Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin

Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung

Band: - (2001)

Heft: 51

Artikel: Wechselbäder der Jahreszeiten

Autor: Frei, Pierre-Yves

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-967568

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

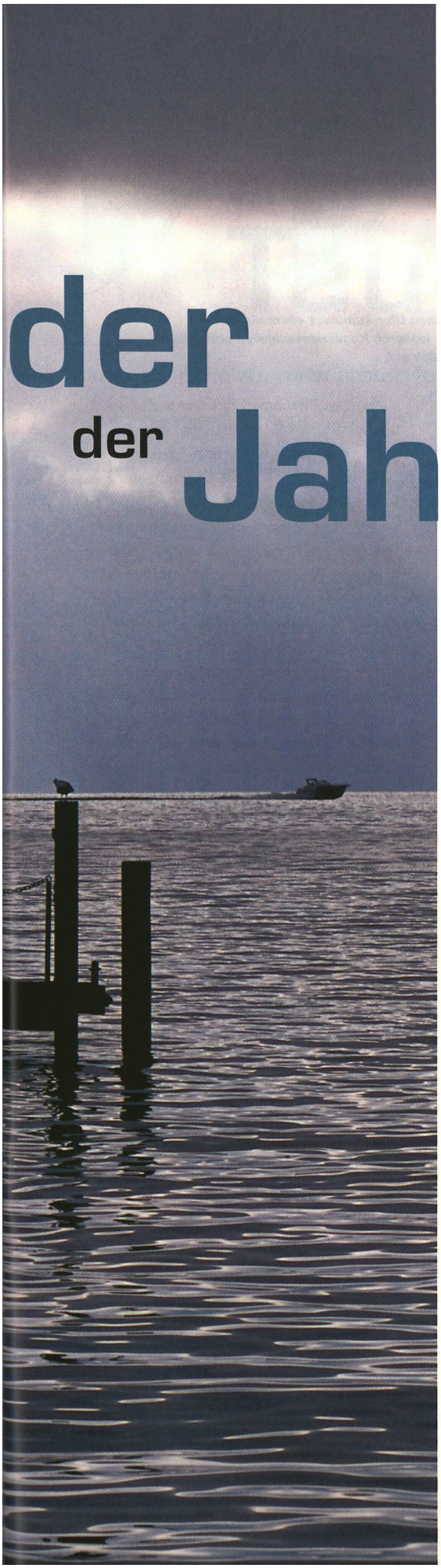
Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 21.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Wechselbä



der der Jahreszeiten

Ruhig und gelassen liegt er da, der Genfersee. Doch wie andere Seen hat er seine Launen. Manchmal durchlaufen ihn Schauer, Zuckungen und sogar Erschütterungen. Lausanner Forscher messen seit drei Jahren seine Temperatur.

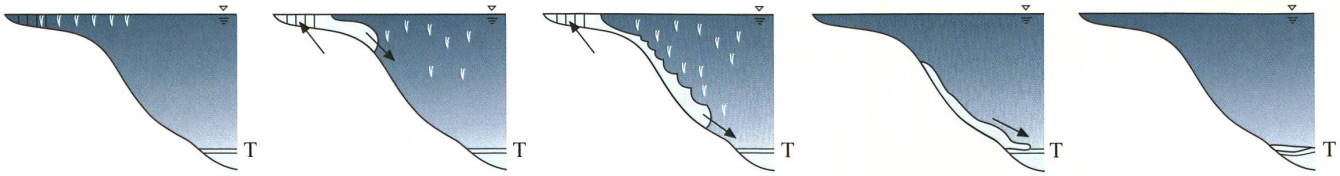
VON PIERRE-YVES FREI
FOTOS MYRIAM RAMEL

Der Gesundheitszustand des Genfersees beschäftigt das Team von Ulrich Lemmin, Wissenschaftsassistent am Labor für Hydraulikforschungen der ETH Lausanne. Aus der Doktorarbeit von Ilker Fer, einem seiner Studenten, erfahren wir, dass die Abhänge des grössten und mit rund 300 Meter tiefsten Sees der Schweiz regelmässig von Kaltwasserströmen umspült werden, die von der Oberfläche bis in die Tiefe dringen und von denen man bis heute fast nichts wusste.

