



Wie sich der Bodensee verändert

Von Quagga-Muscheln, Stichlingen und Klimanöten

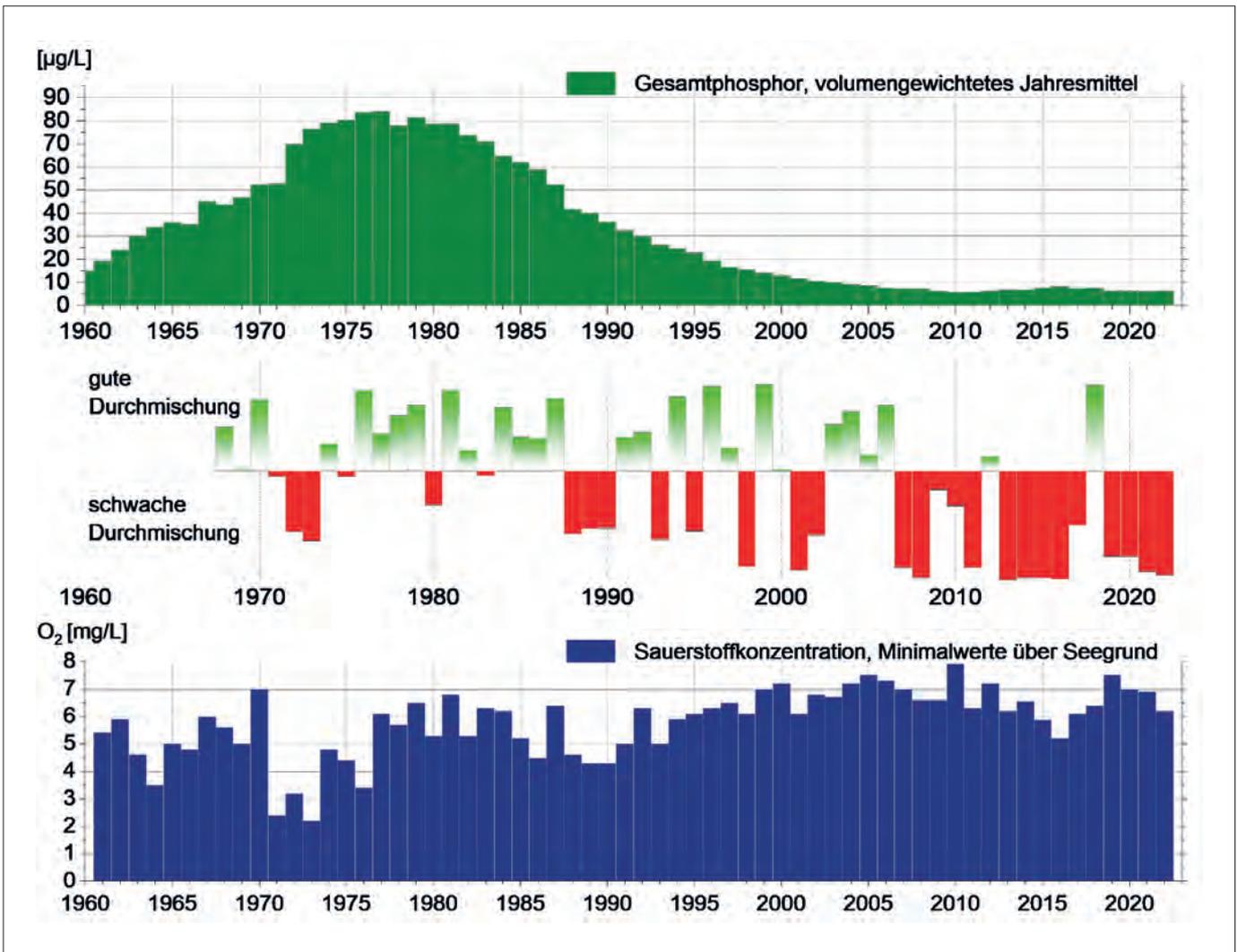
Klaus Zintz

Feiner Dunst hat sich über dem Wasser ausgebreitet, als die »Kormoran«, das Arbeitsschiff des Instituts für Seenforschung, frühmorgens den Yachthafen von Langenargen verlässt. Das Ziel: die tiefste Stelle des Bodensees zwischen Fischbach auf deutscher und Uttwil auf schweizerischer Seite. Dort angekommen, beginnt die Routinearbeit, Messungen vornehmen und Wasserproben aus unterschiedlichen Tiefen aus dem See holen. Dazu muss das Schiff möglichst ruhig an Ort und Stelle stehen – eine Aufgabe für den Schiffsführer, die er mit Hilfe der Satellitennavigation GPS und den fein dosierbaren Bugstrahlern souverän löst.

Eine Sonde wird bereit gemacht. Sie misst von der Wasseroberfläche bis zum Seegrund kontinuierlich Temperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert – also Säuregrad – und wei-

tere Parameter. Die Daten werden auf einen Monitor im Innern der »Kormoran« übertragen. Dann kommen die Wasserproben an die Reihe. Hierzu wird ein voluminöses Gerät mit rosettenförmig angeordneten Röhren mit Hilfe eines Krans zu Wasser gelassen. Deren oben und unten angebrachte Deckel sind geöffnet. In der gewünschten Tiefe werden sie dann per Fernauslösung geschlossen. Nachdem das Gerät wieder an Bord ist, werden die Wasserproben aus den Röhren in Probengefäße umgefüllt. So können sie später im Labor chemisch auf verschiedene Inhaltsstoffe analysiert werden. Dazu zählen Phosphor, Stickstoffverbindungen, Kieselsäure und andere Parameter.

Nun ist die Biologie an der Reihe. Mit einem feinmaschigen Netz werden all diejenigen Minitiere gefangen, die



