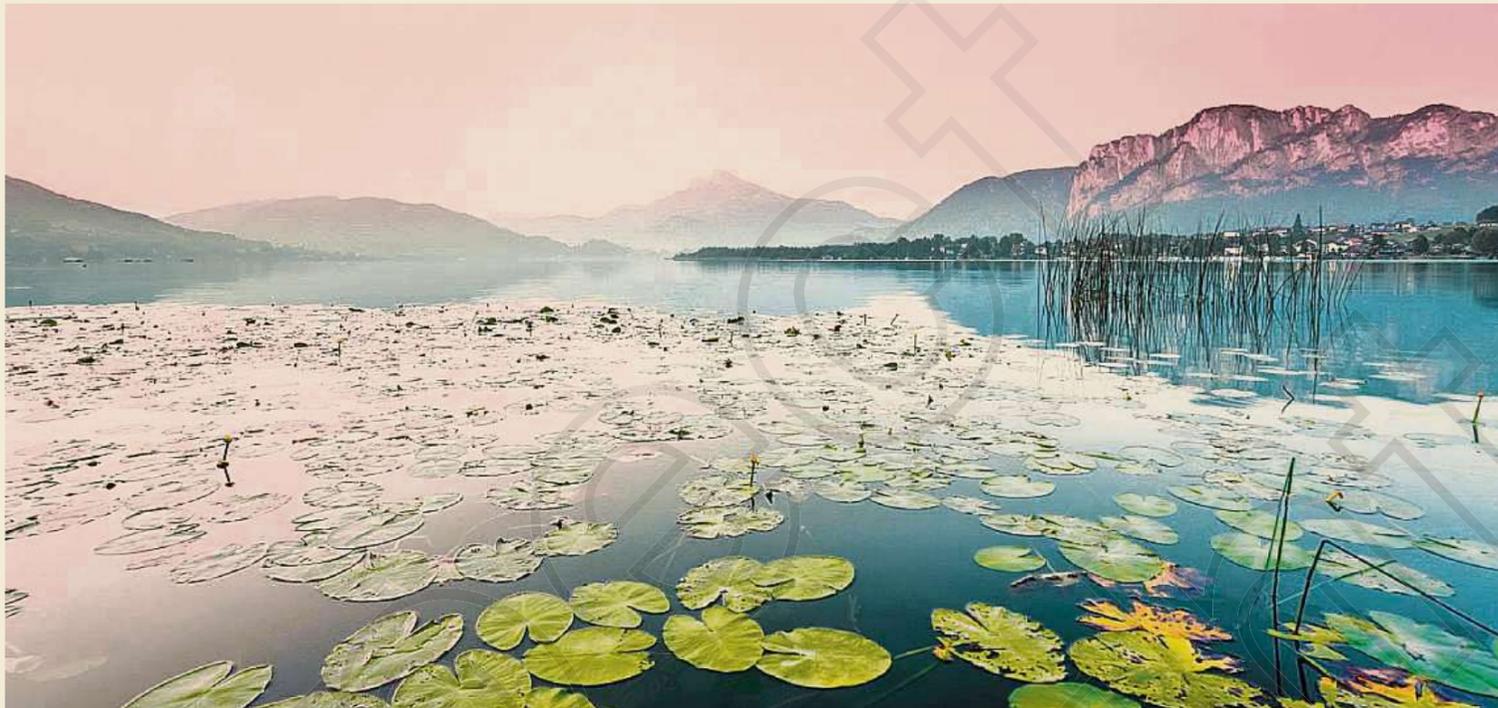


Wie die Temperatur im See steigt

Österreichs Seen werden zusehends wärmer. Was die Badegäste freut, sorgt bei den tierischen Seebewohnern für gesundheitliche Probleme und gefährdet die Artenvielfalt im Wasser.

Susanne Strnadl



Nicht nur die Lufttemperatur ist in Österreich immer mehr gestiegen: Im Mondsee liegt die Wassertemperatur jährlich fast sechsmal öfter über 20 Grad.

Der flache Neusiedler See ist in Sachen Austrocknung akut gefährdet. Das ist in der Vergangenheit bereits vorgekommen, und auch anderen der mehr als 2100 österreichischen Seen ging es gewiss schon schlechter: So führte etwa in den 1970er- und 1980er-Jahren die ungehemmte Einleitung von Abwässern in etlichen Fällen fast zum ökologischen Kollaps.

Dieser konnte durch den Bau von Kläranlagen abgewendet werden. Mittlerweile wird die Wasserqualität gerade in den 62 großen Seen mit mehr als 50 Hektar regelmäßig untersucht. Viele werden als Badegewässer genutzt; die Wasserqualität ist fast durchweg ausgezeichnet.

Im Zuge des Klimawandels aber kommt auf die Seen und ihre Bewohner eine neue Gefahr zu: Vielen Arten könnte es in ihren Heimatgewässern zu heiß werden. Nicht in jedem See haben sie die Möglichkeit, der Hitze auszuweichen.

