Hydrologie am Lago Cadagno

H. Aebersold, L. Bauer, K. Gmür, H. Lucas-Hirtz, F. Pfäffli

Lago Cadagno – ein einzigartiger See

Der Lago Cadagno ist ein europaweit einzigartiger See, der aus drei unterschiedlichen Wasserschichten besteht (Abb. 6). In der obersten Schicht befindet sich Frischwasser aus den umliegenden Granitquellen. Die unterste Schicht enthält praktisch sauerstofffreies und daher für nicht spezialisierte Lebewesen toxisches Wasser. Dieses gelangt über unterirdische Zuflüsse im Dolomitgestein in den See. Das nebst Schwefel auch mit anderen Salzen und Elementen angereicherte Wasser hat eine stark erhöhte Dichte, weshalb die Durchmischung der einzelnen Wasserschichten verhindert wird. Das so auftretende Phänomen wird Meromixis genannt. Die mittlere Schicht ist von diversen Bakterien besiedelt, wobei die Art *Chromatium okenii* die auffälligste ist und das Wasser rötlich färbt (Abb. 1 und Abb. 2). Gemeinsam ermöglichen die Bakterienarten eine Filterung des toxischen Wassers und so das Leben im oberen Bereich.

Abb. 1: Wasser aus den drei Schichten in 10 m, 14 m und 16 m Tiefe.

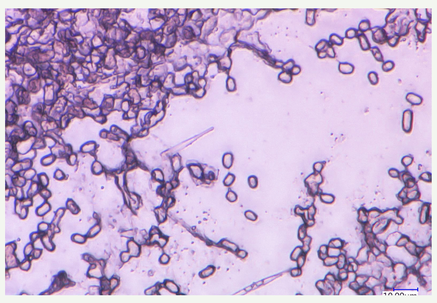

Abb. 2: *Chromatium okenii*.

Projektziel und Methodik

Ziel des diesjährigen Hydrologieprojekts war es, die physikalischen wie auch chemischen Parameter des Lago Cadagno zu untersuchen. Von der direkt am See liegenden Forschungsstation „Centro Biologia Alpina“ wurde ein Ruderboot und eine Plattform zur Verfügung gestellt, von wo aus die Messungen durchgeführt wurden. Am tiefsten Punkt des Sees wurde an zwei nacheinander folgenden Tagen je ein Tiefenprofil erstellt. In Abständen von einem Meter wurden die Grössen Temperatur, Sauerstoffsättigung, elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert gemessen sowie 1 L Wasser entnommen. Dieses wurde gefiltert und anschliessend im Labor untersucht. Mit Hilfe des Ionenchromatographen wurden die Ionenghalte gemessen, während mit der Titration (Abb. 5) die vorhandene Menge Calciumhydrogencarbonat nachgewiesen wurde.

Abb. 4: Probenentnahme auf dem Floss.

Abb. 3: Einige der gesammelten Proben.

Abb. 5: Titration im Labor.

