möglicherweise die Zeit um ca. 1525 darstellt. In der Mitte des Kerns erhöhte sich die organische Materie und das Pflanzenmaterial (Wurzeln, Blätter). Der Anteil an organischem Material begann ab ca. 2004 zu sinken und ging ab ca. 2010 weiter zurück. Die Ergebnisse deuten auf eine Abnahme der Makrophyten und Algen hin, was auf eine Rückkehr zu einem mesotrophen Zustand des Weihers schliessen lässt.

Die Redox-Analyse zeigte auch wichtige Veränderungen ab ca. 2004 und eine weitere Verbesserung seit ca. 2010. Im Jahr 2019 kehrte das Redox-Potenzial zu den früheren Makrophytenwerten zurück. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass Phosphor zwischen ca. 1909 und 2004 aus dem Sediment freigesetzt wurde, aber seit Beginn der Behandlungen im Sediment verblieb.

Die Chironomid-, Zooplankton- und Diatomenanalysen deuten auch auf eine kürzliche Rückkehr zu mesotrophen Bedingungen hin. Taxa im Zusammenhang mit Makrophyten haben abgenommen und die Vielfalt von Chironomiden und Zooplankton hat in letzter Zeit zugenommen.

Alle Ergebnisse deuten auf eine Verbesserung des des Weiher-Zustandes hin, die etwa 2004 begann, als Plocher-Substanzen dem Weiher hinzugefügt und Makrophyten entfernt wurden. Die Rückkehr zu einem mesotrophen Zustand wurde seit ca. 2010 beobachtet, als die Plocher-Technologie auch im landwirtschaftlichen Einzugsgebiet angewendet wurde. Obwohl alle biologischen Indikatoren eine Rückkehr zu einem mesotrophen Zustand zeigen, sind die biologischen Gemeinschaften nicht denen vor dem eutrophen Zustand ähnlich. Wärmere Temperaturen beeinflussen möglicherweise die biologischen Gemeinschaften und verhindern so eine vollständige Rückkehr von ursprünglichen Gemeinschaften.

Ziele des Projekts

Mit Paläolimnologie die Geschichte des Weihers zu rekonstruieren, um:

- Die Veränderungen des Zustands anhand von Sedimentzusammensetzung, Redox-Potenzial und biologischen Indikatoren (Chironomiden, Diatomeen und Zooplankton) zu quantifizieren.
- Zu bewerten, ob die im Jahr 2004 begonnen und im Jahr 2010 erweiterten Behandlungen den Zustand des Weihers verbessert haben.

Dieses Projekt wurde von der Gemeinde Bellach finanziert und ist somit unabhängig von Nufer Science und der Nutzung von Plocher-Technologie für die Weiher-Behandlung.

Probenahme und Subsampling

Probenahme im Weiher

Am 21.06.2019 wurden zwei Kerne entnommen, einer mit 62 cm Länge in der Mitte des Weihers an der tiefsten Stelle (nachfolgend „Tiefer Kern“ genannt) und einer mit 54 cm Länge an einer flacheren Stelle (nachfolgend „Flacher Kern“ genannt).

Subsampling

Die Kerne wurden in zwei Hälften geschnitten, fotografiert, vermessen und hinsichtlich Änderungen der Farbe und der Arten des Sediments beschrieben.

Aus je einer Hälfte der beiden Kerne wurden Teilproben in Form von Scheiben zu 2 cm für biologische Analysen geschnitten. Die anderen Hälften wurden bei 4°C gelagert.

Organische Stoffe und Wassergehalt

Der längere Kern (Tiefer Kern) wurde verwendet, um Wasserprozentsätze, organische Materieprozentsätze und das Redox-Potenzial zu bestimmen.

Biologische Analysen

Sechs Proben (3 von jedem Kern) wurden an Dr. Sergi Pla-Rabes in Spanien für Diatomen-Analysen geschickt.

Für Zooplankton wurden sechs Proben (3 von jedem Kern) ausgewählt (oben, mitte, unten), um Veränderungen "vor, während und nach" der Makrophytendominanz darzustellen.

Die gleichen Proben wurden zuerst auch auf Chironomiden analysiert. Während den Chironomid-Analysen wurden Veränderungen festgestellt, sodass nicht wie geplant drei, sondern in beiden Kernen fünf Proben (ohne zusätzliche Kosten) analysiert wurden.

Datierung

Nach den biologischen Analysen wurde die Hälfte des langen Kerns (Tiefer Kern) für die Datierung verwendet. Jeder cm von der Oberfläche bis zu 50 cm wurde an das Flett Research Labor in Canada für die Messung von Radioisotopen (Pb-210, Cs-137 und Rn-226) gesandt. Mit dieser Methode wurde die Abnahme der Radioaktivität dieser drei Isotope untersucht. Auf Grundlage dieser Daten wird ein CRS-Modell verwendet, um die Datumsangaben entlang des Kerns abzuleiten. Diese Methode kann für Datumsangaben von bis zu 110 Jahren verwendet werden (in unserem Fall also 1909). Bei älteren Sedimenten sollten es Datierungen mit Radiokarbon sein. Das Ziel dieses Projekts war es jedoch, die jüngsten Veränderungen zu bewerten, so dass keine Radiokarbon-Datierung erforderlich ist. Die Daten für das älteste Sediment wurden extrapoliert, sind demzufolge aber nicht ganz genau.

ERGEBNISSE UND INTERPRETATION

Sediment

Sedimentbeschreibung des Flachen Kerns

Zwischen 52 cm und 54 cm bestand das Sediment aus Sand. Von 52 cm bis 45 cm war es dunkler Schlamm. Zwischen 45 cm und 33 cm dominierte Pflanzenmaterial das Sediment. Zwischen 33 cm und 1cm war das Sediment wieder ein dunkler Schlamm. Die Oberfläche (0-1 cm) war wässriger Schlamm und bestand aus schwimmenden Algen.



Sediment description

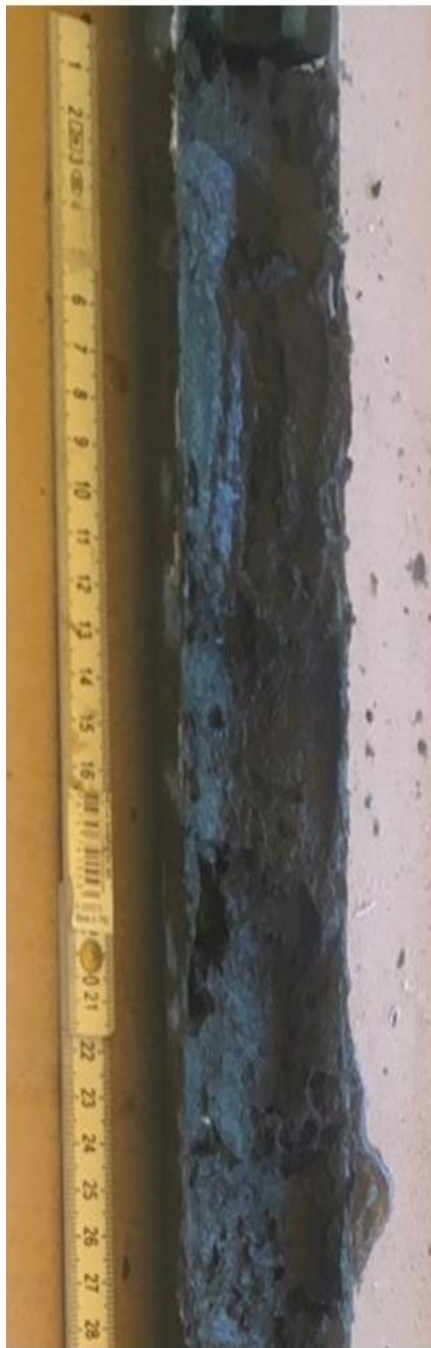
- 0-1: watery, algae
- 1-33 cm: dark sediment
- 33-45 cm: plant material
- 45-52: dark mud
- 52-54: sandy material



Abbildung 1: An flacher Stelle entnommener Sedimentkern. Das linke Bild zeigt das Sediment von der Oberfläche bis 29 cm und das rechte Bild von 29 cm bis 54 cm. Zwischen 52 cm und 54 cm besteht das Sediment aus sandigem Material.

Sedimentbeschreibung des Tiefen Kerns

Im Tiefen Kern variierte die Sedimentzusammensetzung stärker als im Flachen Kern. Die Hauptmuster blieben jedoch: sandiger Boden, darauffolgend schwarzer Schlamm, Schlamm mit Pflanzenmaterial und erneut schwarzer Schlamm (ab ca. 2010). Die Oberfläche bildete ein wässriges Schlamm sediment.

**Sedimentvariation:**

- 1. cm: liquid mud +algae
- 1-10 cm: very black liquid sediment
- 10-35: very black mud, few plant material
- 35-43: dark brown, a lot of plant material
- 43-47 cm: mixed mud/black, plant material
- 47-50.5 cm: gray mud, sandy
- 50.5-53.5: black material with plants
- 53.5-62 cm: brown, sandy/grainy sediment



Abbildung 2: An tiefster Stelle entnommener Kern. Das linke Bild zeigt das Sediment von der Oberfläche bis 29 cm Tiefe und das rechte Bild von 29 cm bis 54 cm.

Datierung

Die folgende Tabelle zeigt die Daten, die mit einem CRS-Modell einschließlich der abnehmenden Kurven von Pb-210, Cs-137 und Rn-226 ermittelt wurden. Eine Pb-210 Hintergrundaktivität wurde bei 44,5 cm gemessen, was einer Zeitspanne von 110 Jahre (die Grenze dieser Datierungsmethode) entspricht. Um Daten zu erhalten, die älter als 110 Jahre sind, sollte die Radiokarbon-Datierung verwendet werden. Das Ziel dieser Forschung war es jedoch, Veränderungen vor, während und nach der Behandlung zu sehen.

