



Evolutionsforschung in Kastanienbaum am Vierwaldstättersee: Hier untersuchen die Wissenschaftler verblüffend unterschiedlich aussehende Felchen aus 150 Metern Tiefe. Am Ufer simulieren sie in grossen Bottichen das Ökosystem des Sees.

ÖKOSYSTEM

Die Vielfalt, die aus der Tiefe kam

Die grossen Tiefen der Schweizer Seen sind noch kaum erforscht. Regelmässig entdecken Forscher dort neue Fischarten. Diese überraschende Vielfalt ist eine Art Versicherung für das Ökosystem See - und auch für die Fischer. **VON BEATE KITTL**

Der unscheinbare, silbrig glitzernde Fisch stellt eine kleine Sensation dar. Ole Seehausen steht in Ölzeug auf einem schaukelnden Boot auf dem Brienersee und hält den schlanken, handspannlangen Felchen in die Höhe, den er und weitere Biologen aus 250 Metern Tiefe hochgezogen haben. So tief unten wurden hier bislang noch keine Felchen nachgewiesen. Ob dieser auch für die Wissenschaft neu ist? «Das werden erst die morphologischen und genetischen Unter-

suchungen zeigen», sagt Seehausen, Professor für aquatische Ökologie und Evolution an der Universität Bern.

Was die Fischvielfalt betrifft, gleichen die Seen vor unserer Haustür weissen Flecken auf der Landkarte. «Besonders die grossen Tiefen sind kaum erforscht», sagt Seehausen. In vielen Fällen geben nur die Fischereistatistiken Auskunft. Und die Fischer setzen ihre Netze nicht tiefer als 80 bis 100 Meter. «Bei vielen Arten weiss man weder, wo die Fische sich aufhalten,

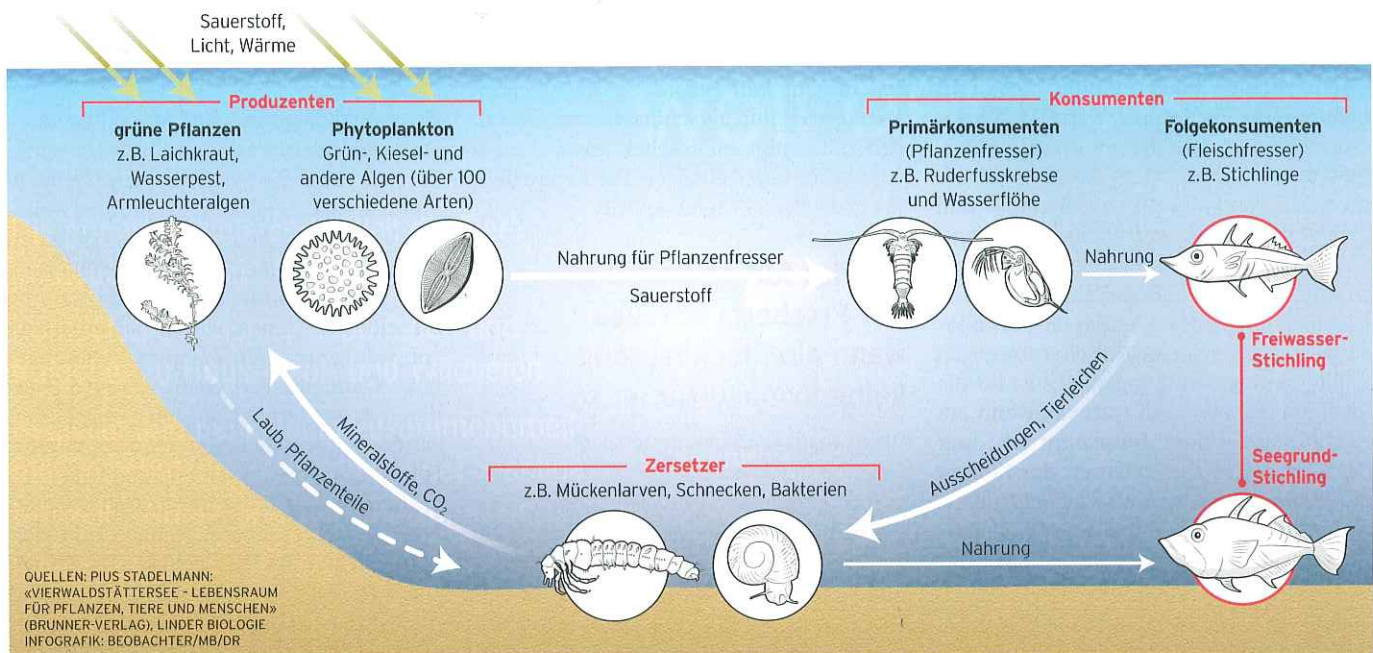
wenn sie nicht gerade laichen», sagt Seehausen, «noch, wie viele verschiedene Arten es wirklich gibt.» Um diese Geheimnisse zu lüften, befischen er und seine Kollegen derzeit im Rahmen des internationalen «Projet Lac» systematisch diverse Seen.