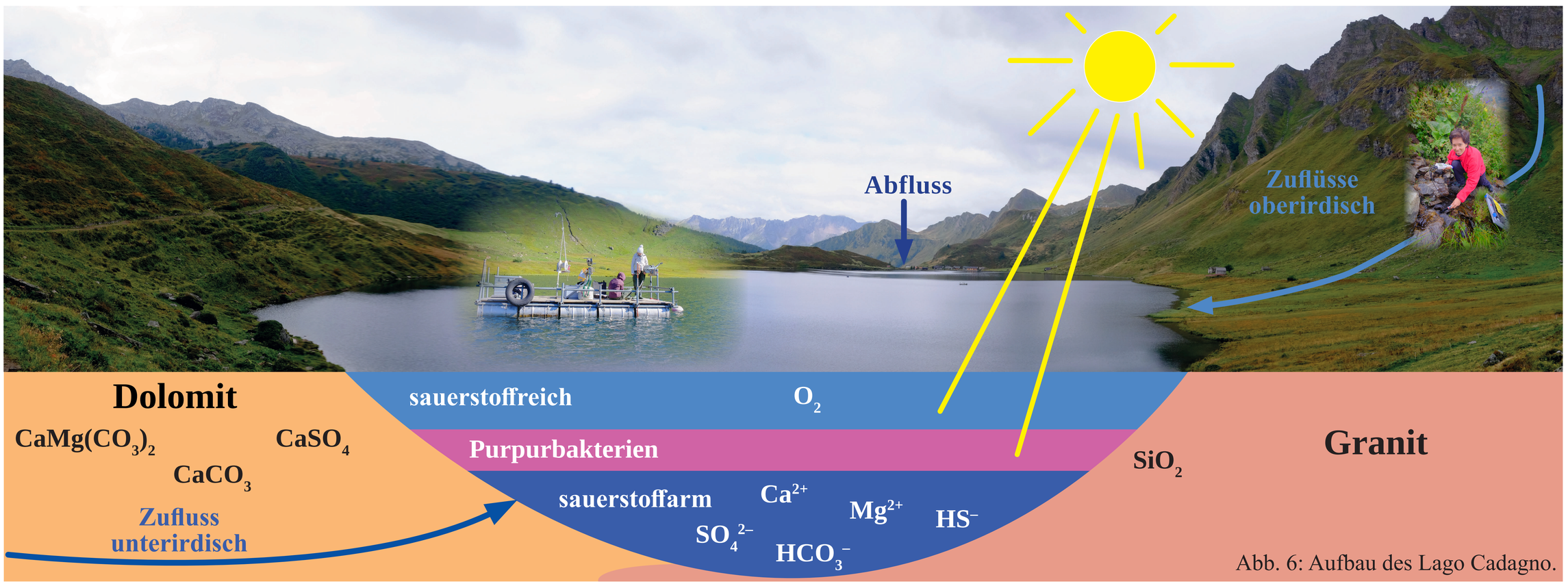

Abb. 6: Aufbau des Lago Cadagno.

Zu- und Abflüsse – Resultate

Das Hypolimnion (unterste Seeschicht) enthält markant mehr Ca^{2+}, Mg^{2+} und SO_4^{2-} als alle gemessenen Zuflüsse zusammengerechnet. Somit ist klar, dass diese Ionen nicht aus oberirdischen Quellen, sondern aus den unterirdischen Zuflüssen stammen müssen. Auch der Abfluss enthält weniger dieser Ionen, was zeigt, dass sich die Ionen in der untersten Seeschicht sammeln, was den Effekt der Meromixis verstärkt.

Abb. 7: Probennahme an einem der Zuflüsse.

Seeboden – Resultate

Der Seeboden enthält mit 39 mg/L (2.66 mmol/L) und 106 mg/l (1.63 mmol/l) grössere Mengen an Calcium und Magnesium, jedoch kein Sulfat. Deshalb ist naheliegend, dass das Sulfat nicht aus dem Seeboden stammt.