Heuer wurde eine Untersuchung an zehn europäischen Seen publiziert, unter anderem auch Mondsee, Würthersee und Neusiedler See. Sie ergab für deren Oberflächenwasser in der Zeit von 1966 bis 2015 eine durchschnittliche Erwärmung um 0,58 Grad Celsius pro Dekade – insgesamt um fast drei Grad.

Probleme machen vor allem anhaltende Wärmeperioden. Diese

werden immer länger, erklärt Martin Dokulil vom Forschungsinstitut für Limnologie der Universität Innsbruck in Mondsee, der an der Studie beteiligt ist. Laut der Studie gab es in der Periode 1976 bis 1980 im Mondsee „im Mittel zwölf Tage, an denen das Oberflächenwasser über 20 Grad hatte – heute sind es rund 70 Tage“.

Tiefgreifender Mangel

Außerdem dringt das warme Wasser in immer tiefere Schichten vor. Wie Dokulil und Kollegen zeigen konnten, lag die mittlere Tiefe, bei der der Mondsee mehr als 20 Grad Celsius erreichte, vor 50 Jahren bei einem halben Meter. Heute sind es mehr als sechs Meter.

Eines der Probleme dabei: Je wärmer das Wasser ist, desto weniger Sauerstoff (O₂) löst sich darin. An der Oberfläche ist das nicht so tragisch, weil O₂ aus der Luft ins Wasser diffundiert. Schwierigkeiten ergeben sich in tieferen Lagen. Betrachten wir einen See unserer Breiten im Sommer, weist seine Wassersäule eine ausgeprägte Schichtung auf: oben warmes, nährstoffreiches Wasser, unten vier Grad kaltes, sauerstoffreiches Wasser. Dazwischen liegt eine stabile, kühle Schicht, die einen Austausch zwischen oben und unten verhindert.

Die Nährstoffe an der Oberfläche werden vor allem von Algen verwer-

tet, die sich in der Folge stark vermehren. Nach einer Weile sterben die Algen ab und sinken auf den Seegrund, wo sie ihrerseits die Nahrungsgrundlage diverser Mikroorganismen sind. Bei der Zersetzung verbrauchen die Mikroben Sauerstoff, der im Verlauf des Sommers in den tiefen Wasserschichten daher abnimmt. Erst mit den fallenden Temperaturen im Herbst bricht diese Schichtung zusammen. Es kommt zu einer Durchmischung, in deren Verlauf wieder sauerstoffreiches Wasser in die Tiefe gelangt.

Je später im Jahr diese Durchmischung stattfindet, desto ausgeprägter wird die O₂-freie Schicht am Seeboden, in der bis auf ein paar Einzeller und Bakterien nichts leben kann. Doch auch im Herbst geht die Durchmischung in vielen Seen nicht mehr bis zum Grund. In einigen Gewässern fehlt die Durchmischung in manchen Jahren sogar ganz.

Eine kürzlich im Fachblatt *Nature* veröffentlichte Studie, an der auch der Ökologe Ruben Sommaruga von der Uni Innsbruck beteiligt war, untersuchte fast 400 stehende Gewässer weltweit auf deren Sauerstoffgehalt in den letzten 70 Jahren. Dabei fanden die Wissenschaftler nicht nur heraus, dass dieser deutlich abgenommen hat, sondern sie entdeckten auch zahlreiche „tote Zonen“ auf dem Grund von Stillge-

wässern, wie man sie bis dahin nur von Meeren kannte. „Der Trend ist in Seen bis zu neunmal stärker als in den Ozeanen“, sagt Sommaruga.

Einen Mangel an Sauerstoff in der Tiefe beobachten auch die Forscher des Wasserclusters Lunz (WCL) im niederösterreichischen Lunzer See im Herbst, wenn auch aus etwas anderen Gründen. Als Bergsee ist der Lunzer See (noch) nicht so stark von Erwärmung betroffen wie viele Tieflandseen. Aber Robert Ptacnik und sein Team fanden in den letzten zehn Jahren eine massive Zunahme des Nährstoffeintrags in den See. Dieser führt zu vermehrtem Algenwachstum und Sauerstoffzehrung am Seegrund.

Ausweichen nicht möglich

Schuld sind die komplexen Klimawandelfolgen: „Die Trockenheit und der Borkenkäfer setzen den umliegenden Wäldern stärker zu als früher“, sagt Ptacnik. „Wenn Bäume absterben, setzen sie Nährstoffe frei, und die gelangen letztendlich in den See, wie alles, was in seinem Einzugsgebiet abläuft. Die zunehmenden Starkregen intensivieren dieses Geschehen noch.“

Wie lange sich das Überangebot an Nährstoffen (wissenschaftlich Eutrophierung genannt) in Gewässern halten kann, sieht man am Piaburger See in Tirol: Er wurde in den

70ern saniert, die negativen Konsequenzen der damaligen Eutrophierung blieben bis heute. „Das Wasser enthält weniger Mikroalgen, und der See ist in einem guten Zustand, aber in der Tiefe ist er immer noch sauerstofffrei“, sagt Sommaruga.