In dieser Grafik sind drei wichtige Entwicklungen im Bodensee zusammengefasst: Oben zeigt der Gesamtposphorgehalt, wie die übermäßige Anreicherung an Nährstoffen (Eutrophierung) bis in die zweite Hälfte der 1970er-Jahre rasant zugenommen hat. Dann ist sie dank umfangreicher Maßnahmen wieder stetig gesunken, bis sie sich nach 2005 wieder auf einen niedrigen Wert unter 10 Mikrogramm Gesamtphosphor je Liter Seewasser eingependelt hat. In der Mitte ist die Durchmischung des Sees dargestellt, wobei die Balkenlänge ein Maß für die Durchmischung und damit für die Sauerstoffversorgung der tieferen Seeregionen ist. Die nach oben zeigenden Balken mit grünem Ende markieren dabei Jahre mit mehr oder weniger guter Durchmischung, die rotem, nach unten gerichteten Balken zeigen eine schwache Durchmischung an. Die untere Grafik verdeutlicht den Sauerstoffschwund in der Seetiefe, gemessen als minimale Sauerstoffkonzentration direkt am Seegrund. Daraus geht hervor, dass in den Jahren der starken Nährstoffanreicherung die Sauerstoffkonzentration in der Tiefe auf bedenklich niedrige Werte gesunken ist – damals drohte der See »umzukippen«. Weil der See inzwischen deutlich nährstoffärmer geworden ist, bleiben die Sauerstoffwerte in den letzten Jahren auch bei schwacher Durchmischung recht hoch. Deutlich wird allerdings, dass sie nach mehreren Jahren mit schlechter Durchmischung absinken – sich nach einer guten Durchmischung aber wieder erholen.

sich in den obersten 50 Metern des Sees aufhalten. Neben diesem Zooplankton werden auch die winzigen Algen, das Phytoplankton, nach einem standardisierten Verfahren eingesammelt. Auch diese Proben werden erst später im Institut aufgearbeitet. Gerade beim Plankton ist dies eine recht mühsame und langwierige Aufgabe, die eine gehörige Portion Fachkenntnis erfordert.