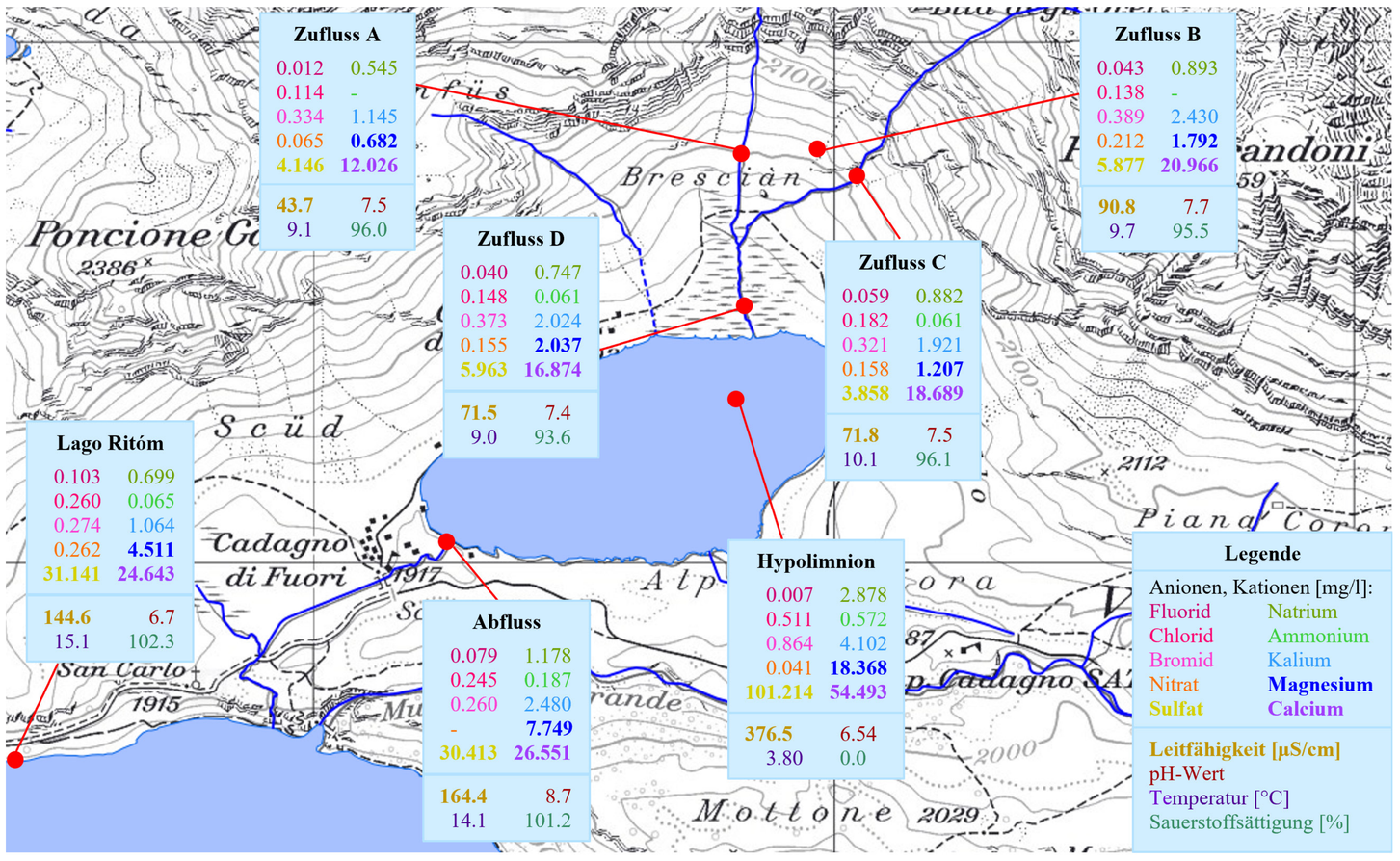

Abb. 8: Messresultate der Zu- und Abflüsse.

academia

Hydrologie am Lago Cadagno

H. Aebersold, L. Bauer, K. Gmür, H. Lucas-Hirtz, F. Pfäffli

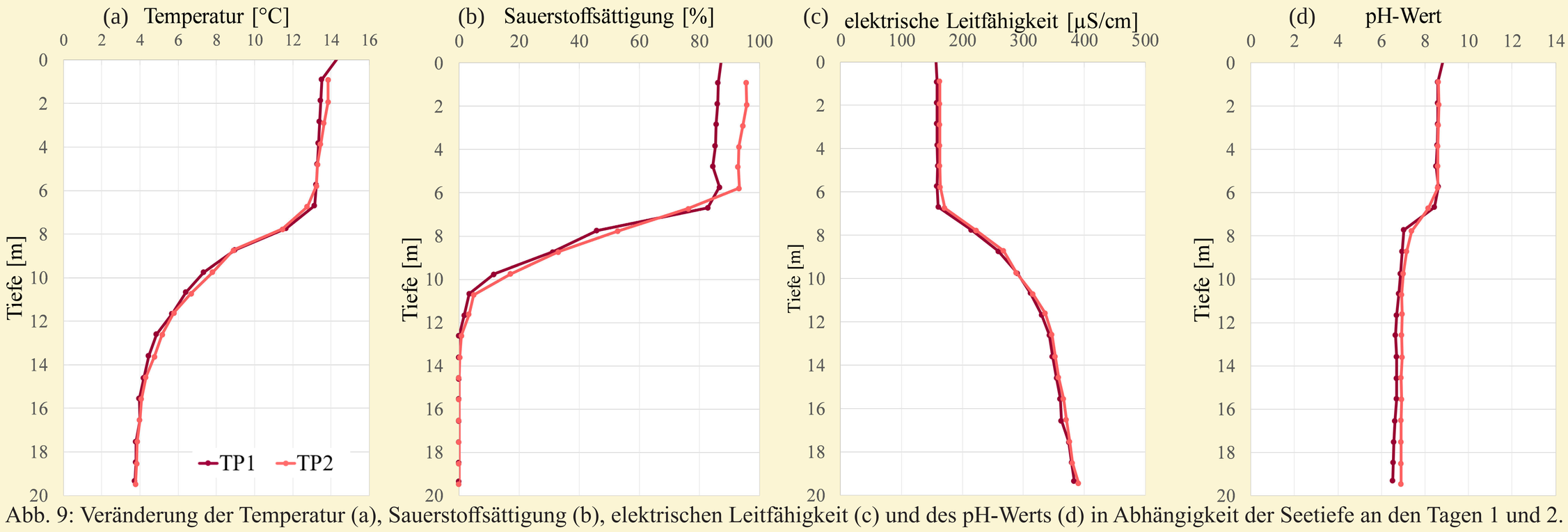

Abb. 9: Veränderung der Temperatur (a), Sauerstoffsättigung (b), elektrischen Leitfähigkeit (c) und des pH-Werts (d) in Abhängigkeit der Seetiefe an den Tagen 1 und 2.