Die Daten ab 44.5 cm Tiefe wurden aus dem CRS-Modell extrapoliert. Der geschätzte Fehler der Extrapolation beträgt etwa 6 Jahre pro 4 cm. Die entsprechenden Datumsangaben werden in der Folge mit Fragezeichen gekennzeichnet.

| Depth (cm) | CRS-model (years) | Date AD | Sedimentation rate (cm/year) |
|---------------|----------------------|-------------|---------------------------------|
| 0.5 | 0.4 | 2019 | 2.0 |
| 2.5 | 2.1 | 2017 | 2.0 |
| 4.5 | 3.7 | 2015 | 1.21 |
| 7.5 | 6.2 | 2013 | 1.21 |
| 10.5 | 8.7 | 2010 | 1.21 |
| 15.5 | 12.8 | 2007 | 1.21 |
| 20.5 | 16.9 | 2002 | 1.21 |
| 25.5 | 21.1 | 1998 | 1.21 |
| 30.5 | 40.7 | 1978 | 0.25 |
| 32.5 | 53.1 | 1966 | 0.25 |
| 35.5 | 60.4 | 1959 | 0.25 |
| 40.5 | 80.0 | 1939 | 0.25 |
| 44.5 | 110 | 1909 | |
| 45.5 | <i>364</i> | <i>1655</i> | <i>0.125</i> |
| 50.5 | <i>404</i> | <i>1615</i> | <i>0.125</i> |
| 55.5 | <i>444</i> | <i>1575</i> | <i>0.125</i> |
| 61.5 | <i>492</i> | <i>1527</i> | <i>0.125</i> |

Tabelle 1: Dating-Ergebnisse, die mit einem CRS-Modell erzielt und im Flett Research Lab, Canada berechnet wurden. Die Daten in Kursivschrift wurden aus dem CRS-Modell extrapoliert.

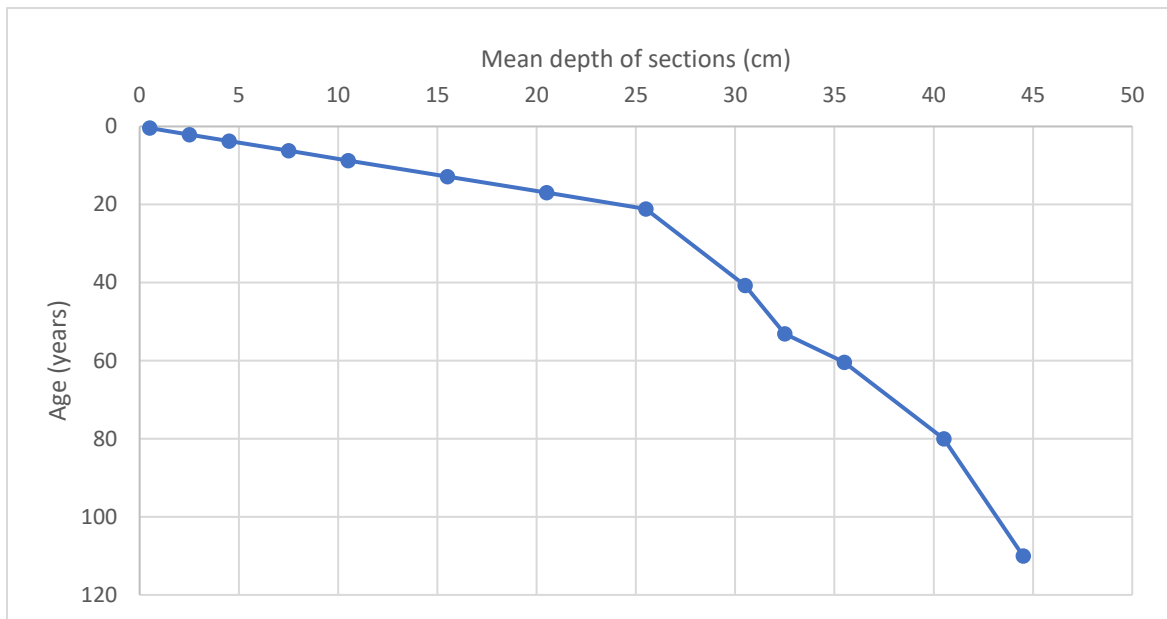


Abbildung 3: Alters-/Tiefenmodell aus dem Flett Research Lab.

Wasseranteil

Der Wasseranteil war zuunterst am Kern am niedrigsten, was erwartet wurde, da das Sediment hier aus Sand besteht. Der durchschnittliche Wasseranteil liegt bei 65 %. Der Wassergehalt war zwischen 46 cm und 28 cm höher und begann mit 26 cm auf den Durchschnitt zu sinken. Seit Beginn der Plocher-Behandlung im Weiher und der Entfernung der Makrophyten ging der Wasseranteil auf leicht unterdurchschnittliche Werte zurück. Seit ca. 2010, als die Plocher-Technologie auch im landwirtschaftlichen Einzugsgebiet eingesetzt wurde, sank der Wasseranteil deutlich unter den Durchschnitt und erreichte ein Niveau, das mit dem Zustand vor ca. 1924 vergleichbar ist.

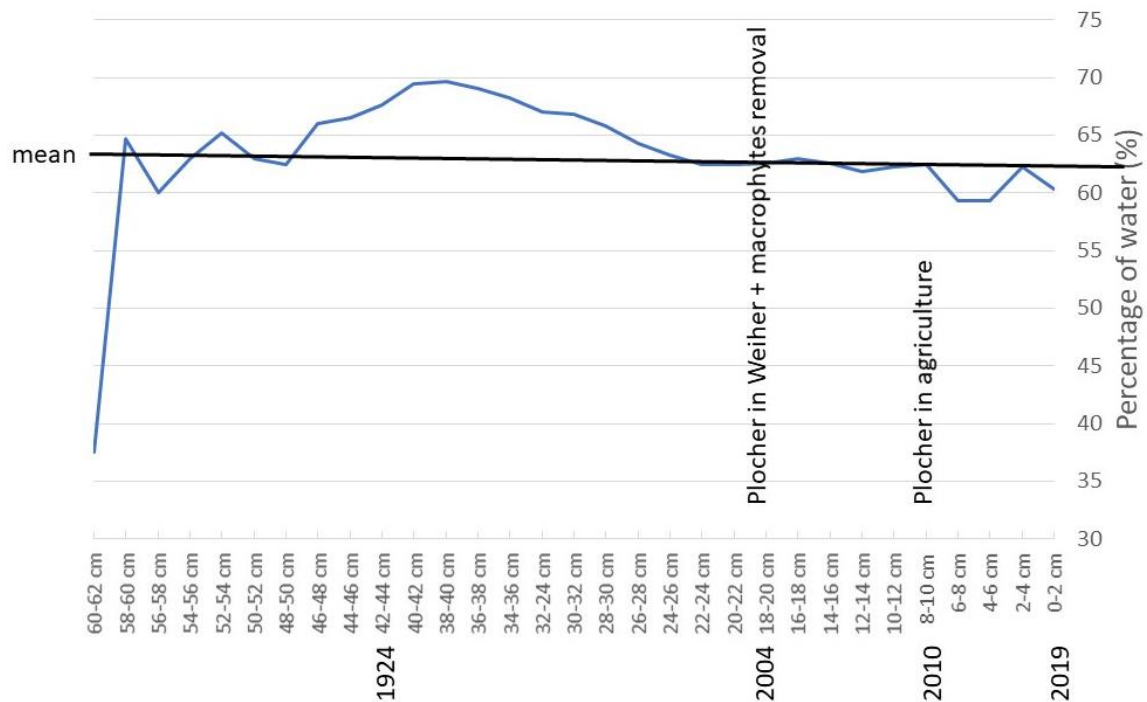


Abbildung 4: Anteil des Wassers im Sediment

Organisches Material

Der Anteil an organischem Material war im allgemeinen hoch, außer in den Bereichen aus Sand. Bis 48 cm (vor ca. 1909) lag der Anteil der organischen Stoffe unter 80%. Er stieg überdurchschnittlich zwischen 48 cm und 24 cm (ca. 2004). Um ca. 2010 ging die organische Substanz wieder unter den Durchschnitt zurück. Der Anteil an organischer Materie ist durch das Vorhandensein von Makrophyten und mikroskopischen Algen im See beeinflusst. Seit ca. 2010 haben die Makrophyten und Algen abgenommen, aber die Werte zu Beginn des Datensatzes wurden nicht erreicht. Organische Materie wird durch die Temperatur beeinflusst (Kelly und Chynoweth, 1981) und erhöhte Temperaturen könnten die heutigen biologischen Gemeinschaften im Weiher daran hindern, zu den ursprünglichen Gemeinschaften zurückzukehren.