Mit ihren Netzen heben sie unerwartet reiche Schätze. In jedem der grossen Schweizer Seen leben zwischen zwei und sechs Felchenarten. Felchen sind die mit Abstand wichtigsten kommerziell genutzten Seefische der Schweiz. Und mit

Nahrungskette im Vierwaldstättersee: Fressen und gefressen werden

Pflanzen und das Phytoplankton produzieren durch Fotosynthese Kohlenhydrate und Sauerstoff. Sie werden von den kleinsten Tieren im See, winzigen Krebsen und Wasserflöhen, gefressen und stehen am Anfang der Nahrungskette. Ein Räuber wie der Stichling kann sich

effizienter ernähren, wenn er sich entweder auf Bodentiere oder auf die frei schwimmenden «Weidetiere» spezialisiert hat. Tatsächlich kann man unterschiedliche Stichlinge an ihrer jeweiligen Kiefer- und Kiemenanatomie unterscheiden.



rund 27 Arten haben wir sogar die grösste Felchenvielfalt Europas. Die meisten Arten kommen nur hier vor, wo es tiefe, kalte Seen gibt – ein Relikt der letzten Eiszeit. Und auch von Saiblingen und Egli soll es in manchen Seen mehr als eine Art geben.

Artenfülle statt Artenschwund

Die Zahl der dokumentierten Arten nimmt zu, weil viele Spezies erst heute dank modernen genetischen und morphologischen Methoden als solche erkannt werden. Manche Felchenarten etwa kann man mit blossen Auge nur schwer auseinanderhalten. Die Fischer am Vierwaldstättersee unterscheiden die grossen Balchen des Flachwassers, die kleinen Albeli im offenen Wasser sowie den Edelfisch des Tiefenwassers; genetisch ist auch der Alpnacherfelchen im Alpnachersee eine eigene Art.

Gelegentlich wird jedoch eine mysteriöse Zwischenform beobachtet. Manche Fischer vermuteten, dass sie aus dem Bodensee importiert wurde. Ole Seehausens Team aber schaute auf molekularer Ebene genauer hin. Die Genanalysen zeigten klar, dass der sogenannte Schwebbalchen mit keiner der anderen Arten identisch ist und sicher nicht aus dem Bodensee stammt. Er

gilt seither – zumindest für die Wissenschaftler – als neue Spezies.

Für das Ökosystem See ist die Vielfalt von grosser Wichtigkeit. Fischarten, zwischen denen geringe genetische Unterschiede bestehen, formen ihre Lebensräume auf unterschiedliche Weise. Das belegen Experimente des Biologen Blake

«Arten können nicht nur Lebensräume formen, sie beeinflussen dadurch auch ihre eigene Evolution.»

Blake Matthews, Biologe und Fischexperte

Matthews an der Forschungsanstalt für Ökologie, Evolution und Biogeochemie in Kastanienbaum LU. Neben einem Weinberg am Fuss des Pilatus richteten er und sein Team in 40 brusthohen Plastikbottichen künstliche See-Ökosysteme ein. In jedes setzten sie ein gutes Dutzend Stichlinge. Sie wählten zwei Arten dieses Fisches, die auf unterschiedliche Beute spezialisiert sind – eine auf Plankton, eine auf am Boden lebende Organismen. Die Wissen-

schaftler wollen herausfinden, ob sich ein Ökosystem unterschiedlich entwickelt, je nachdem, ob die eine oder die andere Fischart darin lebt.

