

Der Pfäffikersee hat die Seegfröni 2002 gut überstanden ⁽¹⁾

Von Heinrich Bühner, Effretikon

Die Seegfröni zu Jahresbeginn war die grosse Attraktion. Zehntausende von Leuten wollten das nur unregelmässig vorkommende Naturereignis selber erleben. Die Ausbreitung der Erholungsfläche nahm eine erweiterte Dimension an. Unweigerlich stellte sich die Frage nach den Auswirkungen dieses Ereignisses. Im Folgenden soll die Frage beantwortet werden, wie weit die Wasserqualität des Pfäffikersees unter der Seegfröni litt. Dabei spielt die zur internen Sanierung des Sees jeweils im Winterhalbjahr eingesetzte Unterstützung der Wasserzirkulation eine Rolle.

Wie entsteht eine Seegfröni, also eine begehbare Eisfläche auf der Seeoberfläche?

Warmes Wasser ist leichter als kühles Wasser, d.h. es hat ein grösseres Volumen pro Masse. Bei etwa 4°C hat Wasser die grösste Dichte. Unterhalb dieser Temperatur nimmt die Dichte ab. Dichteres Wasser findet sich immer in der Tiefe. Im Sommer ist das Wasser in der Tiefe kälter, im Winter wärmer, als an der Oberfläche. Die exakte Temperatur des dichtesten Wassers wird durch den Druck (Wassertiefe und Luftdruck) und den Salzgehalt (hauptsächlich Calciumsalze) bestimmt. Sie beträgt für den Pfäffikersee 3.84°C. Wenn die Temperatur am Seegrund höher als 3.84°C ist, kann der See nicht zufrieren, da dieses Wasser leichter ist als das Wasser an der Oberfläche und aufsteigt. Bei einer weiteren



Einzelne Risse durchziehen das schwarze, glatte Eis auf geheimnisvolle Weise. Boden und Wasserpflanzen konnten wie durch eine Vitrine betrachtet werden.

Photo: Dr. Gertrud Schwarz, Seegräben

¹⁾In den Text über die Seegfröni sind Photos eingebettet, die mit dem Text keine Bewandnis, aber einen Bezug zum Ereignis haben.



*So präsentierte sich das Nordufer anfangs März 2002, nachdem hier Tausende von Besuchern den gefrorenen See über das teilweise abgemähte Schilf betreten hatten.
Photo: Andreas Scheidegger, Pfäffikon*

Kühlung entsteht eine stabile Schichtung, indem das kältere Wasser an der Oberfläche bleibt. Wie viel Kühlung nun noch notwendig ist, um die Oberfläche vollständig gefrieren zu lassen, ist eine Frage der Mischung: wenn nur der oberste Meter ausgekühlt²⁾ wird, was nur bei anhaltender Windstille möglich ist, braucht es nur wenige Tage. Bei Wind muss mehr Wasser abgekühlt werden, daher sind mehr Frosttage erforderlich. Die Unterschiede der Dichte des Wassers sind zwischen 3.84°C und 0°C recht klein (zirka 128g/m³). Daher ist die nur ein Meter dicke Schicht die Ausnahme und das Auskühlen des ganzen Sees auf 3°C und darunter die Regel. Bei absoluter Windstille kann sich Wasser unterkühlen, d.h. es bleibt auch unterhalb von Null Grad Celsius flüssig. Ein Windstoss reicht, um die Eisbildung auszulösen.

Üblicher ist allerdings erst ein Gefrieren an flachen Stellen, da sie schneller auskühlen als der freie See und ein Wachstum dieser Eisflächen in den See hinaus. Dieses dünne Eis hat messerscharfe Kanten und kann Holzboote auf der Wasserlinie entzweischneiden. Wenn der See in einem solchen Zustand befahren werden muss, so sind Metallboote empfehlenswert, die nur ihren Anstrich verlieren. Die Umgebung des Sees friert nun auch zu, aber im Schilfgebiet können die toten Halme vom letzten Jahr dermaßen gut isolieren, dass sich darunter noch Wasser befindet. Wenn man diese Gebiete nicht schon im Interesse der Tiere meidet, so soll man dies mindestens aus Eigennutz tun. Nasse Füße sind das Mindeste, das droht, es kann aber bis zum Ertrinken gehen. Der Schilfgürtel ist daher immer zu meiden.