Hydrolab Wassersonde – Resultate

Die Tiefenprofile von Tag 1 und 2 (TP1 bzw. TP2) sind praktisch identisch und liefern somit zuverlässige Werte. Bei allen vier gemessenen Parametern (Temperatur, Sauerstoffsättigung, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert) kann ein ähnlicher Verlauf festgestellt werden (vgl. Abb. 9): konstante Werte bis 7 m Tiefe, danach monotone Abnahme (Temperatur, Sauerstoffsättigung, pH-Wert) resp. Zunahme (elektrische Leitfähigkeit). Der Beginn der Sprungschicht (vgl. Infobox) ist somit bei ca. 7 m zu lokalisieren. Die Temperatur beträgt ab 15 m Tiefe 4 °C, was auf die Dichteanomalie des Wassers zurückzuführen ist. Im Vergleich zu einem typischen See durchmischt sich der Lago Cadagno nicht. Dies liegt an der hohen Ionenkonzentration in der untersten Schicht des Sees, die anhand der zunehmenden elektrischen Leitfähigkeit beobachtet werden kann, welche zu einer höheren Dichte des Wassers führt und die Durchmischung verhindert. Die sauerstofffreie Zone, die charakteristisch für die Meromixis ist, beginnt ab 12 m Tiefe.

Abb. 10: Feldmessungen auf dem fest verankerten Floss.

Infobox – Jahreszyklus eines typischen Sees

Aufgrund seiner Dichteanomalie besitzt Wasser bei 4 °C die höchste Dichte. Im Sommer erwärmt sich die Oberflächenschicht des Sees (Epilimnion) und schwimmt auf dem kühleren Tiefenwasser (Hypolimnion) (Abb. 13 links). Dazwischen bildet sich die sogenannte Sprungschicht (Metalimnion, rot in Abb. 13 links), gekennzeichnet durch starken Temperaturabfall in zunehmender Tiefe. Im Frühling und Herbst sorgen Wind und Strömung für eine Vollzirkulation des Sees (Abb. 13 rechts).

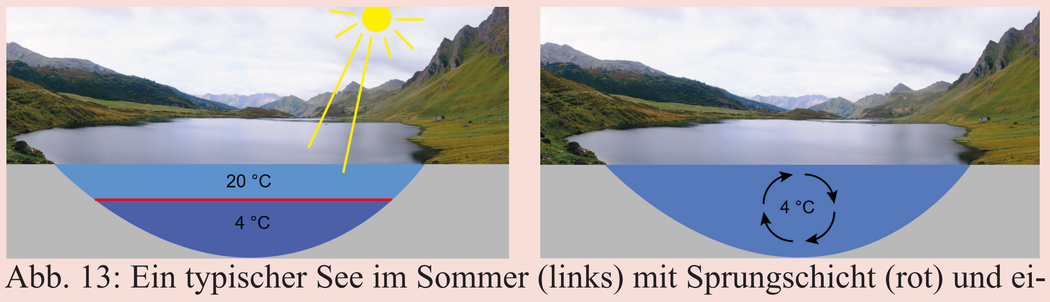

Abb. 13: Ein typischer See im Sommer (links) mit Sprungschicht (rot) und einer Durchmischung der Wasserschichten im Herbst bzw. Frühling (rechts).

Ionenchromatographie – Resultate

Von den gemessenen Ionen springen die fünf Ionen Cl^-, SO_4^{2-}, Mg^{2+}, Ca^{2+} und HCO_3^- besonders ins Auge. Sie weisen allesamt eine konstante Konzentration bis 7 m Tiefe auf; danach nehmen sie bis 13 - 14 m Tiefe stark zu, wo sie dann stagnieren. Auffällig ist die sehr starke Korrelation mit der elektrischen Leitfähigkeit, woraus folgt, dass diese Ionen hauptverantwortlich für den Anstieg der Leitfähigkeit sind.
Ca^{2+} korreliert mit SO_4^{2-}, HCO_3^- und Mg^{2+}, was bedeutet, dass die Ionen höchstwahrscheinlich zusammen aus dem Gestein der Umgebung gelöst wurden. Die in Frage kommenden Gesteine und Mineralien sind Gips ($CaSO_4$), Kalk ($CaCO_3$) und Dolomit ($CaMg(CO_3)_2$). Der bei Vergleich der Molzahlen etwas zu hohe Anteil an Sulfat könnte durch die Bakterien gebildet werden, wo er als Nebenprodukt beim Stoffwechsel anfällt.