Dies bedroht die Artenvielfalt der Seen. Viele Wasserbewohner, die es kühl brauchen, könnten zwar in tiefere, kältere Schichten ausweichen, aber nur, wenn es dort Sauerstoff gibt. Das ist in vielen Seen nicht der Fall. Die Fischgemeinschaft des Lunzer Sees hat sich daher verändert: Einst war der Saibling die wichtigste Art, ein klassischer Kaltwasserfisch. Heute kommen verbreitete, wärmeliebendere Hechte, Barsche und Karpfenfische wie Rotfedern darin vor, sagt Ptacnik.

Hinzu kommt laut einer neuen Studie, dass Algen bei höheren Temperaturen mehr neurotoxisches Methylquecksilber produzieren, dafür aber weniger Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren. Das wirkt sich negativ auf die Fische aus, die die Algen verzehren – und die wiederum bei uns auf den Tisch kommen.

Unklar ist, ob und wie Organismen sich genetisch anpassen werden. Auch sonst sind generelle Vorhersagen schwierig, jeder See ist anders. Doch geht es so weiter, müssen wir mit dem weiteren Rückgang seltener Arten in den Seen rechnen.

GEISTESBLITZ

Werkzeuge gegen illegales Holzfällen



Unternehmer Sebastian Vogler möchte Holz-Lieferketten transparent machen.

Im Kampf gegen die Folgen der Klimakatastrophe bekommt die Frage, wie die Menschen mit ihren Wäldern umgehen, verstärkt Aufmerksamkeit. Denn ein enorm großer Anteil des globalen Holzeinschlags – die Kriminalorganisation Interpol spricht von bis zu 30 Prozent – erfolgt illegal. Mittlerweile gibt es neue gesetzliche Regeln wie die European Timber Regulation der EU, die nicht erlaubten Einschlag unterbinden und die Rückverfolgbarkeit des Holzes gewährleisten soll. Auch in den USA wurden ähnliche Vorschriften eingeführt.

In der Praxis hat man mit diesen Vorgaben allerdings noch Probleme. „Die Holzbranche mit ihren komplexen Lieferketten tut sich bei der Umsetzung der neuen Gesetze schwer“, erklärt Sebastian Vogler, der genau das ändern will. Der 1990 geborene Holzwirtschaftsstudent der Wiener Universität für Bodenkultur arbeitet als Teil eines vierköpfigen Gründerteams im Tullner Start-up Beetle For Tech an neuen technologischen Werkzeugen, die den Weg des Holzes durch die Lieferketten transparent machen. „Letzten

Endes soll man den genauen Wuchsort eines Stammes nachvollziehen können“, betont Vogler.

Das Start-up konnte mit dieser Idee nicht nur in der Holzbranche Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Im Rahmen der Technologiegespräche des Europäischen Forum Alpbach wurde Vogler zu einem der heimischen Kandidaten für den diesjährigen Falling-Walls-Bewerb gekürt. Organisatoren der nationalen Ausscheidung sind der Inkubator Accent und die Beteiligungsgesellschaft Tecnet Equity des Landes NÖ, das Austrian Institute of Technology ist ein Kooperationspartner. Die Endausscheidung, in die dutzende Beiträge aus aller Welt kamen, findet im Rahmen der Falling Walls Conference Anfang November in Berlin statt.

Vogler arbeitet mit seinem Team an mehreren Instrumenten, die beim Kampf gegen illegalen Einschlag helfen sollen. Zum einen geht es um eine „fremdstofffreie Rundholzmarkierung“, die den genauen Ort der Baumentnahme festhält. Bisher sind hier noch einfache Farbmarkierungen verbreitet. Wie genau die Lösung des

Start-ups aussehen soll, möchte Vogler mit Verweis auf den laufenden Patentierungsprozess nicht preisgeben. Als weiteres Werkzeug entstehen automatische Satellitenbildauswertungen, mit denen sich illegaler Einschlag identifizieren lässt – hier startet gerade ein Forschungsprojekt gemeinsam mit der Forschungsorganisation Joanneum Research, das via Förderagentur FFG mit Mitteln des Klimaschutzministeriums gefördert wird. Als erstes Produkt soll zudem eine per Blockchain abgesicherte Datenbank entstehen, die alle erfassten Baumentnahmen aufnimmt.

Die Idee zu Beetle For Tech entstand in einer Boku-Vorlesung, in der die Schwächen des Holzmarkts thematisiert wurden. Bei einem Hackathon – einem Programmierwettbewerb – fand sich das Gründerteam und entwickelte erste konkrete Ideen. Auf den in Tulln aufgewachsenen Vogler, der sich selbst als „ausgewachsenen Holz-Nerd“ bezeichnet, übte der Werkstoff aber schon immer eine große Anziehungskraft aus – so stark, dass er sein Bachelorstudium für eine Tischlerlehre unterbrochen hat. (pum)