Alle zwei Wochen fahren die Seenfachleute mit der »Kormoran« zur Seemitte, um dort zu messen sowie Wasser- und Planktonproben einzusammeln. In vierwöchigem

Rhythmus sind dann zusätzlich die Wasserproben für die chemischen Analysen an der Reihe. Das Seenforschungsinstitut, das zur baden-württembergischen Landesanstalt für Umwelt (LUBW) gehört, führt diese Routineaufgaben seit vielen Jahrzehnten durch. Dies geschieht auch im Auftrag der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB), zu der sich die Anrainerstaaten 1959 zusammengeschlossen haben. Ähnliche Routinemessungen werden auch an anderen Stellen des Sees von unterschiedlichen Organisationen durchgeführt.

Das Umkippen konnte verhindert werden, doch der Klimawandel bedroht den See

Diese Langzeituntersuchungen machen den Bodensee zu einem der am besten untersuchten Seen der Welt. Für die Forschenden – und natürlich auch für den See – sind sie ein wahrer Schatz. Und ein Glücksfall: Nur so lassen sich Trends frühzeitig erkennen, die für den See möglicherweise gefährlich werden können. So warnten nach den Berufsfischern auch die Fachleute bereits in den 1950er-Jahren vor einer übermäßigen Anreicherung des Sees mit Nährstoffen, insbesondere Phosphor, aber auch Stickstoff. Völlig zurecht: Diese sogenannte Eutrophierung kurbelte das Wachstum von Wasserpflanzen und Planktonalgen so sehr an, dass der See in den 1970er-Jahren »umzukippen«, also am Seegrund sauerstofflos zu werden drohte. Denn die dort lebenden Mikroorganismen brauchen Sauerstoff, um die abgestorbene Biomasse abzubauen zu können. Und je mehr Biomasse von oben herunter rieselt, desto mehr Sauerstoff wird gebraucht.

Durch den massiven Ausbau von Kanalisation und Kläranlagen rund um den See und im Einzugsgebiet sowie das Verbot von Phosphat in Waschmitteln konnte diese verhängnisvolle Entwicklung schließlich gestoppt werden. Für den See schloss sich eine jahrzehntelange Rekonvaleszenz an. Heute nähert er sich wieder den natürlichen Nährstoffverhältnissen an – eine wichtige Voraussetzung, um die neuen Herausforderungen zu meistern, die der Klimawandel mit sich bringt. Dieser hinterlässt im See bereits deutliche Spuren: Das Wasser wird im Frühjahr zeitiger warm und im Herbst später kalt. Zudem ist es ganzjährig wärmer als noch vor wenigen Jahren. Das hat Folgen: Nur wenn der See im Winter über Wochen hinweg richtig auskühlen kann, sinken die Temperaturen so weit ab, dass die Wasserzirkulation richtig in Gang kommt. Dazu muss das Wasser von oben bis unten idealerweise vier Grad kalt sein, also physikalisch gesehen seine größte Dichte haben. Dann können heftige Winterstürme die gesamte Wassersäule aus etwa gleich schwerem Wasser



Mit diesem sogenannten integrierten Summenwasserschöpfer werden beim langsamen Absenken bis zu einer bestimmten Tiefe – beispielsweise 0 bis 20 Meter – sozusagen Schluck für Schluck Wasserproben genommen. Daraus lassen sich dann verschiedene Proben analysieren wie beispielsweise Phytoplankton oder Wimpertierchen



Das mit Wasserproben gefüllte Probenahmegerät wird an Bord geholt.



Wasserproben aus unterschiedlichen Tiefen werden abgefüllt.

in Zirkulation versetzen, wodurch wertvoller Sauerstoff in große Tiefen verfrachtet wird und im Gegenzug Nährstoffe wieder nach oben gelangen.