Durch die Eisedecke wird der See von seiner wichtigsten Bewegungsenergie-



*Bereits drei Monate später hat die Natur das geschundene Terrain zurückerobert. Ein dichter Schilfgürtel trennt den See vom Spazierweg.
Photo: Andreas Scheidegger, Pfäffikon*

²⁾ dieser Wärmeverlust entspricht der Heizleistung von mindestens 600 t Heizöl.

quelle, dem Wind abgeschnitten und das Dickenwachstum setzt, für ungeduldige Bevölkerung zu langsam, für die Sicherheits- und Naturschutzverantwortlichen zu schnell, ein. Sie hängt ab von den Minustemperaturen der Luft, der Eisdicke und dem Wind (typisches Wachstum ≤ 1 cm pro Tag). Wenn die Eisdecke noch nicht geschlossen ist, kann das Eis treiben. Es kann sich am Ufer auftürmen, oder auch mitten im See Eispressrücken aufschichten. Der Pressrücken bei der Seegfröni 1963 des Bodensees lag zirka in Seemitte und war Meter hoch. Treibendes Eis entwickelt grosse Kräfte. Bootsstege können umgelegt und Verankerungen herausgerissen werden. Dies alles geschieht in beinahe Zeitlupentempo. Im schweizerischen Mittelland werden Eisdicken von kaum mehr als 30 cm erreicht. In hoch gelegenen schweizerischen Gebirgsseen wurden allerdings schon Eisdicken von 1.2 m beobachtet.

Was geschieht im See nach der Bildung einer Eisdecke?

Die Eisbildung hat auf die Wasserqualität kaum einen Einfluss, sie führt zu einer minimalen Konzentrierung der Wasserinhaltsstoffe, da Eis sauberer ist als Wasser. Unter dem Eis bildet sich eine dünne Zone mit einer grossen Stabilität, worin sich eine spezialisierte Algengesellschaft entwickeln kann. Die höchste Biomasseproduktion hat der Autor im luzernischen Rotsee, 5 cm unter Blankeis, gemessen. Es gibt Algen, denen es bei 4°C zu «heiss» wird, und die dann ihre Geisseln abwerfen und in ein Ruhestadium gehen.

Verglichen mit den Sommerwerten und verteilt auf den ganzen See ist die Produktion unter Eis recht klein. Doch auch dies ist ein spezieller Lebensraum, der genutzt wird. Die Erforschung steckt noch in den Kinderschuhen, einesteils, weil dies wirklich kein praktisches Problem, sondern von rein akademischem Interesse ist, und andernteils, weil sich die mögliche Erforschung auf wenige Wochen pro Jahr (wenn Gebirgsseen einbezogen werden) beschränkt. Eine Schneedecke senkt das Eindringen von Licht, womit auch die Produktion sinkt. Bei arktischem Meereis ist dieser Lebensraum allerdings entscheidend: direkt unter dem Eis und teilweise zwischen den Eiskristallen befindet sich die produktivste Zone, wovon die Tiere darunter leben.

Ein besser sichtbares, respektive hörbares Phänomen ist die Akustik des gefrorenen Sees.

Der See «brummt»:

Ein zugefrorener See ähnelt einer Pauke. Die Unterschiede sind, dass die Pauke mit Luft gefüllt ist und der See mit Wasser, und dass die Pauken-Decke gespannt ist und die Eisfläche nicht. Die Form des Sees ist auch sehr viel flacher. Die Anregung geschieht bei der Pauke mit den Schlegeln, beim See mit den Schlittschuhen. Wenn man sich in einiger Entfernung von Dutzenden von Schlittschuhläufern (und vom Geschwätz) befindet, wird das Brummen hörbar. Die Eigenfrequenz beträgt beim Pfäffikersee ca. $1400_{m.s}/18.5m/2 = 37.8$ Hz (d.h.



Massiver Schneefall hat im Februar 2003 fast den gesamten Schilfgürtel niedergedrückt. Er wird sich auch hier wieder erholen. Ein alter Schilfbestand ist für viele Wintergäste überlebenswichtig.