Die nur drei Zentimeter langen Fische bewiesen ihre dramatische Wirkung auf das Nahrungsnetz der künstlichen Seen: Wo eben noch Kleinkrebse wie Daphnien und Ruderfusskrebse ungestört die mikroskopischen Algen abweideten, reissen Jäger jetzt grosse Lücken in ihre Herden. Das Algenwachstum nimmt zu, und das Wasser wird trüb wie Erbsensuppe.

Der Effekt ist aber nicht bei beiden Stichlingtypen gleich. Die Daten aus Kastanienbaum sind zwar noch nicht ausgewertet, aber ein analoges Experiment, das Matthews in Kanada durchführte, zeigte überraschende Ergebnisse: Die Freiwasser- und die Bodenräuber dezimierten verschiedene Beutetiere und beeinflussten den Nährstoffumsatz, das Algenwachstum und damit die Lichtdurchlässigkeit des Wassers auf unterschiedliche Weise.

Wie Holzfäller, die einen Wald lichten, bereiten sie ihren «Mitbewohnern» – Algen, Schnecken und Krebschen, aber auch ihren eigenen Nachkommen – ein völlig anderes Wohnmilieu. «Arten können nicht

nur Lebensräume formen, sie beeinflussen dadurch auch ihre eigene Evolution und die anderer Arten», sagt Matthews. «Das wussten wir vorher nicht.»

Überdüngung dezimierte Edelfische

Im See bleiben dank der genetischen Vielfalt die ökologischen Nischen erhalten. «Wenn wir die Vielfalt verlieren, büssen wir nicht nur die Fische ein», warnt Matthews, «sondern auch die vielen Verknüpfungspunkte innerhalb des Nahrungsnetzes im See.» Plankton, Nährstoffchemie und Lichtverhältnisse wären ebenso betroffen.

Auch die Fischer bekämen den Verlust zu spüren. Die Vielfalt lässt sich mit der Diversifizierung eines Wertpapier-Portfolios vergleichen: Sie ist eine Absicherung gegen Zufälle und Schwankungen. «Es ist für die Stabilität der Fischerei wertvoll, wenn ein Fischbestand keine Monokultur ist», sagt Ole Seehausen. Das illustriert der Kollaps der Edelfischbestände im Vierwaldstättersee. Infolge der Überdüngung durch Landwirtschaft und Abwässer in den siebziger Jahren ging diesen Bodenfelchen im tiefen Wasser buchstäblich die Luft aus. Sie verschwanden weitgehend. Erst 2004 wurde die Art wiederentdeckt. Die Fischer mussten inzwischen mit dem kleineren Albeli vorliebnehmen, das in geringeren Tiefen laicht. «Hätte es nur eine Felchenart gegeben, wäre bald Schluss gewesen mit der Felchenfischerei», sagt Seehausen.

So überrascht es, dass bei der Befischung der kommerziell genutzten Be-

stände die neu entdeckte Vielfalt bislang keine Rolle spielt. Etwa beim Felchen: Im Vierwaldstättersee gibt es offiziell nur drei Felchenformen (Albeli, Balchen, Edelfisch). In Wahrheit sind es aber vier, mit den neu beschriebenen «Schwebbalchen» sogar fünf genetisch gesonderte Arten. Während die Artenschützer des Bundes seit diesem Jahr bereits 27 Felchenarten anerkennen und als schützenswert einordnen, hält man im Fischereimanagement vorerst an einer einzigen Felchenart fest, die in diversen Formen auftritt.

«Es ist für die Stabilität der Fischerei wertvoll, wenn ein Fischbestand keine Monokultur ist.»