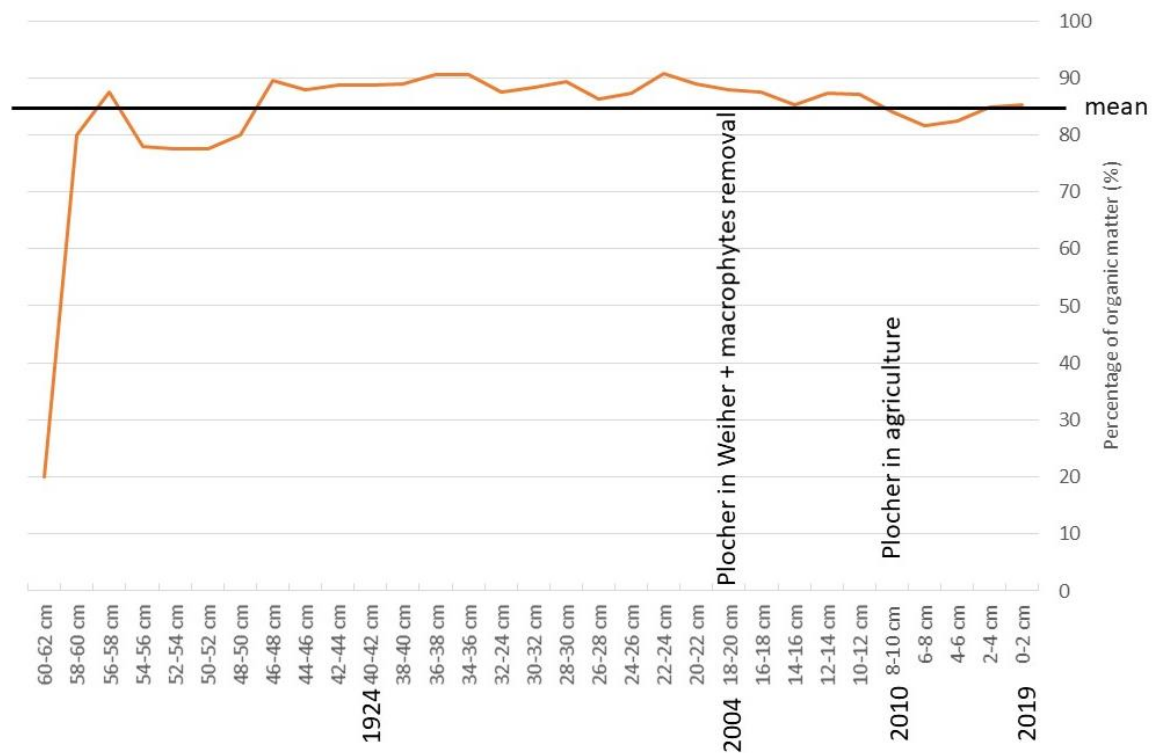


Abbildung 5: Anteil organischer Stoffe im Sediment

Redox - Potenzial

Das Redox-Potenzial variierte im Zusammenhang mit dem Vorhandensein von Makrophyten. Es war am niedrigsten, als Makrophyten im Sediment festgestellt wurden, was auf eine mögliche Freisetzung von Phosphor aus dem Sediment in die Wassersäule hindeutet. Ähnliche Ergebnisse wurden von Boos et al (2011) gezeigt. Wenn Makrophyten einen großen Teil eines kleinen Sees oder Teichs bedecken, nimmt das Redox-Potenzial ab. Das Redox-Potenzial begann im Weiher etwa 2 Jahre nach Einsatz der Plocher-Technologie sowie der Entfernung von Makrophyten zu steigen und lag nach ab ca. 2007 über dem Durchschnitt. Seither ist das Redox-Potenzial stetig gestiegen und erreicht fast das zu Beginn des Datensatzes verzeichnete Niveau. Seit ca. 2010 wurden auch Veränderungen des Redox-Potenzials für die "Erhöhung der Sedimentationsrate" in den für die Datierung verwendeten Proben angenommen (siehe Datierungsergebnisse Flett Research Lab).

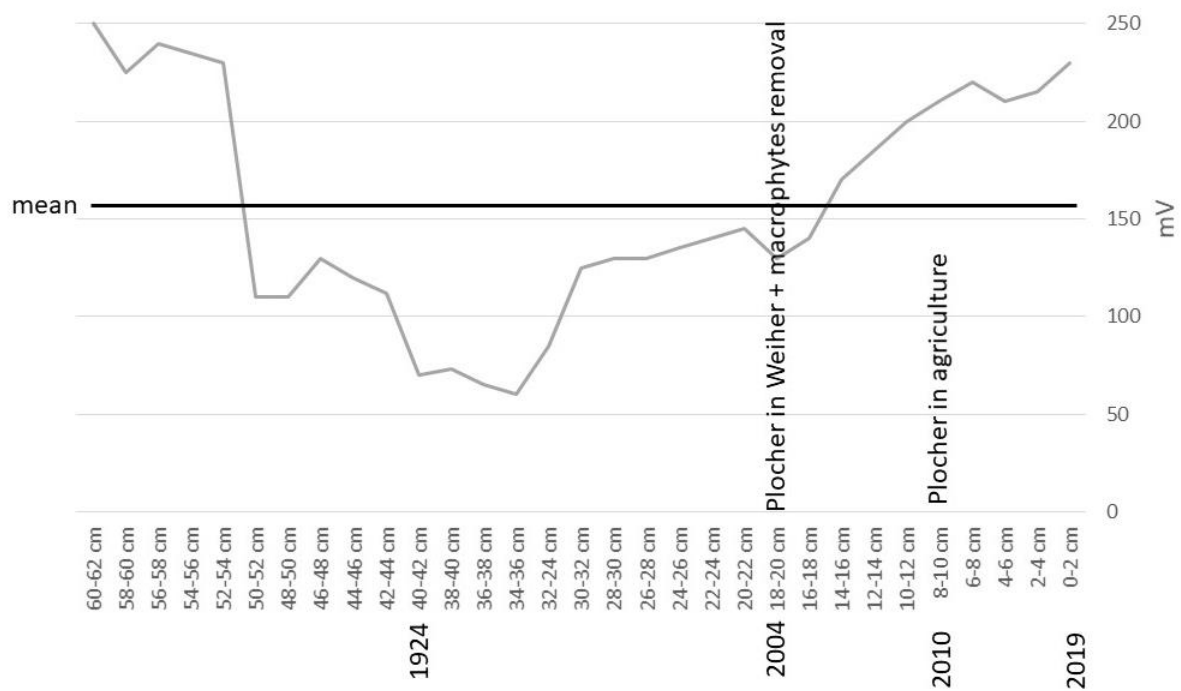


Abbildung 6: Redox-Potenzial im Sediment.

Zooplankton

a) Im Tiefen Kern:

In der Mitte des Kerns (1978) war die Zooplankton-Gemeinschaft weniger vielfältig, mit einer Dominanz von *Chydorus sphaericus*, die oft mit Makrophyten in Verbindung gebracht wird. Die Diversität war anfangs (1527 ?) und zuletzt (2017) höher. *Daphnia ephippium* suggerieren eutrophische Zustände, aber die höchsten Zahlen von *Alona* und *Bosmina* deuten eher mesotrophische Bedingungen an.

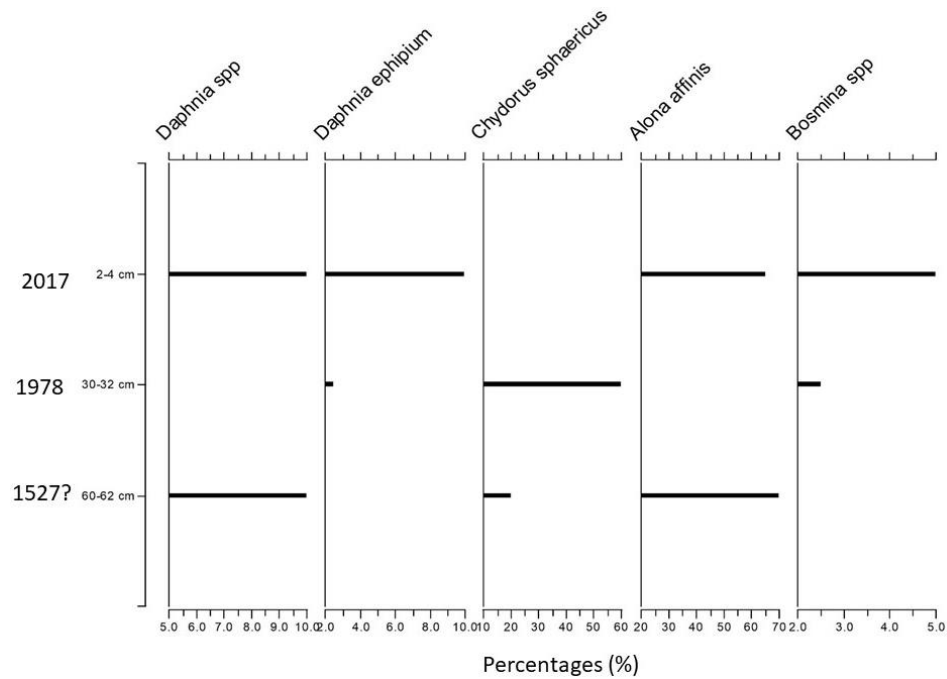


Abbildung 7: Zooplankton-Gemeinschaft (in Prozent) in den drei Proben aus dem an der tiefsten Stelle entnommenen Kern analysiert.

b) Im Flachen Kern:

Die Zooplankton-Gemeinschaft war im gesamten Kern ähnlich. Die Veränderungen im Laufe der Zeit, mit dem Verschwinden vieler Taxa und der Zunahme von Makrophyten (Mitte des Kerns) deuten auf eine Verbesserung des Weiher-Zustandes hin. In letzter Zeit erfolgte eine Rückkehr zu mesotrophen Bedingungen und die Vielfalt hat leicht zugenommen.

