

INFORMATIONEN RUND UM DEN BODENSEE

Massive Ausbreitung....Seite 2
Quagga verändert Ökosystem.

Felchen unter Druck....Seite 3
Stichling verdrängt «Brotfisch».

Pflanzenschutzmittel....Seite 4
IGKB thematisiert Spurenstoffe.

Phytoplankton.....Seite 5
Kieselalgen dominieren.



Die Quagga-Muschel hat innerhalb weniger Jahre den ganzen Bodensee besiedelt. Unter anderem setzt sie sich auch auf den Installationen der Trinkwasserversorgung fest. (Bild: Eawag, Linda Haltiner & Christoph Walcher)

DER BODENSEE VERÄNDERT SICH

Fünfeinhalb Jahre lang haben Forschende aus drei Ländern den Einfluss und die Wechselwirkungen von Stressfaktoren auf das Ökosystem des Bodensees untersucht. Nun ist das aus 13 Teilprojekten bestehende große Forschungsvorhaben «SeeWandel: Leben im Bodensee – gestern, heute und morgen», das die IGKB angestoßen hat, mit zwei großen Abschlussveranstaltungen in Konstanz zu Ende gegangen. Das Ergebnis fasst Projektleiter Piet Spaak von der Eawag, dem Wasserforschungsinstitut der ETH Zürich so zusammen: «Das Ökosystem des Sees ist weitaus komplexer, als sich das viele vorstellen konnten.»

Invasive Arten

Ausgangspunkt für das Projekt war die Frage, wie resilient der See ist. Insbesondere wollte man wissen, ob sich der See nach der massiven Nährstoffanreicherung seit Mitte des vergangenen Jahrhunderts wieder in Richtung seines ursprünglichen Zustandes bewegt oder bleibend verändert hat.

Seit 2018 haben Fachleute von sieben Forschungsinstitutionen in Deutschland, Schweiz und Österreich untersucht, welche Bedeutung und Wechselwirkungen die verschiedenen Einflussfaktoren haben. Besonders im Blick hatten sie dabei den seit den 1970er Jahren zu beobachtenden Nährstoffrückgang sowie die rückläufigen Fischfänge und das Auftreten gebietsfremder und invasiver Arten, vor allem

von Quagga-Muschel und Stichling. «Jetzt verstehen wir, dass es invasive Arten im See gibt, die das ganze System durcheinanderbringen. Und die tragen auch dazu bei, dass weniger Fische gefangen werden», zieht Spaak ein wichtiges Fazit aus den Erkenntnissen des Projekts.

Einfluss des Klimawandels

Erfreulich ist aber, dass momentan wieder viele Arten dominieren, die an nährstoffarme Bedingungen angepasst sind. Die Erholung könnte aber nur von kurzer Dauer sein, da sich der Bodensee unter dem Einfluss von Klimawandel und invasiven Arten derzeit massiv verändert. Ob diese Entwicklung auch in Zukunft anhält, wollen die Forschenden in weiterführenden Projekten untersuchen.



Die Quagga-Muschel (dunkle Bereiche im Bild) hat innerhalb weniger Jahre den ganzen Bodensee besiedelt. Über der Muscheln schwebt ein Probenahmegerät. (Bild: zvg)

QUAGGA-MUSCHEL BEEINFLUSST SEE

Taucher haben die Quagga-Muschel zum ersten Mal 2016 im Bodensee entdeckt. Seit diesem Fund bei Wallhausen im Überlinger See hat sich die ursprünglich aus dem Schwarzmeergebiet stammende Muschel massiv ausgebreitet.

Die rapide Verbreitung der Quagga-Muschel weckt Erinnerungen an die Invasion der mit ihr nahe verwandten Zebra- und Wandermuschel. Die auch Wandermuschel genannte Art breitete sich in den 1960er Jahren rasch im Bodensee aus und vermehrte sich massenhaft. Es dauerte einige Zeit, bis sich das Ökosystem auf den Neankömmling eingestellt hatte und Wasservögel die Muschel in ufernahen Regionen als ergiebige Nahrungsquelle entdeckten. Inzwischen hat die Quagga die Zebra- und Wandermuschel fast vollständig verdrängt.