Ole Seehausen, Evolutionsforscher

Das könnte Konsequenzen haben. Würden die Arten nicht getrennt überwacht, könnte man leicht eine Spezies übernutzen und an den Rand des Verschwindens treiben, so Seehausen. Dabei anerkennt das Bundesamt für Umwelt (Bafu) durchaus, dass «die bisherige Praxis die Wirklichkeit nur schlecht abbildet». Die kantonalen Fischereiverwaltungen würden die diversen «Fischformen» aber bereits genügend hegen. «Mit den vorgeschriebenen Schonzeiten und Maschenweiten der Netze schützen wir die Bestände aller Formen», sagt Erich Staub, langjähriger Leiter der Sektion

Fischerei beim Bafu. Es ist zudem verboten, Fische aus einem See in einem anderen auszusetzen. Aber da sich die Formen mit blossen Auge kaum unterscheiden lassen, sei die nach Arten getrennte Überwachung noch nicht praktikabel, so Staub. Erst müsse es «eine praxistaugliche Weise» geben, die Artzugehörigkeit zu testen.

Sauberes Wasser, kleinere Fische

Dann könnte es nach Ansicht der Forscher zu spät sein. «Diese Arten sind weltweit einmalig. Jedes Jahr zählt, um den weiteren Verlust nur hier heimischer Arten zu verhindern», kontert Ökologe Seehausen. «Wo mehrere Arten der gleichen Gattung im selben See leben, können sie innerhalb von wenigen Jahren komplett verlorengehen.» Dann nämlich, wenn sie sich mit anderen Arten vermischen oder weggefischt werden. Dies gelte in der Schweiz etwa für Felchen, Seeforelle, Saibling und Egli.

Bereits klagen die Berufsfischer vielerorts, dass ihnen immer weniger und kleinere Felchen ins Netz gehen. Der Grund: Die Seen sind heute dank Kläranlagen und reduziertem Düngemittelsatz sauberer als vor 20 Jahren. Manche sind wieder fast im gleichen Zustand wie in den Fünfzigern, als Nährstoffe rar waren. Das Abwasser dem Fischfang zuliebe weniger gründlich zu reinigen, wie es Fischer fordern, sei keine Lösung, sagt Seehausen. Besser sei es, die Vielfalt an Fischarten zu pflegen. Denn durch sie kann die Biomasse wachsen und die Netze der Fischer füllen. ■

Schnuppern Sie Natur!

5 Ausgaben für nur Fr. 20.–

- Ich möchte bloss schnuppern und erhalte 5 Ausgaben BeobachterNatur für nur Fr. 20.–. Ich spare so 31% gegenüber dem Kaufpreis am Kiosk. (SM 001)
- Ich bin Beobachter-Mitglied und möchte zusätzlich BeobachterNatur mit 35% Ersparnis abonnieren. Ich erhalte 10 Ausgaben für nur Fr. 38.– statt Fr. 58.– bequem nach Hause geliefert. (FM 220)
- Ich bin kein Beobachter-Mitglied und möchte BeobachterNatur 1 Jahr lang lesen. Ich erhalte 10 Ausgaben für Fr. 58.– bequem nach Hause geliefert. (FM 001)

Vorname, Name

Strasse, Nr.

PLZ

Ort

Coupon einsenden an BeobachterNatur, Leserservice, Postfach, 8021 Zürich oder direkt bestellen unter www.beobachternatur.ch/abo

Auslandspreise siehe Impressum. Alle Preise inkl. MwSt. Preisänderungen vorbehalten.

--	--	--	--	--	--	--	--

Mitgliedsnummer



Wissen, was wichtig ist.