Für die dort lebenden Tiere ist dies genauso wichtig wie für die Mikroorganismen, die unter Sauerstoffverbrauch abgestorbene Biomasse abbauen. Auch die Eier der Felchen, die sich am Seeboden entwickeln, sterben ohne ausreichende Sauerstoffversorgung ab. Glücklicherweise ist bisher die Sauerstoffkonzentration selbst in den Jahren mit schlechter Durchmischung nie unter sechs Milligramm pro Liter gesunken. »Aber wenn wir in Zukunft immer mehr Jahre hintereinander warme Winter mit schlechter Zirkulation haben, dann könnte es schon kritisch werden«, sorgt sich Harald Hetzenauer, der Leiter des Seenforschungsinstituts. Er betont daher, wie wichtig es sei, die Nährstoffkonzentration weiterhin möglichst niedrig zu halten – und damit den Sauerstoffverbrauch beim Abbau abgestorbener Biomasse am Seegrund. »Sonst bekommen wir auf lange Sicht ernsthafte Probleme.«

Die rasante Ausbreitung der eingewanderten Quagga-Muschel

Neben dem Klimawandel und seinen Folgen für die Durchmischung bereitet den Gewässerfachleuten eine weitere Entwicklung große Sorge: Die rasante, ja geradezu invasive Ausbreitung von Tierarten, die früher nicht im See heimisch waren. Unter diesen Neozoen sind insbesondere die Quagga-Muschel und der Stichling dabei, das gesamte Bodensee-Ökosystem grundlegend umzukrempeln. Daher bildeten sie auch im jüngsten Großforschungsprojekt »SeeWandel: Leben im Bodensee – gestern, heute und morgen« einen wichtigen Schwerpunkt. Dabei untersuchten Forschende seit 2018 fünfeinhalb

Jahre lang den Einfluss und die Wechselwirkungen von Stressfaktoren auf das Ökosystem des Bodensees. Insgesamt bestand das Vorhaben aus 13 Teilprojekten, die von sieben Forschungsinstitutionen in Deutschland, der Schweiz und Österreich bearbeitet wurden.

Den Anstoß für das umfangreiche Untersuchungsprogramm gab die IGKB. Ausgangspunkt war die Frage, wie resilient der See ist, also wie er auf die sich ändernden Umweltbedingungen reagiert, ob und wie er sich von negativen Einflüssen wieder erholt. Das ist insbesondere im Hinblick auf die massive Nährstoffanreicherung seit Mitte des vergangenen Jahrhunderts von Bedeutung. Dabei steht die Frage im Vordergrund, ob er sich im Zuge der sogenannten Re-Oligotrophierung – also der Entwicklung wieder zurück zu einem nährstoffarmen Gewässer – wieder in Richtung seines ursprünglichen Zustandes bewegt oder sich bleibend verändert hat. Das durchaus erfreuliche Ergebnis lässt sich so zusammenfassen: Nach den umfangreichen Sanierungsmaßnahmen zur Eindämmung der Nährstoffgehalte in den vergangenen Jahrzehnten treten nun wieder verstärkt Arten auf, die nährstoffarme Bedingungen bevorzugen. Vor allem beim pflanzlichen Plankton wie zum Beispiel bei den Kieselalgen ist dies der Fall, aber auch bei den Wasserpflanzen. Sie wachsen nach der Re-Oligotrophierung wieder stärker und in größeren Arealen, wenngleich sich die Zusammensetzung der Arten wie auch ihre Häufigkeit etwas verändert haben.

