

Ostschweiz

Der Bodensee braucht Kälte, Wind und Wellen

Die Wassertemperatur des Bodensees steigt Jahr für Jahr. Durch die zunehmend wärmeren Temperaturen wird der Bodensee auch weniger gut durchmischt. Das kann fatale Folgen für die Fische haben. Aber auch ein Einwanderer bedroht die heimische Fauna.

Felicitas Markoff

Der Klimawandel ist längst bei uns angekommen. Eine Binsenweisheit. Auch die Temperaturen im Bodensee steigen jährlich. Gerade im letzten Sommer herrschten noch dazu rund um den See Dürre und Trockenheit. Auch die stinkenden Blaualgen, die sich letzten Sommer im Hafen von Arbon ausgebreitet haben, sind dem Klimawandel zu verdanken.

Die Zirkulation des Bodensees verändert sich

Wissenschaftler haben die Schweizer Seen schon lange unter Beobachtung. Auch grosse Gewässer wie der Lago Maggiore werden seit Jahren zunehmend wärmer. Trifft das auch auf den Bodensee zu? Martin Eugster, Chef im Amt für Umwelt im Thurgau, sagt: «Ja, die Temperatur über dem Seegrund, das heisst in 250 Meter Tiefe, ist im Schnitt von 4,2 auf 4,6 Grad angestiegen.» Und was verändert sich, wenn die Wassertemperatur auch weiterhin ansteigt? Eugster sagt: «Sie führt zu einer geringeren Zirkulation des Sees im Winter und somit zu einer geringeren Sauerstoffversorgung im Tiefenwasser.» Die Zirkulation der Wassermassen in einem See ist lebenswichtig. Damit der Sauerstoff im ganzen See genügend hoch bleibt, muss Folgendes passieren: Eine regelmässige Umwälzung der beiden im Normalfall voneinander getrennten Wasserschichten muss erfolgen, auch, damit die Fische nicht ersticken.

Wissenschaftler sprechen von einer sogenannten Herbst- und Frühlingszirkulation. Im Frühling und Sommer wird nur die obere Schicht, das sogenannte Epilimnion, aufgewärmt, während die untere Schicht, das sogenannte Hypolimnion, kalt bleibt. Kaltes Wasser hat eine höhere Dichte als warmes Wasser. Logisch. Es ist somit schwerer und ruht stabil in der Tiefe.

Wellen und Wasserbewegungen setzen Zirkulation in Gang

Eine Durchmischung der Wasserschichten findet unter dem Jahr nur marginal statt. Marginal heisst: Die beiden Wasserschichten, die obere (Epilimnion) und die untere (Hypolimnion), sind von einer dünnen «Sprungschicht» getrennt, die eine erstaunlich stabile Barriere bildet und nur einen geringen Umfang hat. Solange diese Barriere ihre Wirkung tut, bleiben die Schichten getrennt. Diese Phase nennt die Wissenschaft Stagnation. Die Schicht mit dem warmen Wasser schwimmt regelrecht auf dem kälteren Tiefenwasser, ohne dass es zwischen den beiden Schichten zu einem Austausch an Gasen oder Nährstoffen kommt.

Wenn jedoch die kalte Jahreszeit einsetzt, kühlen sich die oberen Wasserschichten ab, bis der Temperaturunterschied der beiden Schichten nahezu verschwindet. Und somit auch die Trennung. Jetzt kommt der Wind ins Spiel. Wellen und Wasserbewegungen setzen die Zirkulation in Gang, was von Fachleuten auch als «Mixis» bezeichnet wird. Sauerstoffreiches Wasser gelangt somit in die Tiefe und Nährstoffe werden von dort nach oben gespült. Der See erhält damit Erfrischung. Doch dieser Prozess verläuft wegen der Auswirkungen des Klimawandels mittlerweile nicht immer glatt. Bleiben die Temperaturen auch im Winter warm,

kann das Oberflächenwasser gar nicht erst richtig abkühlen.