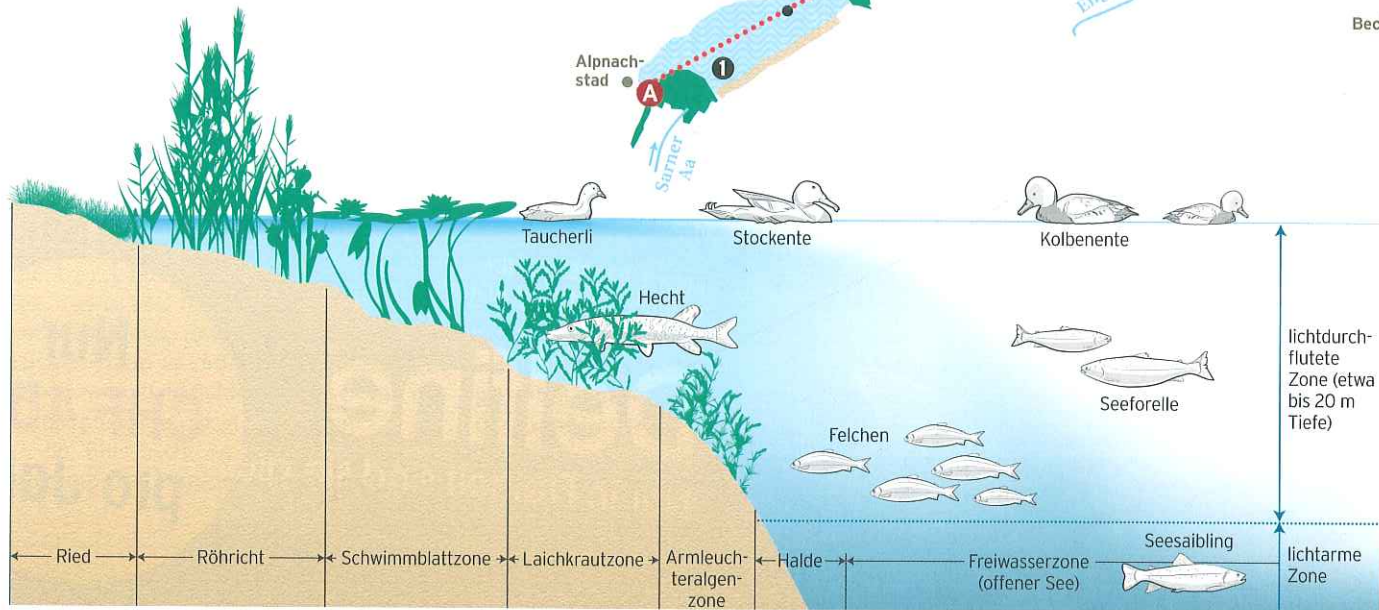
M00002254

VIERWALDSTÄTTERSEE

Über sieben Becken...

...verteilt sich das Wasser, bis es den See bei Luzern verlässt. Wissenswertes zum viertgrössten See der Schweiz.

DANIEL RÖTTELE UND MARINA BRÄM (INFOGRAFIK)



Lebensraum für zahlreiche Tiere und Pflanzen

Pflanzen

Naturnahe, unverbauete Flachufer machen nur etwa sieben Prozent des Ufers aus. Im Röhricht wachsen **Schilf (1)**, verschiedene Binsenarten und die **Gelbe Schwertlilie (2)**. In der Schwimmblattzone findet man die **Weisse Seerose (3)** und die **Gelbe Teichrose**. Laichkraut, Tausendblatt und **Wasserpest (4)** bieten einem Grossteil der in Ufernähe lebenden Tiere Nahrung. Die **Arملهuchteralgen (5)** benötigen nur wenig Licht, sie wachsen in bis zu 16 Metern Tiefe.