Eine Entdeckung von Spezialisten für Spezialisten? Weit gefehlt, sagt Lemmin: «Mit der Bevölkerungszunahme und der wachsenden Industrie steigt auch der Druck auf die Wasserqualität, d.h. das Trinkwasser. Daher müssen wir unbedingt wissen, wie wir mit unseren Seen umgehen müssen, um diese Qualität zu erhalten. Dazu muss man jedoch ihre internen Funktionen, ihre Bewegungen und die Mischung der Wassermassen kennen.» Mischung von Wasser? Wie vermischt sich Wasser mit Wasser? Das Stichwort heisst Temperatur. «Kälteres Wasser hat eine grössere Dichte und fliesst. Wärmeres, weniger dichtes Wasser steigt zur Oberfläche und bleibt dort, solange es seine Temperatur beibehält.» Mit dieser Säule aus Wasserschichten lässt sich vieles vom komplexen Verhalten des Sees erklären.

Sommer versus Winter

Offensichtlich ist diese Wasseraufschichtung alles andere als starr. Sie verändert sich je nach Jahreszeit hauptsächlich an der Oberfläche. Im Sommer können die obersten 20 Meter der Wassersäule dank der allmählichen Erwärmung durch die Sonne etwa 20 Grad warm werden. Anschliessend fällt die Temperatur abrupt bis auf 7 Grad ab; diese Grenze kennzeichnet die Thermokline, eine Schicht, die sich in einer Tiefe von 50 bis 70 Metern befindet. Die tieferen



Von links nach rechts: Kaltes Wasser sammelt sich in Form von Zapfen an der Oberfläche. Am flachen Ufer kumuliert ebenfalls kaltes Wasser und rutscht wie eine Lawine nach unten ab. Gleichzeitig steigt warmes Wasser nach oben, wodurch Konvexionsschleifen entstehen. An der Thermokline (T-Niveau) erreicht die Kaltwasserlawine gleich temperiertes Wasser und löst sich auf.

Schichten weisen nur selten eine Temperatur unter 5,5 Grad auf.

Im Winter ändert sich das Bild radikal. Die warmen Schichten verschwinden. Die Temperatur an der Seeoberfläche fällt drastisch bis unter 10 Grad. Dieses kältere und damit auch dichtere Wasser fliesst ab, während wärmeres Wasser aus den tieferen Schichten – das ja nicht mit der Oberfläche in Berührung gekommen ist – nach oben steigt. «Das Wasser gelangt an die Oberfläche, wo es abkühlt und daraufhin wieder nach unten abfliesst», erklärt der Spezialist der ETH Lausanne. «Die abfliessenden Wassermassen verursachen so genannte Konvexionsschleifen, ähnlich wie in einem Topf voll Wasser, das man zum Kochen bringt. Diese Bewegungen sind sehr wichtig, denn mit ihrer Hilfe kann der im Oberflächenwasser gebundene Sauerstoff in tiefere Schichten vordringen und sie mit Sauerstoff versorgen – ein unverzichtbarer Vorgang, um die Wasserqualität zu erhalten.»

Atemlos in der Tiefe

Fassen wir zusammen: Im Sommer gibt es keine oder sehr geringe Konvexionsströme und damit auch keine oder nur geringe Sauerstoffeinlagerungen in den tieferen Wasserschichten. Im Winter setzt sich das System in Bewegung, und die tiefen Schichten erhalten ihre Sauerstoffdosis. Sie ist umso höher, je strenger der Winter ist. In den letzten fünfzehn Jahren waren die Winter indes nicht hart genug, sodass die tieferen Wasserschichten wiederholt an Anoxie litten, das heisst an Sauerstoffmangel – eine äusserst ungünstige Situation für die in der Tiefe lebenden Arten.