Allerdings gibt es Arten im See, die eigentlich an eher nährstoffreiche Verhältnisse angepasst sind – beim Zooplankton zum Beispiel dominiert der Helmwasserfloh *Daphnia cucullata*. Er gehört zu den neu in den Bodensee eingewanderten, invasiven Arten. Und die verändern zusammen mit den klimabedingt wärmeren Temperaturen



Quagga-Muscheln
(*Dreissena rostriformis*)



Helmwasserfloh (*Daphnia cucullata*) mit Eiern im Zellersee



Stichling mit Fischlarve im Maul

und der schlechteren Durchmischung den Bodensee derzeit massiv. Diese Entwicklung dürfte wohl in Zukunft anhalten, allein schon, weil die Klimaerwärmung den See immer weiter aufheizt. Und unter den Neozoen bereitet die Quagga-Muschel (*Dreissena rostriformis*) den Fachleuten besonders große Sorgen. Sie drückt dem See immer stärker ihren Stempel auf. »Vermutlich sind wir da erst am Anfang einer dramatischen Entwicklung«, sagt Harald Hetzenauer. Erstmals entdeckt wurde sie von Tauchern im Jahr 2016 bei Wallhausen im Überlinger See. Seither hat sich diese ursprünglich aus dem Schwarzmeergebiet stammende Muschel massiv im See ausgebreitet. Das weckt Erinnerungen an die Invasion der mit der Quagga-Muschel nahe verwandten Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*), auch Zebra- oder Wandermuschel genannt. Sie breitete sich in den 1960er-Jahren nicht nur rasch im Bodensee aus, sondern vermehrte sich massenhaft. Es dauerte einige Zeit, bis sich das Ökosystem auf den Neuankömmling eingestellt hatte und die Muschel zum Beispiel in ufernahen Regionen von Wasservögeln als Nahrungsquelle entdeckt wurde, die sich leicht abernsten lässt. Im Gegensatz zur Quagga mit ihren abgerundeten Schalenseiten hat die Dreikantmuschel ihrem Namen entsprechend deutlich kantigere Seiten.

Nun aber macht die Quagga ihrer nahen Verwandten nicht nur Konkurrenz, sie überwuchert sie geradezu. Besonders beeindruckend ist diese Dominanz, wenn man Steine und andere harte Substrate untersucht, die von beiden Muschelarten besiedelt werden. Außerdem hat die Quagga einen weiteren, entscheidenden Vorteil bei der Eroberung des Sees: Sie nutzt auch weiche Substrate wie etwa schlammigen Untergrund als Lebensraum. Und sie kann bis in große Tiefen siedeln – mittlerweile bis hinab zur tiefsten Stelle in rund 250 Meter.

Diese Fähigkeit macht sie auch für die Trinkwasserwerke zum Problem. Das Entnahmebauwerk der Bodenseewasserversorgung etwa liegt in etwa 60 Metern Tiefe – zu tief für die Dreikantmuschel, nicht aber für die Quagga. Also

müssen die Wasserwerke Schutzmaßnahmen ergreifen, was aufwendig und sehr teuer ist. Eine wirkungsvolle Maßnahme ist zum Beispiel, gleich das Rohwasser einer Ultrafiltration zu unterziehen. Damit lassen sich die Veliger, also die winzigen Larven der Muscheln, heraussieben. Diese Schutzmaßnahmen müssen künftig ebenfalls ergriffen werden, wenn Wasser für andere Zwecke entnommen wird, etwa um über Wärmepumpen Gebäude zu heizen oder zu kühlen. Anders lassen sich die Maschinen und Leitungen kaum schützen, weil sich sonst die Veliger festsetzen und zu Muscheln heranwachsen – mit entsprechend gravierenden Folgen.

Der Stichling – Nahrungskonkurrent und Feind der Felchen

Nicht zuletzt in verschiedenen Teilprojekten des Forschungsprojekts »SeeWandel« wurde inzwischen deutlich, wie umfangreich und vielfältig die vielen neuen Muscheln das gesamte Ökosystem des Sees beeinflussen. So filtern sie sehr effizient Nahrungsteilchen und Nährstoffe aus dem See, die dann anderen Arten wie beispielsweise Algen fehlen. Und dem Zooplankton nehmen sie das Futter weg, was dann insbesondere Felchen fehlt, aber auch Jungfischen, die bevorzugt diese Nahrungsquelle nutzen. Noch scheint das Nahrungsnetz in Ordnung zu sein – doch nach Einschätzung der Fachleute werden es die Muscheln bereits in naher Zukunft schon schaffen, letztlich auch den Fischen das Futter streitig zu machen.