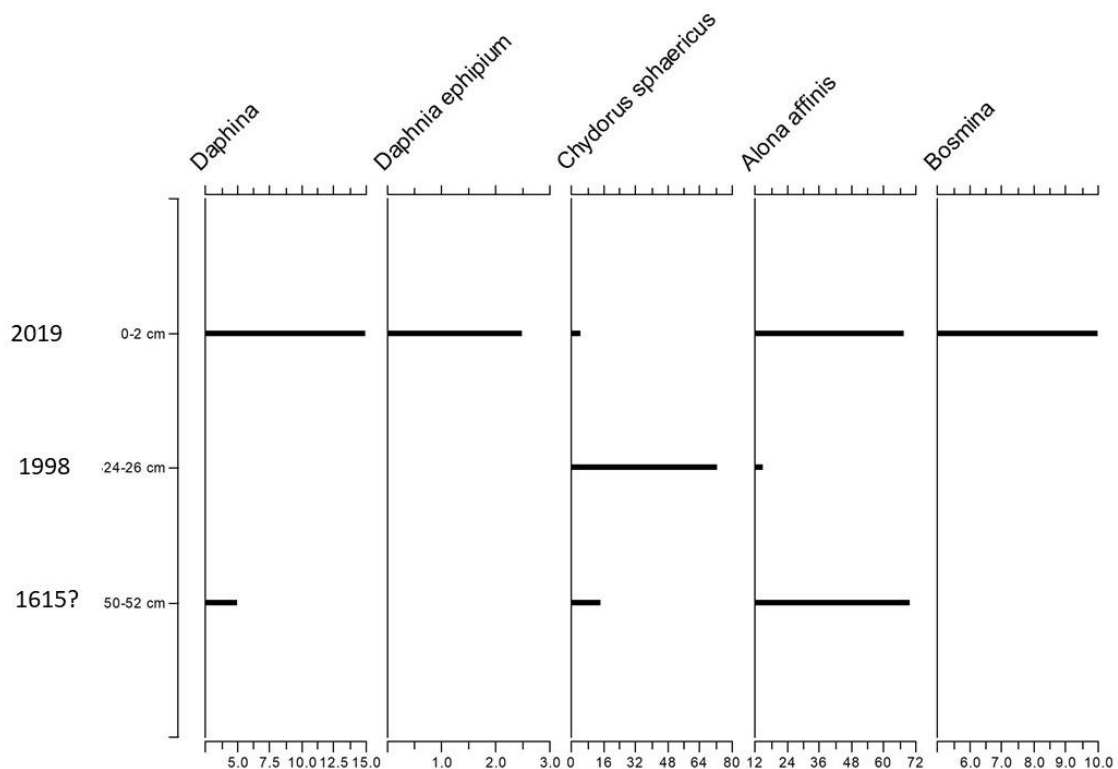


Abbildung 8: Zooplankton-Gemeinschaft (in Prozent) in den drei Proben, welche dem Flachen Kern entnommen wurden.

Chironomiden

Im Flachen Kern wurden 25 Chironomiden Taxa identifiziert. Die höchste Gesamtzahl der Kopfkapseln (120) war in der Mitte des Kerns. Im Jahr 2010 begannen einige Taxa, die mit mesotrophen Bedingungen verbunden waren (Anhang 1), zuzunehmen. Neue Taxa erschienen in der jüngsten Stichprobe (2018-2019). Einige Taxa, die mit eutrophen Bedingungen und niedrigen Sauerstoffgehalten verbunden, sind immer noch vorhanden. Daher deuten die Ergebnisse auf eine leichte Verbesserung in der trophischen Ebene hin.

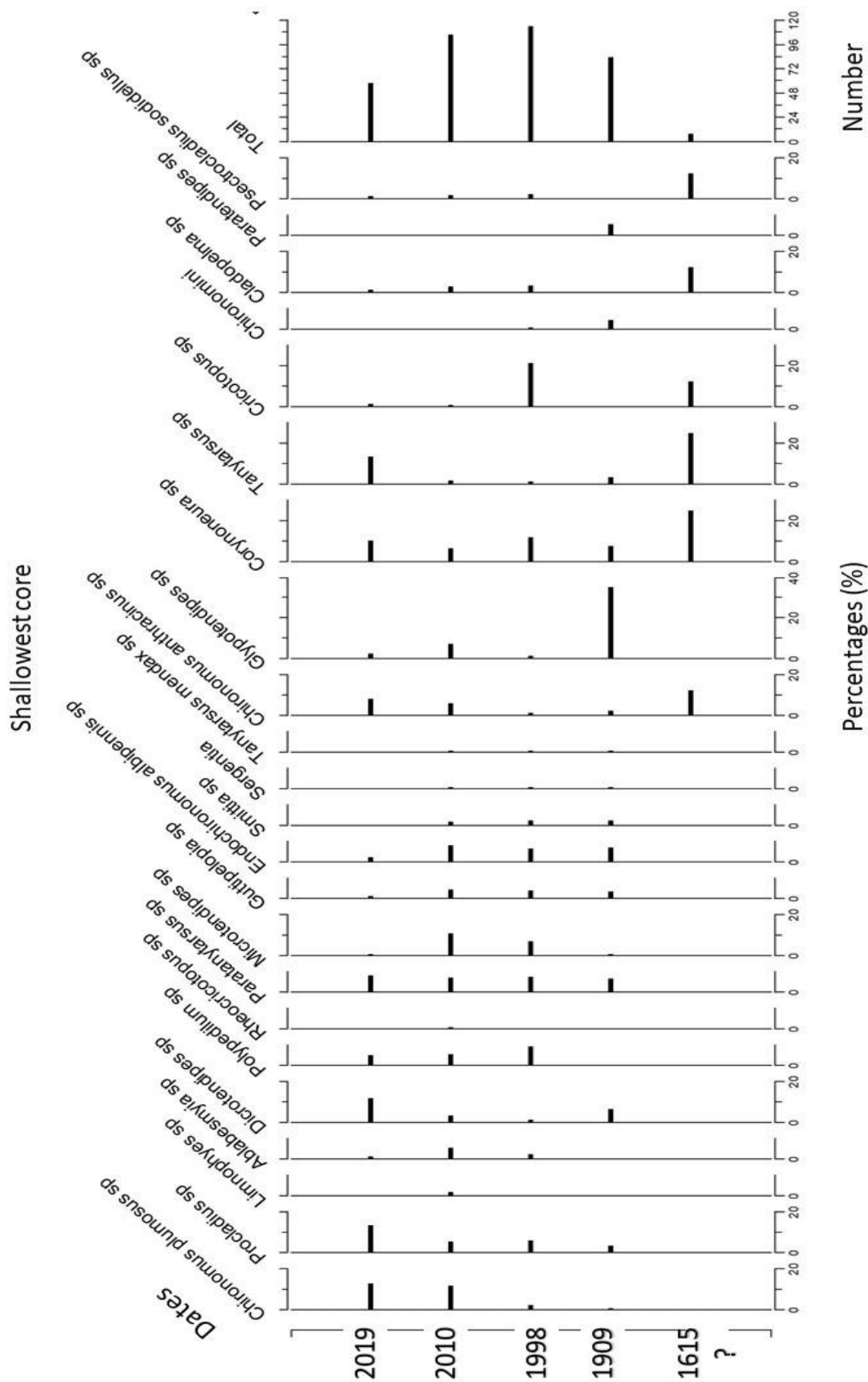


Abbildung 9: Chironomiden-Gemeinschaft (in Prozent) und Anzahl der In-Kopf-Kapseln, die in jeder Probe des an flacher Stelle entnommenen Kerns identifiziert wurden

Im Tiefen Kern wurden 38 Chironomiden Taxa identifiziert. Eine höhere Anzahl von Chironomiden im Vergleich mit dem Flachen Kern ist normal. In der Paläolimnologie gehen wir davon aus, dass der Tiefe Kern, aufgrund der Taphonomie eine bessere Darstellung der Vielfalt der lebenden Organismen des Sees liefert (Heiri 2004). Die Gesamtzahl der Chironomiden war im Jahr 1615 (?) auf dem höchsten Stand und ging anschliessend auf die heutige Zahl zurück (mehr als 60). Taxa im Zusammenhang mit mesotrophen Bedingungen (Anhang 1) stiegen 2018-2019 und Taxa im Zusammenhang mit eutrophen Bedingungen (Anhang 1) gingen zurück. Die Taxa deuten auf eine Verbesserung des trophischen Niveaus von eutrophen zu mesotrophen Bedingungen hin. Die Chironomiden-Gemeinschaft in der Zeit 2018-2019 ist etwas anders als zu Beginn der Aufzeichnung. Neben Sauerstoffgehalt und trophischen Bedingungen werden Chironomiden durch die Temperatur beeinflusst (Larocque et al. 2009). Temperaturänderungen im Laufe der Zeit können die vollständige Rückkehr zu den am Anfang des Datensatzes beobachteten Gemeinschaften verhindern.