Tiere

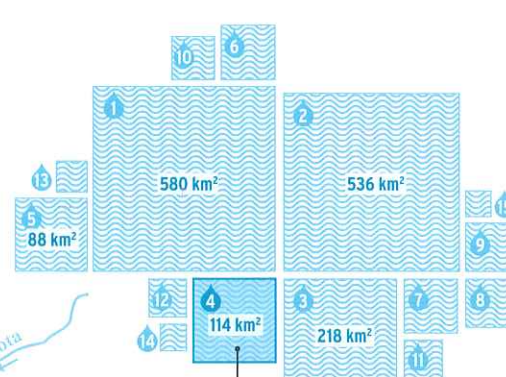
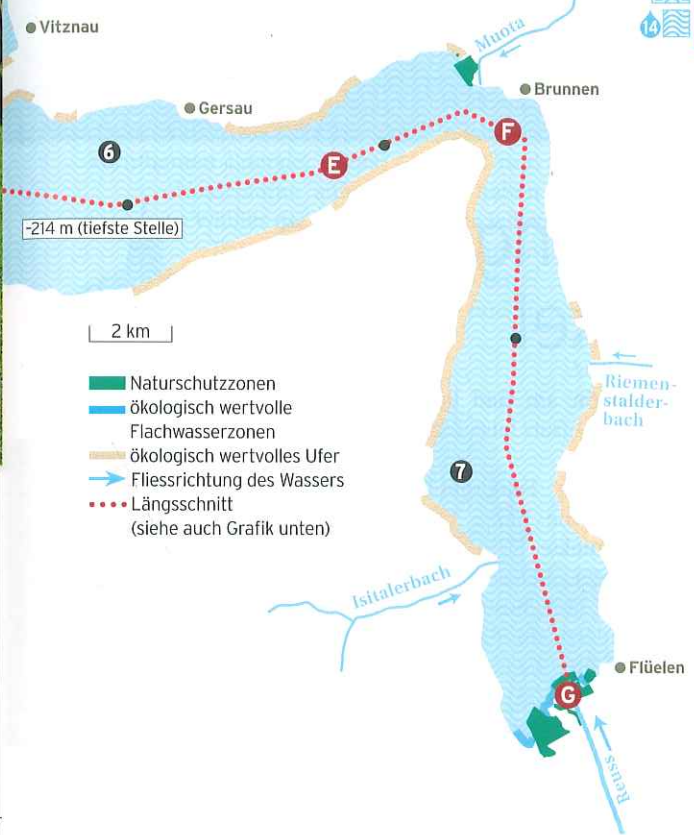
Im Vierwaldstättersee leben rund 30 Fischarten. Karpfenfische und Hechte besiedeln mehrheitlich die Uferzone. Im Freiwasser leben **Felchen (6)**, Seeforellen und Seesäiblinge. Die Felchen sind für die Fischerei die wichtigste Fischart. Was die Vögel betrifft, ist der See artenreicher als die Seen des Mittellands. Er liegt nicht an wichtigen Vogelzugstrassen und hat auch als Überwinterungsgebiet für nordische Vögel keine grosse Bedeutung. Die häufigste am See brütende Ente ist die **Stockente (7)**. Im Winter halten sich viele **Kolbenenten (8)** hier auf, der Bestand ist mittlerweile von internationaler Bedeutung. Elf Arten von Amphibien leben am See, zum Beispiel **Erdkröten (9)**. Reptilienarten sind bisher sechs nachgewiesen, darunter **Würfelnattern (10)** und Ringelnattern.

Kleinstlebewesen

Im Freiwasser schwebende Lebewesen nennt man Plankton («das Umher-schwirrende»). Aufgrund seiner Lage ist der Vierwaldstättersee ein eher kaltes, sauerstoffreiches, aber nährstoffarmes Gewässer. Er ist heute ärmer an Plankton, das Wasser ist klarer als vor 30 Jahren, als der See überdüngt war und pro Kubikmeter Wasser rund 30 Milligramm Phosphor aufwies. Zum tierischen Zooplankton gehören Rädertierchen und Kleinkrebse wie **Ruderfusskrebse (11)** und **Wasserflöhe (12)**. Das pflanzliche Phytoplankton besteht hauptsächlich aus **Blaualgen, Grünalgen (13)** und **Kieselalgen (14)**.

Die sieben Arme und Becken des Vierwaldstättersees fassen rund zwölf Milliarden Kubikmeter Wasser.

- 1 Alpnachersee
- 2 Horwerbucht
- 3 Luzernersee
- 4 Küssnachersee
- 5 Vitznauerbecken
- 6 Gersauerbecken
- 7 Urnersee