Es bestehen derzeit keine negativen Auswirkungen

Wenn diese Umwälzung der Wasserschichten wegen hoher Temperaturen im Sommer und Winter stagniert und nicht stattfinden kann, was macht das mit den Lebewesen im Bodensee? Martin Eugster sagt: «Der Sauerstoffmangel wirkt sich direkt auf die Fische und die Entwicklung ihrer Fischeier aus.» Dank der guten Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser können die Fische aber Jahre mit einer schwachen Durchmischung des Sees überleben, solange er zu einem späteren Zeitpunkt wieder gut durchmischt wird. Eugster sagt: «Was die Sauerstoffversorgung im Tiefenwasser betrifft, bestehen derzeit im Bodensee keine negativen Auswirkungen.»

Nicht alle Fischarten sind gleich betroffen

Falls aber ein drohender Sauerstoffmangel besteht, würde was passieren? Eugster sagt: «Wenn ein gewisses Minimum unterschritten wird, führt der Sauerstoffmangel bei einem ausgewachsenen Fisch zum Ersticken.» Davon seien aber nicht alle Fischarten gleich betroffen. Je grösser ein Fisch, desto grösser sei auch sein Sauerstoffbedarf. Es gebe aber auch Arten wie der Karpfen, die ein geringeres Sauerstoffbedürfnis haben als andere Arten wie zum Beispiel Felchen. Gerade Felchen sind am Bodensee immer seltener anzutreffen. So selten, dass der Laichfischfang im letzten Jahr sogar ganz ausgefallen ist (wir berichteten).

Die Gründe dafür sind zum Beispiel der niedrige Nährstoffgehalt des Bodensees sowie die Erwärmung des Wassers durch den Klimawandel. Daher seien auch die Auswirkungen je nach Fischart sehr unterschiedlich zu beurteilen. «Im See können Fische vielfach einem Sauerstoffmangel in gewissen Zonen ausweichen, da er nicht homogen über alle Wasserschichten verteilt ist», erklärt Eugster. Dies führe aber zu einer Anhäufung der Fische in einzelnen Wasserschichten. Eugster sagt weiter: «Die Eier können sich nur entwickeln, wenn genügend Sauerstoff vorhanden ist. Deshalb kann es zu einer massiven Einbusse bei der Reproduktion von Felchen kommen, wenn der Sauerstoffgehalt auf dem Grund des Sees zu niedrig ist, da die Eier absterben.» Die Zirkulation im Herbst nimmt wegen der zunehmenden Erwärmung



Martin Eugster, Chef des Amts für Umwelt, Kanton Thurgau. Bild: PD



Wärmere Wassertemperaturen und mehr Wind wirbeln den Bodensee ganz schön durcheinander.

Bild: iStockphoto

des Wassers im Sommer ab. Das führt dazu, dass die Sauerstoffversorgung ins Tiefenwasser abnimmt. Eugster sagt in diesem Zusammenhang: «Dank der guten Wasserqualität ist der Bodensee noch resilient genug, um der zunehmend schwächeren winterlichen Durchmischung mit einem geringeren Sauerstoffeintrag ins Tiefenwasser entgegenzutreten.» Stürmische Wetterbedingungen sind also gar nicht so schlecht, wenn sie zu einer kompletten

Die Durchmischung der Seen

Die letzten Zirkulationen sind schon einige Jahre her. Im bis zu 370 Meter tiefen Lago Maggiore erreicht der Wasserwechsel nur selten die untersten Etagen. Die letzte vollständige Durchmischung (Mixis) hat 2005 stattgefunden. Seitdem ist der Sauerstoffgehalt im Hypolimnion stetig gesunken.

Im Bodensee hat die Durchmischung zum letzten Mal 2018 stattgefunden. Für den Genfersee prognostizieren Wissenschaftler ebenfalls eine Schwächung der Zirkulation voraus. Und im Zürichsee wiederum führte eine 2013 eingetretene Stagnation in Tiefen von mehr als 100 Metern zum vollständigen Sauerstoffschwund.

Umwälzung des Sees führen? Eugster sagt: «Je grösser der Energieeintrag wegen des Windes ist, umso besser ist die Durchmischung. Herbstliche Stürme können somit helfen, eine schwache Durchmischung zu kompensieren.» Wissenschaftler haben zudem herausgefunden, dass die Folgen des Klimawandels unter anderem auch mit mehr Wind einhergehen.