Eine Blaupause, wie es im Bodensee mit den Veränderungen des Ökosystems durch die Quagga weitergehen könnte, liefern die Großen Seen in Nordamerika. Die sind zwar weitaus größer als der Bodensee, doch im Hinblick auf Tiefe, Nährstoffgehalt und Sauerstoffverteilung durchaus zu vergleichen. Nach ihrer Invasion haben die Quagga-Muscheln dort sowohl bei der Populationsdichte als auch der Biomasse stetig und teilweise massiv zugenommen. Der Blick nach Nordamerika liefert dann auch die Basis für die Prognose, dass sich die derzeit zu beobachtende

schnelle Ausbreitung der Quagga fortsetzen wird. »Ihre Biomasse wird in den nächsten 25 Jahren höchstwahrscheinlich um den Faktor acht bis zwölf zunehmen«, fasst Harald Hetzenauer die diesbezüglichen Erkenntnisse des SeeWandel-Projekts zusammen. Zu erwarten sei auch, dass dies ähnlich gravierende Auswirkungen auf den See haben könnte wie die Eutrophierungsphase ab Mitte des vergangenen Jahrhunderts.

Immerhin zeigen sich erste Anpassungen des Ökosystems an diese Muschelinvansion. So haben manche Fischarten bereits erkannt, dass man die Quagga fressen kann, Rotaugen zum Beispiel, aber auch andere Arten wie Schleie und Hasel. »Doch insgesamt sind es noch zu wenige Fische, um die rasante Ausbreitung der Quagga zu bremsen«, berichtet Alexander Brinker, der Leiter der ebenfalls in Langenargen beheimateten Fischereiforschungsstelle. Den Fachleuten in der zum Landwirtschaftlichen Zentrum (LAZBW) in Aulendorf gehörenden Außenstelle bereitet neben der neu eingewanderten Muschel allerdings eine ursprünglich nicht im See beheimatete Fischart noch weit größere Sorgen: der Dreistachelige Stichling (*Gasterosteus aculeatus*). Er wurde wohl in den 1950er-Jahren in den Bodensee eingeschleppt, hatte sich aber über Jahrzehnte hinweg relativ unscheinbar in Ufernähe aufgehalten. Doch seit 2012 vermehrt er sich explosionsartig, zudem hat er das Freiwasser als Lebensraum entdeckt. Dort macht er nun zeitweise mehr als 90 Prozent der Fische aus. »Uns ist weltweit kein anderes Beispiel bekannt, in welchem der Stichling das Freiwasser eines so großen und nährstoffarmen Sees wie des Bodensees in so kurzer Zeit dominieren kann – und das dauerhaft«, stellt Alexander Brinker fest.

Natürlicherweise war diese Seeregion bisher die Domäne der Felchen. Die haben nun nicht nur einen massiven Konkurrenten um die Nahrung – kleine Zooplankter wie etwa Wasserflöhe –, sondern auch einen direkten Feind. Die Felchen sind zwar viel größer, doch das gilt nicht für den Nachwuchs: Der Stichling frisst nachweislich die Eier der Felchen und erbeutet auch frisch geschlüpfte Larven. Der Rekord steht bei 36 Larven, die im Magen von im Netz

gefangenen Stichlingen gefunden wurden. Gefressen wurden sie übrigens, kurz nachdem sie nach ihrer künstlichen Erbrütung in der Fischbrutanstalt im See ausgesetzt worden waren. Noch sind die Felchenlarven den Räubern schutzlos ausgeliefert. Bisher hatten sie es nicht nötig, eine Abwehrstrategie zu entwickeln, weil es für sie im Freiwasser keine Feinde gab. »Wenn ein Stichling kommt, schwimmen die ganz jungen Felchenlarven nicht weg, sondern lassen sich praktisch widerstandlos fressen«, berichtet Brinker.