Viertgrösster See der Schweiz

Flächenvergleich der grössten Schweizer Seen*

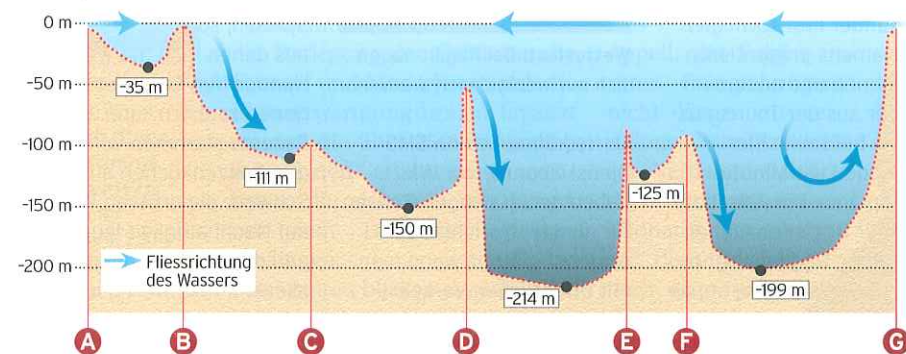
1 Genfersee	580 km²
2 Bodensee	536 km²
3 Neuenburgersee	218 km²
4 Vierwaldstättersee	114 km²
5 Zürichsee	88 km²
6 Luganersee	49 km²
7 Thunersee	48 km²
8 Bielersee	38 km²
9 Zugersee	38 km²
10 Brienersee	30 km²
11 Walensee	24 km²
12 Murtensee	23 km²
13 Sempachersee	15 km²
14 Sihlsee	11 km²
15 Hallwilersee	10 km²

* Von denjenigen Seen, die vollständig auf Schweizer Boden liegen, ist der Neuenburgersee der grösste.

In der Tiefe: Moränen aus der letzten Eiszeit und mächtige Strömungen

Die Teilbecken sind durch Erhebungen des Seegrunds voneinander getrennt. Die markante Schwelle zwischen Vitznauer- und Gersauerbecken (D) zum Beispiel ist eine Endmoräne, die der Gletscher am Ende der Eiszeit zurückgelassen hat. Im Vierwaldstättersee gibt es

starke Unterwasserströmungen, die entgegengesetzt zur Oberflächenströmung fliessen. So wärmen etwa der Föhn und die Reuss die oberen Schichten des Urnersees auf. Kälteres, schweres Wasser aus dem Gersauerbecken fliesst in der Tiefe Richtung Flüelen zurück.



QUELLEN: PIUS STADELMANN: «VIERWALDSTÄTTERSEE - LEBENSRAUM FÜR PFLANZEN, TIERE UND MENSCHEN» (BRUNNER-VERLAG), AUFSICHTSKOMMISSION VIERWALDSTÄTTERSEE, EAWAG, SPIEGEL.DE

1 sogenanntes Nadelwehr reguliert den Wasserstand des Sees. Es befindet sich in der Reuss mitten in der Stadt Luzern.

1,6 Meter über das mittlere Niveau stieg der Pegel des Sees beim Hochwasser vom August 2005.

6 Wasserfassungen entnehmen dem See Trinkwasser. Damit wird ein grosser Teil des Bedarfs der Stadt Luzern sowie der Gemeinden Küssnacht, Weggis und Horw gedeckt.

10,5 Meter beträgt die durchschnittliche Sichttiefe im See. Die Sichttiefe ist ein Mass für die Trübung durch Partikel (etwa durch Algen). Sie sollte zu jeder Jahreszeit mindestens drei Meter betragen. Die grösste Sichttiefe wird jeweils im Winter gemessen.

50 Abwasserreinigungsanlagen im Einzugsgebiet des Sees leiten die gereinigten Abwässer in den See, 17 Anlagen auf direktem Weg, die anderen auf indirektem Weg über natürliche Zuflüsse.

144 Kilometer lang ist das gesamte Ufer des Vierwaldstättersees. 45 Prozent sind Steilufer, 55 Prozent Flachufer.

214 Meter unter dem Wasserspiegel befindet sich die tiefste Stelle des Sees.

1601 türmte sich infolge eines starken Erdbebens ein Tsunami auf. Rutschungen am Seegrund und der gleichzeitige Bergsturz am Bürgenstock sollen Wellen von bis zu vier Metern Höhe ausgelöst haben.

1830 war der See letztmals vollständig zugefroren. 1963 konnte man den Luzerner-, den Küssnacher- und den Alpnachersee betreten.

3300 Tonnen Munition hat die Armee bis 1960 im See versenkt. Rund 80 Prozent davon liegen auf dem Grund des Urnersees in 200 Metern Tiefe.