Eugster sagt: «Die Modelle zeigen, dass sich künftig die Zugbahnen der atlantischen Tiefdruckgebiete weiter nach Norden verlagern. Die Anzahl der Tiefdruckgebiete reduziert sich zudem voraussichtlich auf der Nordhemisphäre, wobei die Windgeschwindigkeit gleichzeitig zunimmt.» Die Zunahme sei vor allem durch den höheren Wasserdampfgehalt der Atmosphäre und der damit verbundenen höheren Energiemenge zu erklären.

Das Zusammenspiel der Elemente ist wichtig

Welche Faktoren spielen in Bezug auf den Klimawandel auch noch eine Rolle? «Niederschlag, mittlere Temperatur, Höchsttemperatur und Tiefsttemperatur», erklärt Eugster. Im Endeffekt sei das Zusammenspiel der unterschiedlichen meteorologischen Parameter wichtig. Zum Beispiel, wie lange es am Stück heiss sei oder kein Niederschlag falle oder umgekehrt. Was den

Nebel betrifft, hat der Klimawandel auch hier schon erste Spuren hinterlassen. Denn er zeigt sich am Bodensee immer seltener (wir berichteten). Diese Veränderung wird mit verbesserter Luftqualität begründet. Das klingt im ersten Moment zwar positiv, aber was passiert, wenn sich der Nebel im wahren Sinne des Wortes wirklich in Luft auflöst?

Damit sich Nebel überhaupt zuerst bilden kann, braucht es drei Zutaten: Feuchtigkeit, tiefe Temperaturen und Kondensationskeime (Staub). Eugster erklärt: «Die bessere Luftqualität ist wahrscheinlich der Hauptgrund für weniger Nebel.» Ebenso die höheren Temperaturen. Eugster sagt: «Die negativen Auswirkungen auf die Natur sind voraussichtlich gering. Nebel stellt in der Schweiz keine Hauptquelle für Feuchtigkeit dar, wie beispielsweise an Küsten, an denen Nebel ganze Ökosysteme mit Feuchtigkeit versorgt.»

Wende durch verbesserte Kanalisation und Klärung

Dass der Klimawandel aber kein neues Phänomen ist, zeigte sich unter anderem schon vor 40 Jahren. Grosse Seen wie der Lago Maggiore oder der Bodensee haben schon damals unter starker Verschmutzung gelitten. Dank verbesserter Kanalisation und Klärungen kam dann die Wende.

Schwarzmeergrundel nähert sich dem Bodensee: Fluch oder Segen?

Nina Steiner

Bodensee Die erstmals 2012 im Rhein entdeckte invasive Schwarzmeergrundel wandert weiter stromauf Richtung Bodensee. Gewässerökologe Joschka Wiegleb erzählt von seiner selektiven Grundelsperre. Doch wären die Auswirkungen des Fisches im Bodensee wirklich nur schlecht? Die Schwarzmeergrundel ist ein berühmter Übeltäter, sie stellt für viele heimische Arten einen Feind dar. Zum ersten Mal ist sie bereits vor über zehn Jahren im Hafen Kleinhüningen in Basel gesichtet worden. Dort sei sie durch Ballastwasser der Berufsschiffahrt eingeschleppt worden.

Kurz hinter Basel hat die Grundel begonnen, sich auf eigene Faust weiter den Rhein hinauf auszubreiten. Auch Angler, Aquarianer und Sportboote tragen zur weiteren Verbreitung bei. Mittlerweile hat die Schwarzmeergrundel, laut neuesten Informationen, das Rheinkraftwerk Bad Laufenburg überunden und befindet sich bereits vor dem Kraftwerk Albruck-Doggern. Die Angst besteht, dass sie weiter Richtung Bodensee wandert.

Glücklicherweise gibt es an der Universität Basel fleissige Forscher, die sich allzu gerne mit den Grundeln beschäftigen. Der Gewässerökologe Joschka Wiegleb widmet der Schwarzmeergrundel besonders viel Zeit, seit sechs Jahren forscht er an ihr. Er schrieb sogar seine Doktorarbeit über die Schwarzmundgrundel, eine Grundelart, und Prototypen für eine selektive Sperre in Fischpässen. Eine solche Sperre könnte heimische Gewässer vielleicht vor der weiteren Ausbreitung der invasiven Grundel schützen.

Selektive Grundelsperre scheint zu funktionieren

Sie wurde in einem gross angelegten Laborversuch am Karlsruher Institut für Technologie erfolgreich getestet und bereits im Kraftwerk Rheinfelden eingebaut. Für das selektive Hindernis wird die charakteristische Schwimmweise der Grundel genutzt.