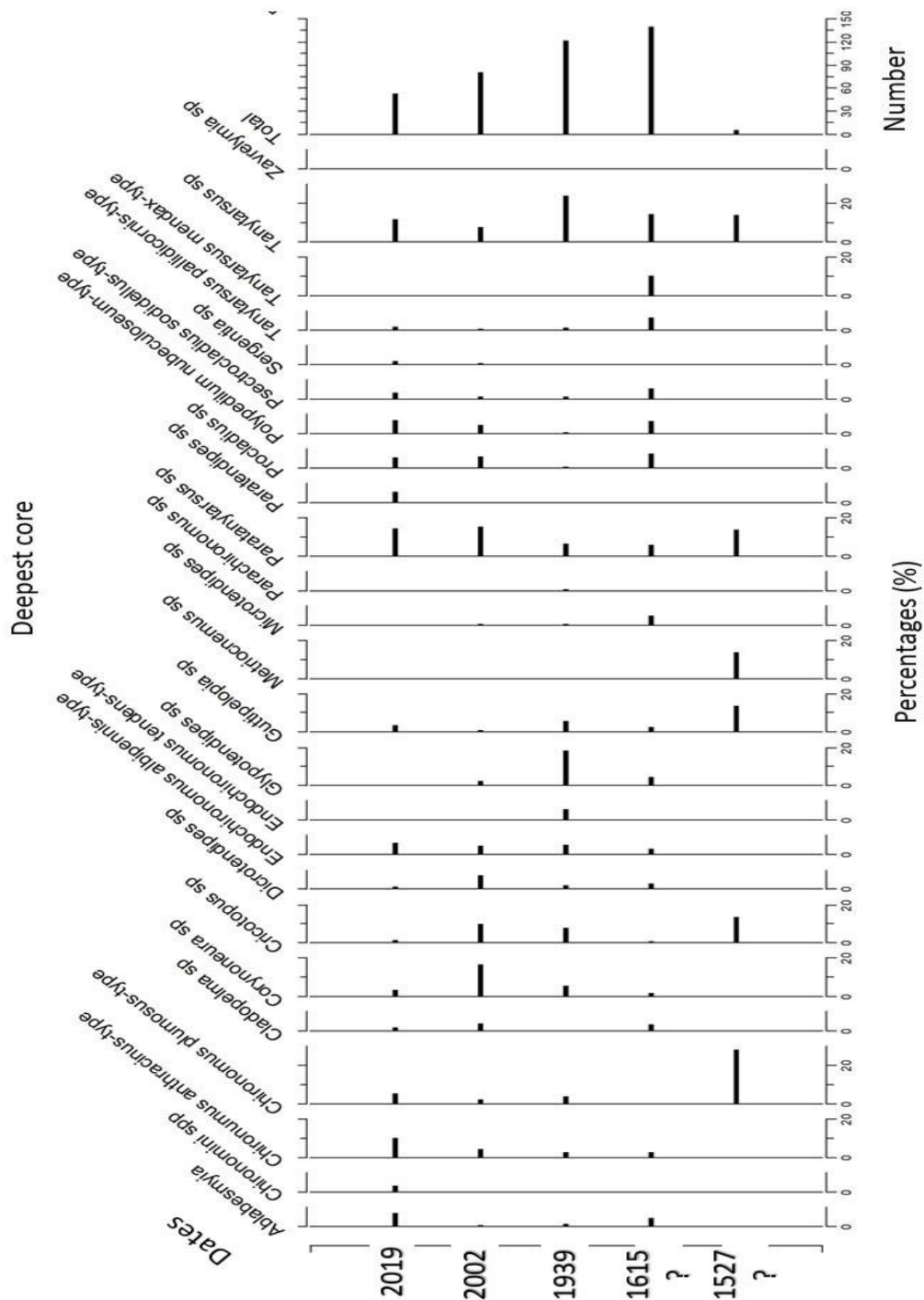


Abbildung 10: Chironomid-Gemeinschaft (in Prozent) und Anzahl der Kopfkapseln in den Proben des an der tiefsten Stelle entnommenen Kerns identifiziert.

Änderungen der Taxa im Zusammenhang mit den mesotrophischen und eutrophen Bedingungen im Weiher

Die Prozentsätze von Chironomiden Taxa, die mit eutrophen Bedingungen in Verbindung gebracht werden können, waren in der Mitte des Kerns am höchsten und erreichten bis zu 60 % im Flachen Kern und 50 % im Tiefen Kern. Die jüngsten Stichproben zeigen einen Rückgang von 20% der eutrophen Taxa in beiden Kernen. Auch die Prozentsätze der mesotrophen Taxa stiegen in beiden Kernen. Im Flachen Kern liegt der heutige Anteil an eutrophen Taxa leicht unter dem Prozentsatz zu Beginn des Datensatzes und die mesotrophen Taxa sind höher als während der Makrophytendominanz.

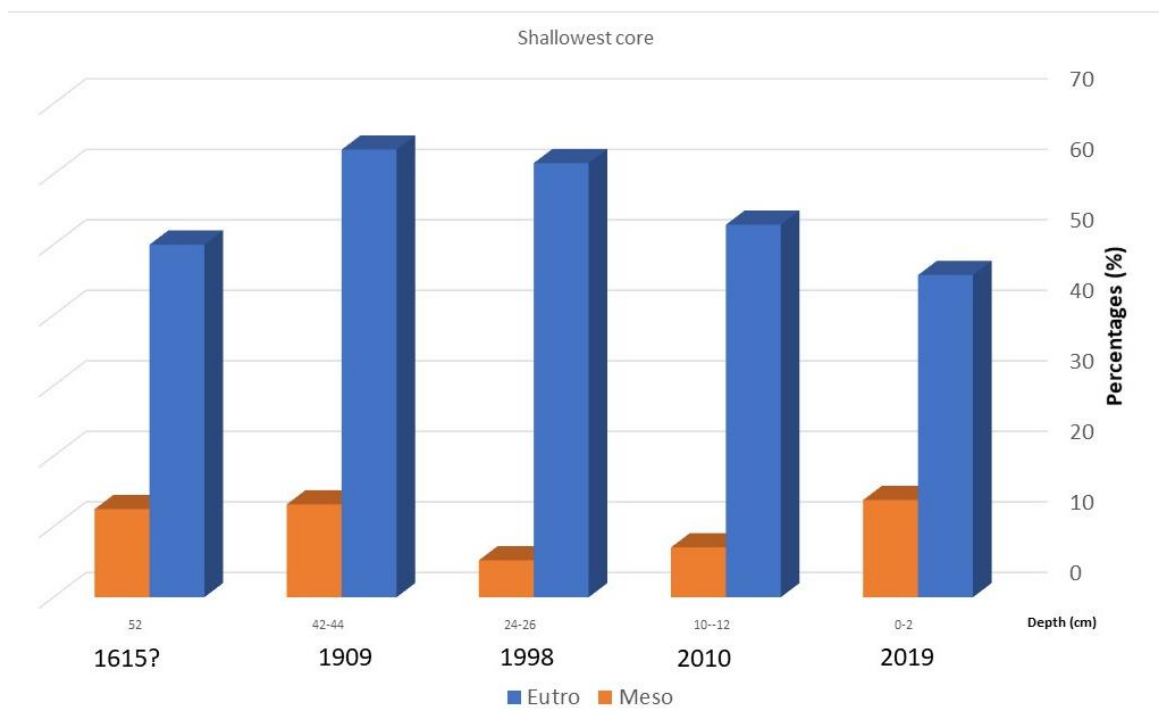


Abbildung 11: Prozentsatz der eutrophen und mesotrophischen Chironomiden Taxa in den Proben des an der flachen Stelle entnommenen Kerns. Für Taxa siehe Anhang 1

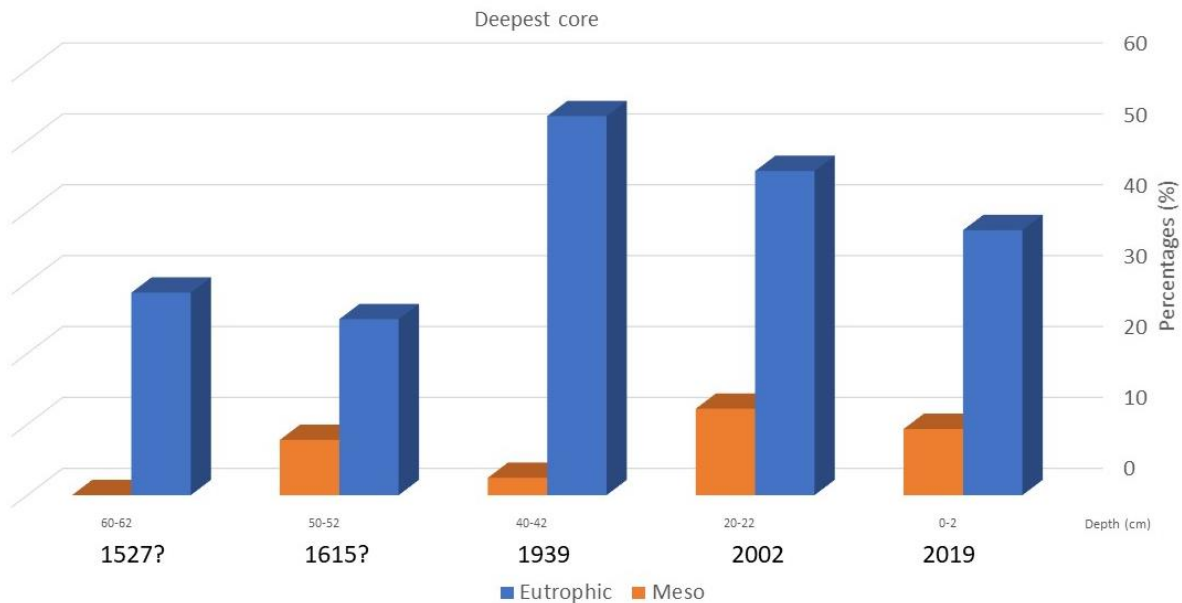


Abbildung 12: Prozentsätze von eutrophen und mesotrophen Chironomiden Taxa in den Proben des an der tiefsten Stelle entnommenen Kerns.

Veränderungen der Taxa im Zusammenhang mit niedrigen Sauerstoffgehalten und Makrophyten

Chironomiden Taxa, die mit Makrophyten (Taxa in Anhang 1) in Verbindung gebracht werden können, waren in Prozenten in der Mitte der Kerne dominanter als zu Beginn und in den jüngsten Stichproben. Ihr Anteil begann 2010 zu sinken und ist 2019 auf dem niedrigsten Stand. Taxa, die mit niedrigeren Sauerstoffgehalten assoziiert sind, liegen 2010 auf dem gleichen Niveau wie 1615 (?), haben aber 2019 wieder zugenommen. Dieser jüngste Anstieg könnte mit wärmeren Temperaturen verbunden sein (Anhang 2).