Photo: Andreas Scheidegger, Pfäffikon

das Kontra D); sie nimmt gegen das Zentrum auf 21 Hz (Subkontra E) ab. Der Ton entsteht durch die Reflexion zwischen dem Eis und dem Seeboden. Die sich bildende stehende Akustik-Welle hat eine Länge der doppelten Tiefe. Andere Geräusche, z.B. das Sirren entstehen durch Reflexionen im Eis selbst ($v=3200_{m.s}$). Über die Auswirkungen dieses Lärms auf Fische sind dem Autor keine Untersuchungen bekannt.

Das Auftauen findet in umgekehrter Richtung statt:

Das Eis schmilzt. Auf der Oberfläche bilden sich Wasserlachen. Schliesslich wird es dünn und bricht. Die Temperatur steigt auf 3.84°C und nun ist es eine Frage der Intensität der Mischung, bis auf welche Temperatur sich das Wasser am Seegrund erwärmt, bis es zur Schichtung kommt. Je stärker der Wind und wirksamer die Zirkulationshilfe, desto höher wird die Temperatur werden. Im natürlichen Zustand (ohne Zirkulationshilfe) wurden ca. 4.5°C erreicht. Nun steigt die Temperatur auf 5.2°C . Diese 0.7° scheinen vernachlässigbar klein zu sein, sie schaffen aber die Voraussetzung, dass sich der See im nächsten Winter auch ohne Wind oder andere Hilfe selbst mischt. Kleine Teiche (oder flache Stellen) können sich bei Klareis von unten her erwärmen: Die Sonnenstrahlung dringt durch das Eis und wird erst vom Boden aufgefangen, wo sich das Wasser rasch erwärmt. In einem Teich der EAWAG in Dübendorf haben wir schon Temperaturen von 7°C in 50 cm Tiefe (über Grund) während einer Eisbedeckung gemessen. Dies entstand wegen der fehlenden Bewegung (Eisdecke) und der Stabilisierung des Wassers durch gelöste Stoffe (aus dem Abbau von organischem Material).

Verlauf von Temperatur und Sauerstoffkonzentration im Pfäffikersee

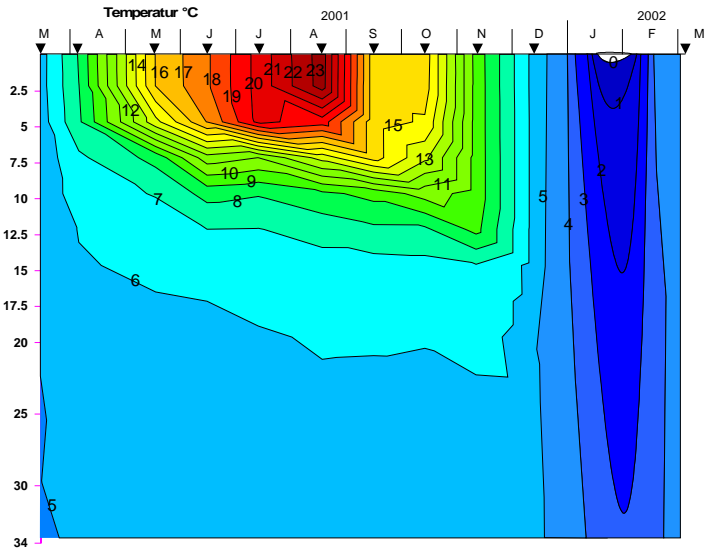
In der Abbildung 1 ist der Verlauf der Temperatur im Wasserkörper in der Zeit zwischen März 2001 und Februar 2002 in der Form von Isoplethen dargestellt. Eine Linie verbindet Punkte mit gleichen Werten. Mit der Farbe wird die Darstellung unterstützt. Blau zeigt die räumliche und zeitliche Ausdehnung tiefer Temperaturen, grün und gelb mittlerer, rot hoher Temperaturen. Der Pfäffikersee erwärmte sich etwa am 20. März auf 6°C bis zu einer Tiefe von 5 m. An der April- Probenahme (Dreieck) befand sich die Temperatur von 6°C bereits in 13 m Tiefe und taucht bis zum November bis über 20 m Tiefe. Worauf der See bis zur Dezember Probenahme unter 6°C auskühlte. Die Ma-