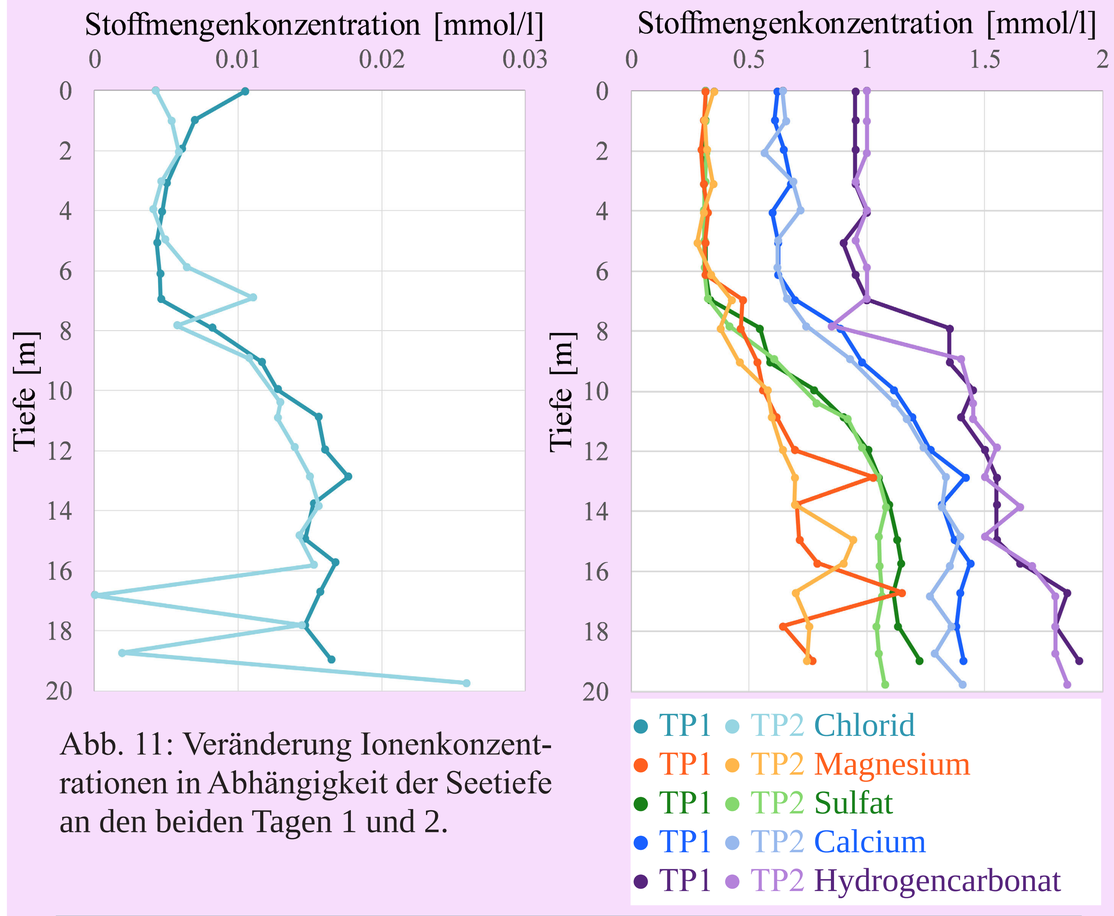

Abb. 11: Veränderung Ionenkonzentrationen in Abhängigkeit der Seetiefe an den beiden Tagen 1 und 2.

Abb. 12: Schematischer Ablauf der Ionenchromatographie.

Fazit

Mit dem Lago Cadagno wurde zum ersten Mal in der Geschichte der **academia** ein See mit dem Phänomen der Meromixis untersucht. Das Projekt war sehr erfolgreich: Methodiken konnten getestet, genaue Tiefenprofile erstellt, Purpurschwefelbakterien gefunden und die Meromixis bestätigt werden.

academia