«Der Abbau toter Organismen, die sich auf dem Grund sammeln, funktioniert nur mit Sauerstoff», erklärt Lemmin. «Andernfalls kommt es zu einer Konzentration bestimmter chemischer Elemente, die wieder an die Oberfläche steigen, wie beispielsweise Phosphor, das hauptsächlich aus der Wasserverschmutzung resultiert. Dadurch wird das Algenwachstum begünstigt, was wiederum zur Eutrophisierung des Sees beiträgt, das heisst zur Verringerung der Sauerstoffmenge: Ein Teufelskreis, der eine erhebliche Beeinträchtigung der Wasserqualität nach sich zieht.»

Alternative Quellen

Aber gibt es nur die vertikalen Konvexionsbewegungen? Die Wissenschaftler glauben, dass es noch andere Sauerstoffquellen gibt, die man unbedingt finden und mengenmässig erfassen muss, um mittelfristig ein Modell erstellen zu können, d.h. eine möglichst realistische digitale Simulation von der Bewegung und der Mischung der Wassermassen im See. Solche Quellen könnten Flüsse sein, die in den See fliessen, oder Wellen, die durch ein plötzliches Aussetzen von Winden verursacht werden und eine Schaukelbewegung der Wassermassen auslösen, schliesslich auch die Dichteströme an den Küsten – so die Hypothese, die das ETHL-Team seit drei Jahren prüft.

Sauerstoff vom Ufer

«Wir nahmen an, dass sich im Winter am Ufer, wo der See nicht sehr tief ist, kalte Wassermassen ansammeln und aufgrund ihrer erhöhten Dichte samt ihrem Sauerstoffgehalt an den Abhängen bis auf den Seegrund abrutschen. Wir mussten Verschiedenes überprüfen: zunächst die Existenz solcher Ströme – sogenannte Dichteströme –, anschliessend ihr Potenzial, die tieferen Schichten mit Sauerstoff zu versorgen.»

Nach drei Jahren gründlichster Untersuchungen bestätigen die Lausanner die erste Annahme mit «Ja» und die zweite mit «Ja, aber». Das Phänomen des Abrutschens kalter Wassermassen existiert in der Tat. Es wurde sogar so genau erfasst, dass man die Geschwindigkeit – etwa 5 Zentimeter pro Sekunde – und die Tiefe – etwa 15 bis 20 Meter – berechnen konnte. Auf den ganzen See bezogen, ergibt dies eine Menge an bewegten Wassermassen, die etwa zehnmal so gross ist wie das Wasser der einfliessenden Flüsse. Man staunte nur so über die charakteristischen Turbulenzen der Bewegungen, die Spitzengeschwindigkeiten und die Temperaturunterschiede.

Die Bedeutung der Ufer-Dichteströme für die Sauerstoffversorgung der tieferen Schichten ist allerdings nur gering. Das Wasser gelangt zwar in die Tiefe, bremst jedoch zwischen 70 und 100 Metern plötzlich ab – an dem Punkt, wo sich im Winter die Thermokline befindet –, löst sich dort auf und beendet damit seine Reise.

Die Arbeit des ETHL-Teams hingegen ist damit nicht abgeschlossen. Man vermutet jetzt ein weiteres Phänomen, das dem ersten ziemlich ähnelt: Im Winter sammeln sich kalte Wassermassen im kleinen See, die von der geringen Tiefe profitieren, ehe sie in den «Abgrund» des grossen Sees abgleiten. Eine Verschiebung von Wassermassen nicht in der Breite also, sondern über die Länge des immensen Beckens des Genfersees, der sein Innenleben so gut zu verbergen versteht. ■