ximaltemperatur betrug mehr als 23°C . Wobei zu bemerken ist, dass es sich um die Temperaturen in der Mitte des Sees handelt. In der Nähe des Ufers, am Badestrand steigt die Temperatur höher. An den Dreiecken ist zu sehen, dass zwischen Dezember 2001 und März 2002 keine Probenahme erfolgte. Wie aus dem vorhergehenden Text zu entnehmen ist, muss die Temperatur in dieser Zeit in der grössten Tiefe auf unter 4°C gesunken sein. An der Oberfläche, unter dem Eis, müssen es 0°C gewesen sein. Im März war die Temperatur des ganzen Sees bereits wärmer als 4°C . Diese



Mitglieder des Fischereivereins befreien die Stege vom Eisdruck. Photo: Walter Rieder, Wetzikon

Abb. 1:
Temperatur des Pfäferser Sees 2001 bis März 2002 (Daten AWEL)
(Der Verlauf zwischen der Dezember und März Probe 2002 wurde sinnvoll ergänzt).



Darstellung der Temperatur wird üblicherweise als Ersatz für die Dichte genommen und als Mischung interpretiert

In Abb. 2 ist der Sauerstoffgehalt in Isoplethenform dargestellt. Blau zeigt gute Sauerstoffwerte im Wasser an, grün bis gelb zeigen genügende und rot ungenügende Werte an. Der höchste Wert wurde im Mai mit mehr als 12 mg/l gemessen. Der in der Gewässerschutzverordnung geforderte Grenzwert beträgt 4 mg/l. In der Abbildung ist zu sehen, dass der Pfäferser See ab Juni 2002 diesen Grenzwert nicht mehr erfüllte. Die Fische konnten von Mitte August bis Mitte Oktober in Tiefen unterhalb von 10 m nicht mehr atmen. Was aber nicht heissen muss, dass sich dort keine Fische aufhalten. Bei Schleien ist dieses Verhalten bekannt. Bei Felchen bestehen Anhaltspunkte, dass es so sein könnte. Bei Sauerstoffkonzentrationen von weniger als 1 mg pro Liter sind reduzierende Substanzen wie Methan und Ammonium und Schwefelwasserstoff zu erwarten. Das Sauerstoffdefizit wurde im Dezember bis an die Oberfläche hochgespült (weniger als 6 mg/l) und der See belüftete sich rasch bis zur Seegfrömi, blieb dann eine Weile stecken und erholte sich fast ganz bis im März.



Mitglieder des Fischereivereins befreien die Stege vom Eisdruck.

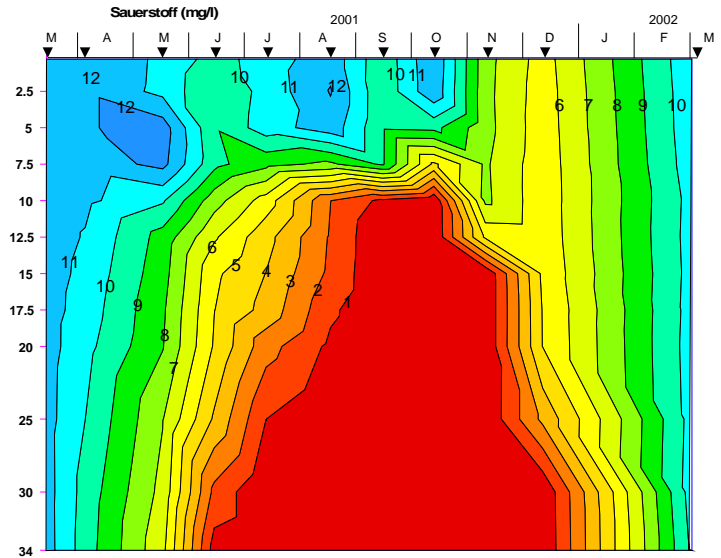
Photo: Walter Rieder, Wetzikon

Zirkulationshilfe, resp. interne Sanierung:

Zirkulationshilfe, resp. interne Sanierung:

Mit der Eisbedeckung kann die Zirkulationshilfe nur noch notdürftig funktionieren. Die grösste Menge des eingetragenen Sauerstoffs stammt aus dem Austausch mit der Luft an der Oberfläche des Sees. Mit dem Eis wird der Sauerstoffeintrag auf die geringe Menge reduziert, welche aus den auf-

Abb. 2:
 Sauerstoffgehalt im
 Pfäffikersee 2001 bis
 März 2002 (Daten
 AWEL)
 (Isolinien in mg/l) Auch
 hier wurden die Daten
 während der Gfrörni
 sinngemäss ergänzt.



steigenden Blasen stammt. Da aber die Gfrörni nicht lange dauerte, blieb genügend Zeit, um den See dennoch mit Sauerstoff zu versorgen. Er zeigte bereits Anfangs März (4.3.2002) wieder 85% Sättigung. (19.3.2001: 95%). Was aber wieder nicht reichen wird, um im nächsten Jahr einen totalen Schwund zu verhindern. Ein tiefer See mit einer kleinen Durchströmung kann durch eine Eisbedeckung einen Jahre andauernden Rückschritt erleiden. Der Einfluss der Seegfrörni am Bodensee 1963 erstreckte sich auf 4 Jahre. Wenn sich die Gfrörni in den Siebzigerjahren ereignet hätte, so wäre die Naturverlaichung der Blaufelchen für einige Jahre nutzlos geblieben. Der Bodensee wurde inzwischen mit Milliardenaufwand saniert und ist nun in der Lage die nächste Seegfrörni schadlos zu überstehen. Der Pfäffikersee ist doppelt so gut durchströmt und 7.2 mal flacher, was die Empfindlichkeit auf eine Seegfrörni beim Mischungsverhalten senkt. Die Empfindlichkeit auf die Phosphordüngung ist allerdings wesentlich grösser, und zudem entfaltet im Pfäffikersee kein Alpenrhein seine reinigende Wirkung. Der Pfäffikersee ist deshalb weit schwieriger zu sanieren.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Eisdeckung der Qualität eines Sees schaden kann. Dank seiner Topographie, seiner Hydrologie, dem Wetter und der Zirkulationshilfe hat der Pfäffikersee die Seegfrörni 2002 jedoch schadlos überstanden.

Ist die Natur bei der Seegröni auf der Strecke geblieben?

Von Silvia Ganther, Pfäffikon

Die Seegröni ist Vergangenheit. Geblieben sind Erinnerungen an ein selten gewordenes Vergnügen auf dem Eis, das die ganze Bevölkerung – gleich welchen Alters oder welcher Herkunft - zu faszinieren wusste. Dass sich auf der dicken «Eishaut» des Pfäffikersees dermassen viele Leute tummeln würden, darauf war man aber offensichtlich nicht in jeder Hinsicht vorbereitet. Vor allem dem Naturschutz wurde zu wenig Rechnung getragen. Hinweise auf die Sensibilität der unter Schutz stehenden Pfäffikerseelandschaft und andere Massnahmen wären dringend notwendig gewesen, wie die wild parkierten Autos, die vielen Trampelpfade und all der zurückgelassene Dreck deutlich machten. Der bereits gefährdete Schilfgürtel hat stellenweise massiv gelitten. Es hat sich gezeigt, dass diese Zone für viele Eisbesucher nichts weiter als totes organisches Material bedeutet, wo man bestenfalls noch lästigen Abfall verschwinden lassen konnte. Dabei wirken sich Störungen durch Menschen und Hunde an Orten, die normalerweise nicht betreten werden, auch im Winter verheerend auf bestimmte Vogelarten aus. Ein intakter Schilfgürtel ist für viele Tiere Aufenthalts-, Schutz-, Überwinterungs- oder auch Brutgebiet und im Schutz der abgestorbenen alten Rohre wächst im Frühling der junge Schilfbestand nach.