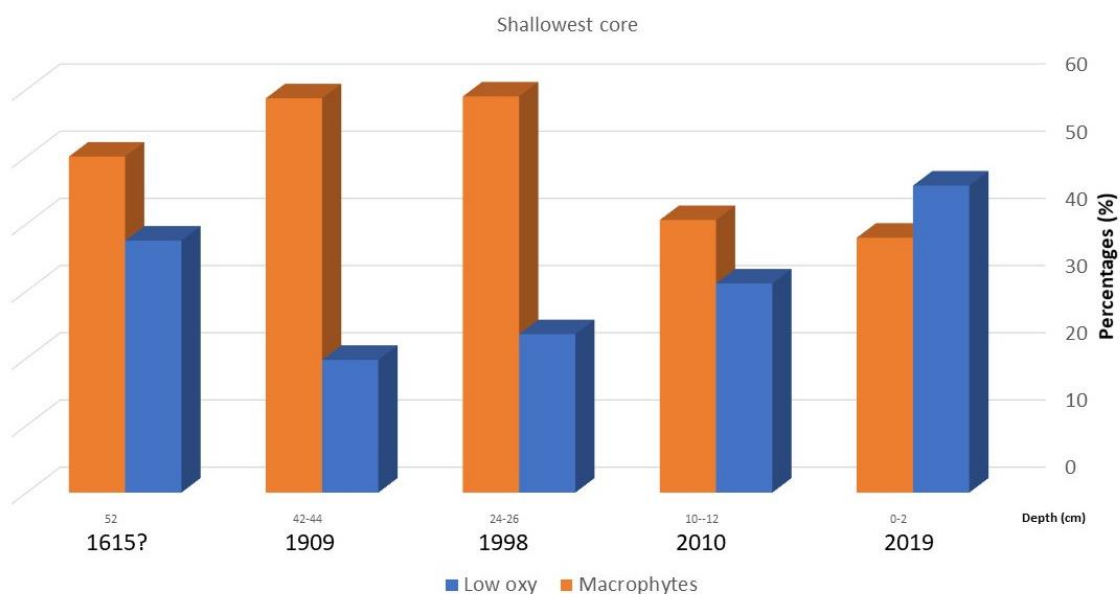


Abbildung 13: Prozentsätze von Chironomiden Taxa, die mit niedrigen Sauerstoffgehalten und Makrophyten assoziiert werden, wie sie im Sediment des an der flachen Stelle entnommenen Kerns identifiziert wurden.

Im Tiefen Kern nahmen die mit niedriger Sauerstoffzufuhr verbundenen Taxa zu, was im Vergleich zu 1939 normal ist, da die Bedingungen damals nicht so "schlecht" waren wie später. Im Jahr 2019 gingen die niedrigen Sauerstoffgehalt anzeigenden Taxa im Vergleich zu 2002 leicht zurück. 2019 war ein warmes Jahr, eines der wärmsten seit der Temperaturmessung (Anhang 2). Warme Temperaturen verringern die Menge an Sauerstoff im Wasser, zugunsten Taxa welche bei niedrigem Sauerstoffgehalt überleben. Hier stören die Temperaturen die Behandlung. Die mit Makrophyten assoziierten Taxa weisen jedoch einen bedeutenden Rückgang von 2002 bis 2019 auf. Diese Prozentsätze entsprechen wieder den Bedingungen im Jahre 1616 (?).

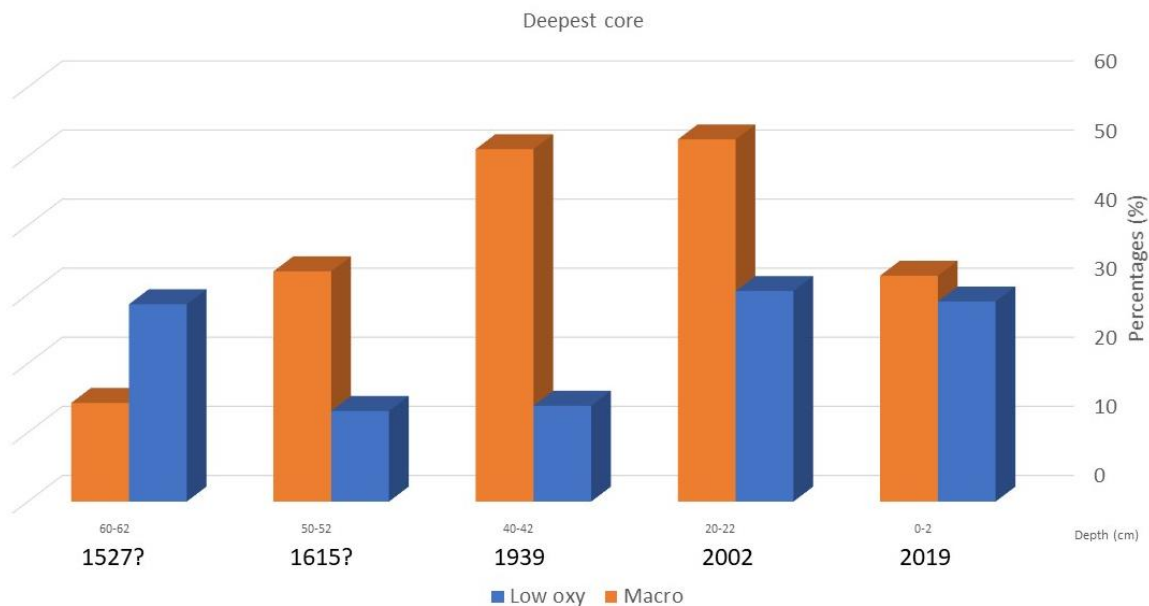


Abbildung 14: Prozentsätze von Chironomiden Taxa, die mit niedrigen Sauerstoffgehalten und Makrophyten verbunden sind, wie sie im Sediment des an der tiefsten Stelle entnommenen Kerns identifiziert wurden.

Diatomen

a) Flacher Kern

In den drei analysierten Proben wurden 60 Arten erfasst. Nur diejenigen mit einem Anteil von mindestens 2% sind in der nachfolgenden Grafik dargestellt. Die Veränderungen in der Gemeinschaft zeigen deutlich zwei "Zustände" der Diatomeen mit ganz unterschiedlichen Gemeinschaften. Die niedrigste Vielfalt war im Jahr 2010, d.h. zu Beginn der Behandlung mit der Dominanz von zwei *Staurosira* Arten. Eine verringerte sich und kehrte zu ähnlichen Anteilen wie in der ersten Stichprobe zurück, während die zweite leicht zunahm. Die oberste Stichprobe deutet auf eine Rückkehr zum mesotrophen Zustand hin, obwohl die Gemeinschaft anders ist, als am Anfang des Kerns.

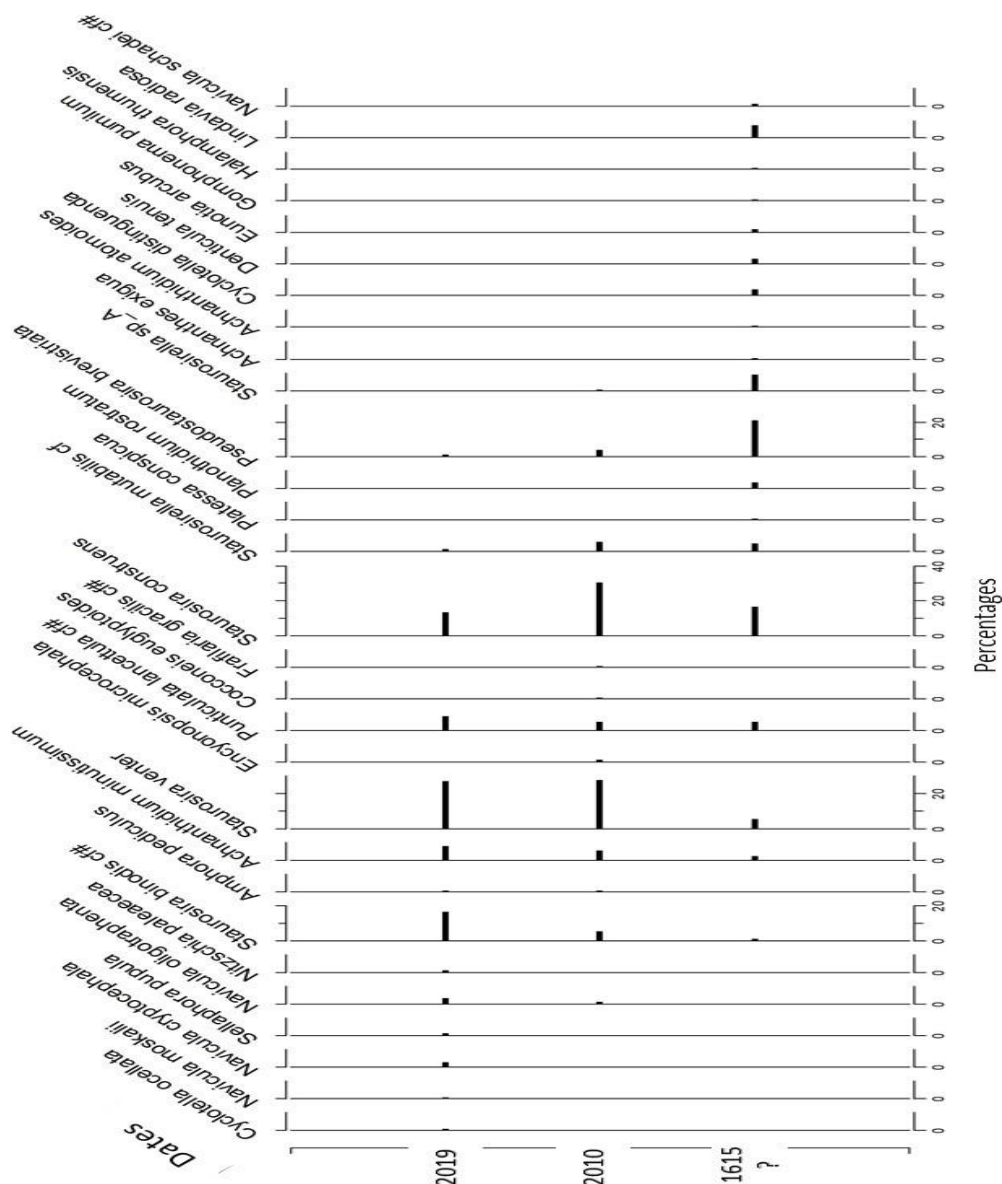


Abbildung 15: Diatomeenstratigraphie in den drei Proben aus dem an flacher Stelle entnommenen Kern. Angaben für jede Art in Prozent (%)