Für die Felchenbestände entwickelt sich die unerwartete Massenvermehrung des Stichlings zunehmend zu einer Katastrophe. Sie haben es ohnehin schwer, zum einen, weil der nährstoffärmere See weniger Nahrung liefert als in den »fetten« Jahren der Eutrophierung, also der übermäßigen Nährstoffanreicherung. Zum anderen, weil sich der Fische jagende Kormoran in jüngster Zeit kräftig vermehrt hat und gelegentlich eben auch Felchen frisst. Und nun kommt noch die Nahrungskonkurrenz durch Quagga und Stichling hinzu, wobei letzterer zudem den Felchen Nachwuchs aktiv dezimiert.

Die Folgen für die Berufsfischerei sind gravierend. Die seit 1911 aufgezeichneten Fangzahlen für ihren »Brotfisch« zeigen, dass es immer erhebliche Schwankungen bei den Erträgen gab. Diese waren selbst in den Zeiten der starken Eutrophierung des Sees mit Werten von mehr als 80 Mikrogramm Phosphor pro Liter Seewasser ($\mu\text{g/l}$) zu verzeichnen. Damals gab es sowohl extrem gute als auch schlechte Fangjahre. Mit 600 bis 1000 Tonnen konstant hoch waren die jährlichen Erträge in der Zeit, als sich der See wieder von der übermäßigen Nährstoffzufuhr erholte und Phosphorgehalte von weniger als $35 \mu\text{g/l}$ aufwies. Als dann der Wert unter $10 \mu\text{g/l}$ sank, wurden zunehmend weniger Felchen gefangen.

Mit Netzen und Reusen Stichlinge fangen

Seit sich aber nun der Stichling so massenweise vermehrt, gehen die Felchenerträge noch weitaus stärker zurück: auf gerade einmal 21 Tonnen im Jahr 2022 – ein Einbruch von mehr als 80 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Dies rief die für den Fischfang am See zuständige Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei (IBKF) auf den Plan. Sie hat im Juni 2023 ein Maßnahmenpaket beschlossen, um, wie es heißt, »die Felchen zu schonen und eine nachhaltige Fischerei zu erhalten«. Seit Anfang 2024 gilt nun eine dreijährige Schonfrist für die Felchen. Außerdem will man das Aussetzen junger Felchen aus Brutanstalten optimieren. Um den Fischern zu helfen, werden zusätzliche Netztypen erlaubt, die den Fang der zunehmend wichtiger werdenden Wirtschaftsfischarten Rotaugen, Barsch, Hecht und Wels erleichtern.

Als weitere Maßnahme sollen laut IBKF die »Nutzungs- und Eindämmungsmöglichkeiten der invasiven gebietsfremden Stichlinge« geprüft werden. Im Klartext bedeutet dies, mit geeigneten Fanggeräten massiv gegen den Stich-



Bodenseefelchen (*Coregonus wartmanni*)



Die »Kormoran«
auf Einsatzfahrt

ling vorzugehen. Das könnte auch durchaus Sinn machen, zumal die Experten der Fischereiforschungsstelle zusammen mit Kollegen der Technischen Universität München kürzlich eine mögliche Erklärung für die Stichlingsinvasion im Freiwasser gefunden haben. Sie haben die Zusammensetzung der Fettsäuren von Stichlingen untersucht, die einerseits am Ufer und andererseits im Freiwasser leben und auch deren Mageninhalte analysiert. »Die Stichlinge im Freiwasser sind signifikant besser mit Omega-3-Fettsäuren versorgt als ihre Artgenossen am Ufer, die sich sogar im Mangel befinden«, fasst Brinker das Ergebnis zusammen. Die Nahrung im Freiwasser sei somit deutlich hochwertiger als am Ufer. »Der Lockstoff Fett könnte eine plausible Erklärung für die äußerst ungewöhnliche Wanderung der Stichlinge vom Ufer ins Freiwasser sein.«