Vieles hätte man durch entsprechende Organisation anders – besser – machen können. In einer nachträglichen Aussprache haben Vertreter/-innen aus Naturschutzkreisen und Peter Hauser von der Eiskommission nach konkreten Massnahmen zum besseren Schutz der Natur bei einer allfälligen weiteren Seegröni gesucht. Zu diesem Gespräch kam es, nachdem auf private Initiative hin unmittelbar vor der Sperrung der Eisfläche das Thema Abfälle aufgegriffen worden war: Zwei Schulklassen des Schulhauses Mettlen, sowie etliche Privatpersonen beteiligten sich spontan an einer Aufräumaktion auf dem Eis. Ein weiterer Einsatz zweier Naturschutzvereine konnte infolge des Wärmeeinbruches am Samstag nicht mehr stattfinden. Hingegen ermöglichte uns die kantonale Fachstelle Naturschutz zu Beginn der folgenden Woche zusätzliche Einsätze zum Entfernen der Abfälle, wenigstens in den am stärksten verunreinigten Randzonen. Der Reinigungsrundgang erfolgte im allerletzten Moment und war mit einem erheblichen Risiko verbunden, da die Tragfähigkeit des Eises

nicht mehr gewährleistet war. Nur ein Tag später wäre dieselbe Arbeit nicht mehr möglich gewesen. Obwohl wir unzählige Säcke mit Abfällen gefüllt haben, bleibt der auf der Eisfläche zerstreute und der am Steg von Seegräben massierte Müll zurück und ist mittlerweile wahrscheinlich auf den Seegrund gesunken, genauso wie die grosse Menge Hundekot, die den See zudem mit einer unerwünschten Dosis Dünger versieht. Sollte der Pfäffikersee wieder einmal eine betretbare Eisfläche haben hoffe ich, dass sich nicht nur Pfäffikon, sondern auch die übrigen Anstössergemeinden vermehrt an den erforderlichen Naturschutzmassnahmen beteiligen.



Wegwerfmentalität auch auf dem gefrorenen See.

Photo: Silvia Ganther, Pfäffikon

Und ein Jahr später ?

Abschliessende Bemerkungen des Präsidenten der Vereinigung Pro Pfäffikersee

So dramatisch die Bedrohung der Natur im Januar 2002 auch empfunden wurde und lang andauernde Auswirkungen auf Seewasserqualität, Schilfgürtel und Vogelwelt befürchten liess, so gross ist ein Jahr danach die Entspannung und das Aufatmen. Wie unser Vorstandsmitglied Dr. Heinrich Bühler in seinem Artikel zeigt, hat der Pfäffikersee limnologisch die Seegfrömi schadlos überstanden. Die rücksichtslos weggeworfenen Abfälle, natürlich waren diese unschön und ein begründetes Ärgernis, verschlechterten die ohnehin schon schlechten Sauerstoffverhältnisse in der Tiefe nicht noch zusätzlich. Der frisch gewachsene Schilfgürtel liess die vielen Stellen mit niedergetrampeltm Schilf nicht mehr erkennen. Die seltenen Wintergäste unter den Wasservögeln kamen in diesem Winter 02/03 an unseren See zurück. Heisst dies, die Befürchtungen der besorgten Naturschützer seien übertrieben und ungerechtfertigt gewesen? NEIN, es hätte auch anders verlaufen können. Wichtig ist, und dies lässt uns kommenden Seegfrömis zuversichtlich entgegenschauen, dass alle Beteiligten, die Verantwortlichen in der Gemeinde, der Seerettungsdienst und unserer Vereinigung sehr viel gelernt haben. Man kann die Belastung des Sees, des Schilfgürtels und der Vogelwelt auf ein erträgliches Minimum reduzieren. Mit frühzeitigen Kontakten und Absprachen unter den Verantwortlichen können Massnahmen ergriffen werden, die negative Auswirkungen auf See und Umwelt verhindern. Man kann und darf die Erholungs- und Erlebnisbedürfnisse der Menschen in der freien Natur nicht unterbinden. Aber man muss sie in für die Natur verkraftbare Einschränkungen lenken. Im Februar 2003 fehlte wenig und die Eisdecke wäre begehbar geworden. Die Gemeinde Pfäffikon, der Seerettungsdienst und die Vereinigung Pro Pfäffikersee wären für die gemeinsame Aufgabe bereit gewesen. Eine erfreuliche Bilanz ein Jahr danach!

Peter Perret



Vielfältige Erholung und Wintersport vor Seegräben Photo: Dr. Gertrud Schwarz, Seegräben