b) Tiefer Kern

Im Tiefen Kern waren 71 Arten in den drei Proben vorhanden. Nur diejenigen mit einem Anteil von mindestens 5% sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Die drei Stichproben zeigen unterschiedliche Gemeinschaften. *A. minutissimum* ist eine Art, die sich an ein Substrat wie Makrophyten anheftet und mit mehr als 40 % in der Stichprobe bei 22-24 cm (2000) die dominierende Art ist. Diese Gemeinschaft enthält auch niedrige Prozentsätze von Arten, die in der tiefsten Probe nicht vorhanden waren und in der Oberflächenprobe wieder verschwanden. In der Oberflächenstichprobe kehren einige Arten zu Anteilen zurück, die denen in der ersten Stichprobe ähnlich sind, was auf mesotrophe Bedingungen hindeutet, aber viele "neue" Taxa wurden ebenfalls registriert.

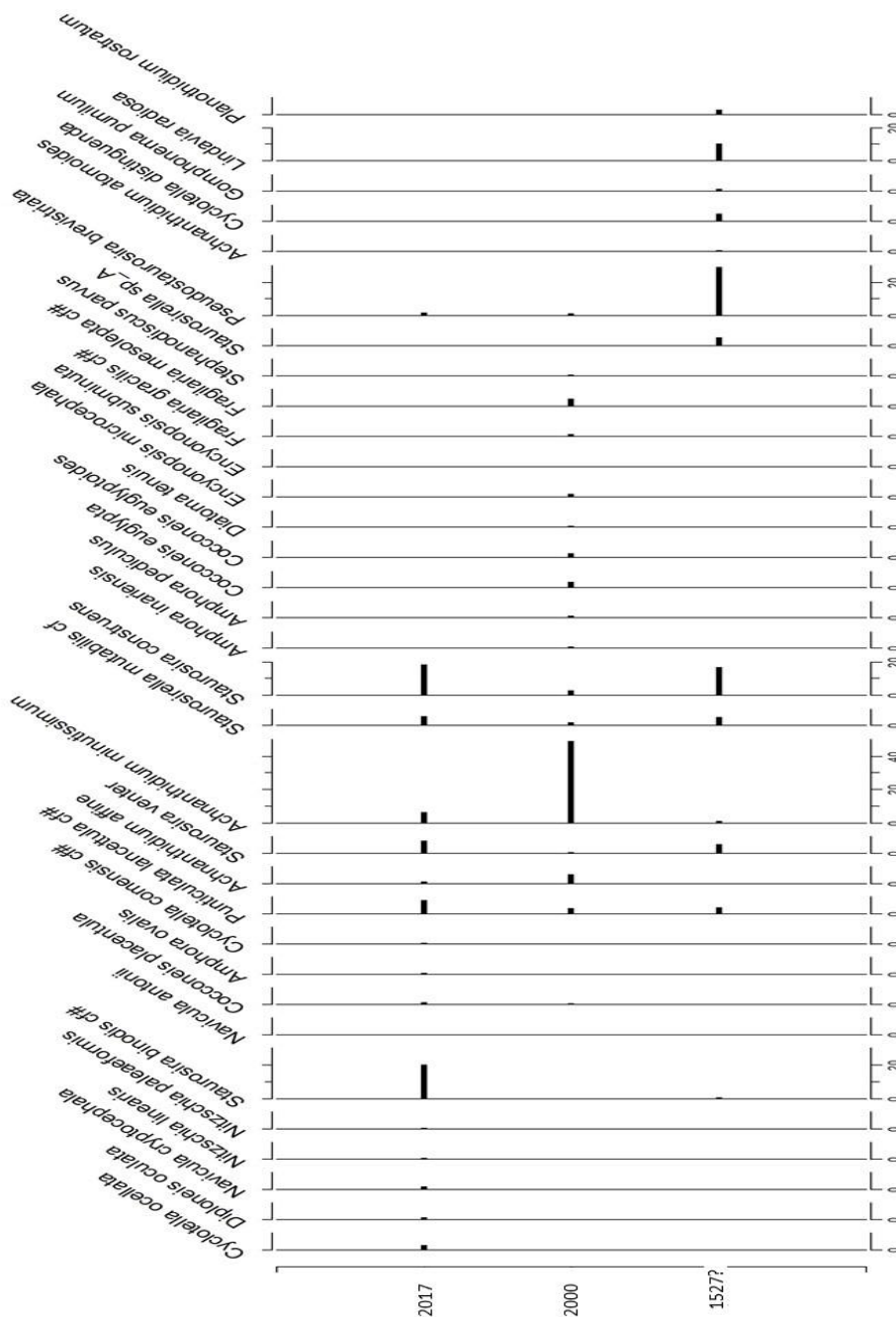


Abbildung 16: Diatomeenstratigraphie in den drei Proben aus dem an der tiefsten Stelle entnommenen Kern. Angaben für jede Art in Prozent (%)

Es wurde eine Clusteranalyse durchgeführt, welche die Ähnlichkeiten zwischen den Gemeinschaften bezüglich Sedimentkernen und Stichproben aufzeigt. Diese Analyse zeigt, dass die Oberflächenproben im Flachen und Tiefen Kern sehr ähnlich sind, ebenso wie die untersten Proben im Flachen und Tiefen Kern. Die unterschiedlichste Probe ist die im Tiefen Kern bei 20-22 cm (2000), als Makrophyten vorhanden waren. Im Flachen Kern unterscheidet sich die Probe bei 10-12 cm (2010) geringfügig von denen an der Oberfläche und den ersten Proben. Proben während der Makrophytendominanz unterscheiden sich von Proben ganz oben oder unten in den Sedimentkernen. Allerdings deutet auch einiges darauf hin, dass die Oberflächenproben nicht vollständig zu ihrem ursprünglichen Zustand zurückfanden.

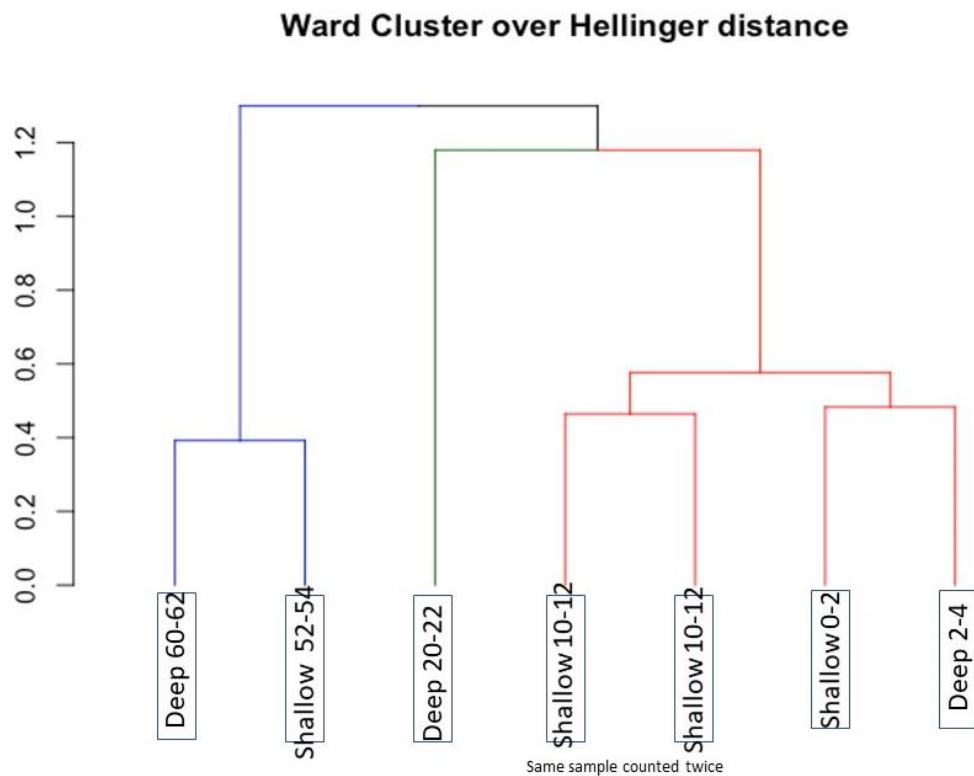


Abbildung 17: Clusteranalyse der Diatomeengemeinschaft in allen 6 analysierten Proben. Stichproben, die durch horizontale Linien miteinander verbunden sind, weisen ähnliche Diatomeengemeinschaften auf (Shallow 0-2 und Deep 2-4). Die Farben deuten auf verschiedene Gemeinschaften hin (Deep 60-62 und Shallow 52-54 haben ähnliche Gemeinschaften, aber sie unterscheiden sich von Gemeinschaften in Shallow 0-2 und Deep 2-4). Deep 20-22 unterscheidet sich sehr von allen anderen Proben. Shallow 10-12 unterscheidet sich von Shallow 0-2 und Deep 2-4, aber ihre Ähnlichkeit untereinander ist deutlich grösser als zu Deep 20-22.