Doch warum geschah das ausgerechnet im Jahr 2012? Auch dafür haben die Forschenden eine mögliche Erklärung. In diesem Jahr gab es ungewöhnlich wenige Fische und hier insbesondere wenige Felchen im Freiwasser. Sie konkurrierten dort also kaum um Nahrung und Platz. Das war womöglich die Chance für die Stichlinge, die sie für ihre Invasion nutzten. Und nachdem sie diesen Lebensraum erobert haben, behalten sie ihn auch – »zum Leidwesen der Felchen«, wie es Alexander Brinker formuliert.

Er hält auch den Plan für sinnvoll, mit Netzen und Reusen massenweise Stichlinge wegzufangen. Auf diese Weise verringern sich sowohl die Konkurrenz um Nahrung als auch die Gefahr für die nachwachsenden Felchen, von Stichlingen gefressen zu werden. Und wenn durch die dreijährige Schonung der Bestand der Felchen im Freiwasser wieder zunimmt, könnte ihre Dichte wieder so hoch werden, dass sie die dort vorhandenen Nahrungsquellen selber effektiv nutzen können. »Die hochwertige Zooplanktonnahrung würde dann nicht mehr so einfach als Anreiz für die stacheligen Invasoren dienen«, erläutert Brinker.

Die Forschungsergebnisse der letzten Jahre und insbesondere die Erkenntnisse aus dem großen Projekt »SeeWandel« zeigen einmal mehr, wie komplex das Ökosystem des Sees ist. Und dass es sich lohnt, in seine Reinhaltung zu investieren. So gibt es nach der »Abmagerungskur« des Sees – also den umfangreichen Sanierungsmaßnahmen zur Eindämmung der Nährstoffgehalte – wieder viele Arten, die an nährstoffarme Bedingungen angepasst sind. Nun aber muss sich der See neuen Herausforderungen stellen, die vor allem der Klimawandel und invasive Arten wie Quagga-Muschel und Stichling mit sich bringen. Den Forschenden geht die Arbeit also nicht aus: Sie wollen diese Entwicklungen in weiterführenden Projekten untersuchen.

Über den Autor

Klaus Zintz ist in Stuttgart geboren, hat an der Uni Hohenheim Biologie und Kommunikationswissenschaften studiert und war mehr als drei Jahrzehnte Wissenschaftsredakteur bei der *Stuttgarter Zeitung*. Seiner Liebe zum Bodensee und zu Oberschwaben ist er aber treu geblieben. Er hat über die Blitzenreuter Seenplatte bei Ravensburg promoviert, schreibt regelmäßig über den Bodensee und leitet als Lehrbeauftragter der Uni Hohenheim sowohl die seenkundliche als auch die Wasservogelkursion an den See.

Literatur und Quellen:

IGKB www.igkb.org
 Forschungsprojekt SeeWandel <https://seewandel.org>
 Faktenblatt Quagga https://m.igkb.org/docs/Faktenblatt_Quagga.pdf
 Stichlinginvasion im Freiwasser:
 Escaping malnutrition by shifting habitats: A driver of three-spined stickleback invasion in Lake Constance. Jan Baer, Sabrina Ziegler, Mark Schumann, Jürgen Geist, Alexander Brinker. *Journal of Fish Biology*, November 2023.
 Escaping malnutrition by shifting habitats: A driver of three-spined stickleback invasion in Lake Constance – Baer – *Journal of Fish Biology* – Wiley Online Library