Sie hat keine Schwimmblase und lebt quasi am Boden. Mittels eines Edelstahlblechs am Grund werden eine glatte Oberfläche und eine erhöhte Strömungsgeschwindigkeit erzeugt, wodurch der Fisch nicht mehr am Boden verharren kann, sondern gleich zurückgespült wird.

Keine Schwarzmeergrundel ist über die Sperre gelangt

Im Versuch wurde mit einer geringen Durchflussrate begonnen, Wiegleb scherzte dazu: «Das war beeindruckend. Die Grundeln bewegten sich stromaufwärts über die Sperre und dann wieder zurück. Es sah fast so aus, als würde es ihnen Freude bereiten, ein bisschen wie eine Wasserrutsche.»

Als die Durchflussrate jedoch jener in natürlichen Gewässern angepasst wurde, sei bisher keine einzige Schwarzmeergrundel mehr über die Sperre gelangt. Hört sich zwar vielversprechend an, müsse aber noch einer längeren Funktionskontrolle unter-



Joschka Wiegleb ist Gewässerökologe an der Universität Basel. Bild: PD

zogen werden. In der Praxis verändern Faktoren wie zum Beispiel Algenbewuchs oder die Bildung eines Mikrofilms eventuell die Strömungsverhältnisse.

Bereits wenige Fische reichen für eine neue Population

Wiegleb meint dennoch, dass das Grundelhindernis ein vielversprechendes Tool gegen die weitere Verbreitung des Fisches darstellt. Eine Einwanderung in den Bodensee durch die Grundel selbst würde zudem eine natürliche Barriere, der Rheinfluss in Schaffhausen, verhindern.

Angler und Aquarianer, die sie dort aussetzen könnten, stellen aber weiterhin eine Gefahr dar. Falls das passieren würde, reiche vermutlich eine geringe Anzahl an Fischen, um dort eine Population zu gründen. Die Schwarzmeergrundel hat sich in Europa und in Nordamerika stark ausgebreitet und hat in vielen Ökosystemen massive negative Veränderungen mit verdrängten einheimischen Arten bewirkt.



Die Schwarzmeergrundel könnte weiter Richtung Bodensee wandern. Bild: imago

Trotzdem liesse sich im Vorhinein nicht so leicht sagen, ob sie das auch im Bodensee bewirken würde oder nicht. Es gebe zu viele Faktoren, die bestimmen, inwiefern sich eine Population in einem Ökosystem etabliert oder eben nicht.

Grosse Grundeln könnten Quaggamuschel fressen

Der Forscher erklärt zudem, dass der Fisch nicht zwingend nur schlechte Auswirkungen haben muss. Grosse Grundeln fressen gerne Muscheln und es sei durchaus möglich, dass sie den Bestand der invasiven Quaggamuschel im Bodensee dezimieren würden. Das sei jedoch nur eine Vermutung, hebt der Biologe hervor.

In der Ostsee habe die Grundel tatsächlich bereits positive Auswirkungen. Das Gewässer ist durch seinen hohen Salzgehalt besonders artenarm. Dadurch konnte der Fisch eine unbesetzte ökologische Nische einnehmen und stellt jetzt wiederum eine Futterquelle für andere Fische dar. Die Schwarzmeergrundel ist bislang so gefürchtet, weil sie Laich anderer Fische frisst. In einer Forschungsarbeit in der Wiese, einem Nebenfluss des Rheins, zeigte sich beispielsweise, dass die Grundeln den Laich der Nase, einer geschützten Fischart, frisst. In der Ostsee bevorzugt sie nach einer weiteren Studie jedoch andere Nahrung.

Es bleibt also noch abzuwarten, ob die Schwarzmeergrundel früher oder später im Bodensee landen wird oder nicht und was dann die negativen oder tatsächlich positiven Folgen davon wären. Währenddessen seien Prävention, etwa zum Beispiel durch die Grundelsperre und Aufklärung zum Schutz des Ökosystems wichtig. Auf jeden Fall ist es beruhigend zu wissen, dass auch Forscher wie Joschka Wiegleb bereits an Lösungen für das potenzielle Problem arbeiten.