Schlussfolgerungen

Als der Bellacher Weiher mit Makrophyten bedeckt wurde, änderten sich die Zooplankton-, Chironomiden- und Diatomeengemeinschaften bezüglich denen, die in früheren Proben identifiziert wurden. Um diesen Übergang besser zu verstehen, hätten nach dem sandigen Material mehr Proben gemacht werden müssen. Als die Makrophytengemeinschaft dann abnahm, kehrten die früheren Zooplankton-, Chironomid- und Diatomengemeinschaften zurück und deuten wieder auf mesotrophe Bedingungen hin.

Das Redox-Potenzial deutet darauf hin, dass während der von Makrophyten dominierten Perioden mehr Phosphor ins Wasser freigesetzt wurde als heute.

Es scheint, dass der Bellacher Weiher auf dem Weg der Erholung von einem eutrophen zu einem mesotrophen Zustand ist, wie alle Bioindikatoren und die Sedimentzusammensetzung zeigen. Die biologischen Gemeinschaften sind nicht identisch mit denen, die in den früheren Proben gefunden wurden. Sie könnten einen alternativen Zustand aufzeigen, der möglicherweise durch einen Temperaturanstieg entstand.

Alle Weiher und Seen machen im Laufe der Zeit eine natürliche Evolution durch, beginnend mit oligotrophem/mesotrophem Status bis hin zur natürlichen Eutrophierung, Auffüllung und Übergang zum Flachmoor (Anhang 3). Die Zeit, mit der sich ein Weiher auffüllen wird, hängt von seiner ursprünglichen Tiefe und Eutrophierung ab. Bei höherer Nährstoffzufuhr durch die Landwirtschaft wird erwartet, dass die Zeit des Auffüllens kürzer sein wird als normal, da die Eutrophierung die Sedimentationsrate erhöht. Aufgrund einer Abschätzung beim Bellacher Weiher, wäre während des Eutrophierungszustandes mit einer Auffüllzeit von ca. 170 Jahren zu rechnen. Wenn durch die Plocher-Behandlung wieder mesotrophe Verhältnisse hergestellt werden, würde sich diese Auffüllungszeit auf etwa 400 Jahre verlängern.

Projektkosten

| Aktivität | Preis (CHF) | Gesamt (CHF) |
|--|-------------|------------------------------------|
| Sampling and material | 300 | 300 |
| Chironomid analysis Four extra samples free of charge | 250/sample | 1500 |
| Diatom analysis | 250/sample | 1500 |
| Zooplankton analysis | 200/sample | 1200 |
| Sediment analysis (every 2 cm) | | 300 |
| Writing the report | 200 | 200 |
| Dating costs | | 4000 |
| Total (6 samples) <i>Free chironomid samples</i> | | 9000 CHF <i>1000 CHF</i> |

References

Boros et al. 2011. Influence of submerged macrophytes, temperature, and nutrient loading on the development of redox potential around the sediment–water interface in lakes. *Hydrobiologia* 665: 117-127

Heiri 2004. Within-lake variability of subfossil chironomid assemblages in shallow Norwegian lakes. *Journal of Paleolimnology* 32: 67-84

Kelly and Chynoweth 1981. The contributions of temperature and of the input of organic matter in controlling rates of sediment methanogenesis. *Limnology and Oceanography* 26: 891-897

Larocque et al. 2009. Comparison between chironomid-inferred July temperatures and meteorological data AD 1850–2001 from varved Lake Silvaplana, Switzerland. *Journal of Paleolimnology* 41: 329-342.

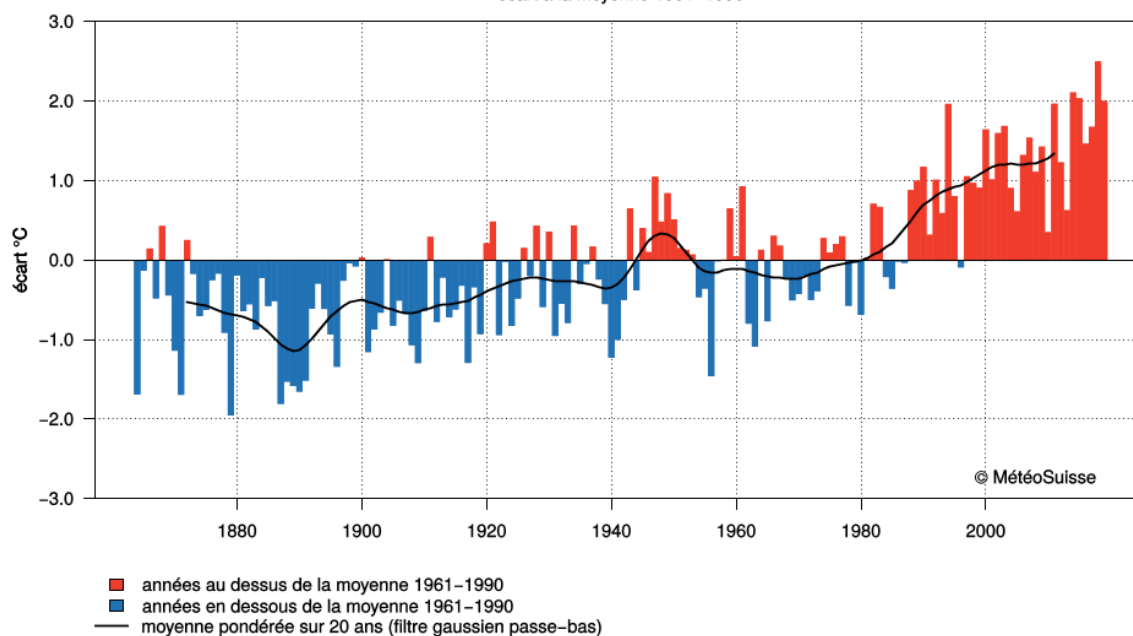
Anhang 1

Taxa im Zusammenhang mit den Bedingungen des Weihers

| Eutrophic | Mesotrophic | Low oxygen | Macrophytes |
|------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| <i>E. albipennis</i> -type | <i>Cladopelma</i> spp | <i>Procladius</i> spp | <i>Ablabesmyia</i> spp |
| <i>Glyptotendipes</i> spp | <i>Dicrotendipes</i> spp | <i>Corynoneura</i> spp | <i>Corynoneura</i> spp |
| <i>Corynoneura</i> spp | <i>Paratendipes</i> spp | <i>Chironomini</i> spp | <i>Cricotopus</i> spp |
| <i>C. mancus</i> -type 1 | | <i>C. athracinus</i> -type | <i>Dicrotendipes</i> spp |
| <i>Chironomini</i> spp | | <i>C. plumosus</i> -type | <i>E. albipennis</i> -type |
| <i>C. athracinus</i> -type | | | <i>Glyptotendipes</i> spp |
| <i>C. plumosus</i> -type | | | <i>P. nubeculoseum</i> -type |
| <i>Guttipelopia</i> spp | | | <i>P. sodidellus</i> -type |
| <i>Cricotopus</i> spp | | | |
| <i>P. nubeculoseum</i> -type | | | |

Anhang 2

température annuelle – nord de la Suisse au-dessous de 1000 m/m – 1864–2019
écart à la moyenne 1961–1990



Anhang 3

Evolution eines Weihers im Laufe der Zeit

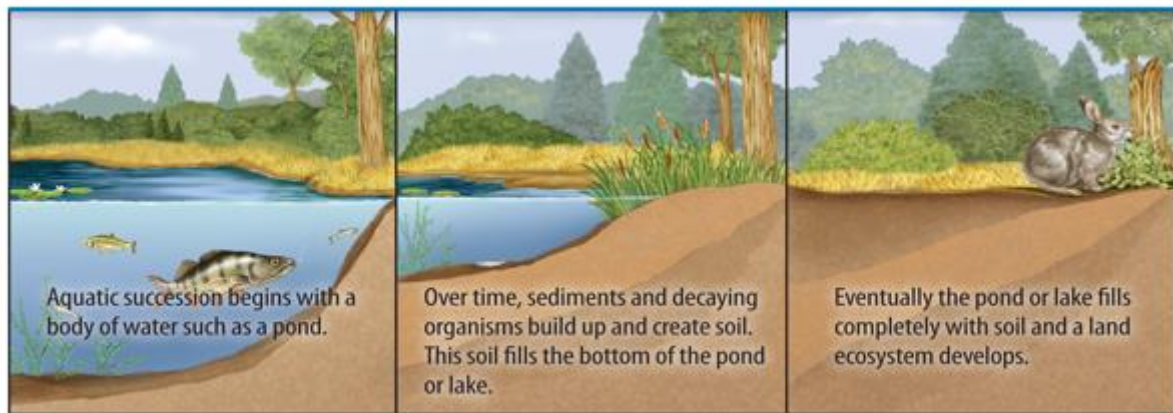


Image from: <http://sandovalawesomescience.blogspot.com/2013/04/how-ecosystems-change-ecological.html>