Quagga-Muschel im Vorteil

Wie Zebra- und Wandermuscheln von der Quagga richtiggehend überwuchert werden, lässt sich beobachten, wenn man Steine und andere harte Substrate untersucht, die von beiden Muschelarten besiedelt werden. Die Quagga-Muschel ist gegenüber der Zebra- und Wandermuschel nicht zuletzt deshalb im Vorteil, weil sie auch weiche Substrate als Lebensraum nutzt, etwa schlammigen Untergrund. Hin-

zu kommt, dass sie bis in grosse Tiefen siedeln kann. So wurde die invasive Muschelart im Bodensee bereits auf einer Tiefe von 250 Meter gefunden, der tiefsten Stelle des Bodensees.

Teure Schutzmaßnahmen nötig

Ihre Anpassungsfähigkeit macht die Quagga für die Trinkwasserwerke zum Problem. Das Entnahmebauwerk der Bodenseewasserversorgung zum Beispiel liegt rund 60 Meter unter der Wasseroberfläche – Zebra- und Wandermuscheln finden sich in dieser Tiefe keine, Quaggas aber schon. Die Wasserwerke sind deshalb gezwungen, aufwendige und teure Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Wirkungsvoll ist zum Beispiel, das einfließende Rohwasser einer Mikrofiltration zu unterziehen, wodurch die winzigen Larven der Muscheln herausgesiebt werden. Auch wenn Wasser für andere Zwecke entnommen wird, etwa für Wärmepumpen, müssen entsprechende Schutzmaßnahmen ergriffen werden, damit die Maschinen und Leitungen nicht von der Muschel besiedelt werden.

Konkurrenz um Nahrungsquelle

Seit 2018 hat das Forschungsprojekt SeeWandel die Quagga-Muschel untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Besiedlung gravierende Folgen für das Ökosystem haben könnte. Unter anderem filtern die Muscheln Nahrungsteilchen und Nährstoffe aus dem See, die dann möglicherweise anderen

Arten fehlen. Unter anderem frisst die Quagga dem Zooplankton das Futter weg – mit negativen Folgen für die Fische. Denn insbesondere Felchen aber auch die Jungfische aller anderen Arten nutzen Zooplankton als Nahrungsquelle.

Vergleich mit Nordamerika

Wie sich die durch die Quagga im Bodensee hervorgerufene Störung des Ökosystems in Zukunft auswirken könnte, zeigt ein Vergleich mit den Großen Seen in Nordamerika. Diese sind zwar viel größer als der Bodensee, doch im Hinblick auf Tiefe, Nährstoffgehalt und Sauerstoffverteilung durchaus vergleichbar. In den nordamerikanischen Seen haben Populationsdichte und Biomasse der Quagga in den vergangenen Jahrzehnten stetig und teilweise massiv zugenommen.

Biomasse wächst weiter

Gestützt auf die Entwicklung in den Großen Seen rechnen die SeeWandel-Forschenden damit, dass sich die derzeit zu beobachtende schnelle Ausbreitung der Quagga im Bodensee fortsetzen wird. In den nächsten 25 Jahren werde deren Biomasse «höchstwahrscheinlich um den Faktor acht bis zwölf» zunehmen. Zu erwarten sei auch, dass diese Entwicklung ähnlich gravierende Auswirkungen haben werde wie die übermäßige Nährstoffanreicherung (Eutrophierung), die der Bodensee Mitte des 20. Jahrhunderts erlebte.

STICHLING VER- DRÄNGT FELCHEN

Den Felchen im Bodensee geht es nicht gut. Seit Jahren verfangen sich immer weniger dieser schmackhaften Fische in den Netzen der Berufsfischer. Schuld daran sind nicht zuletzt die Stichlinge.

In den vergangenen Jahren sind die Felchen-Fänge dermaßen zurückgegangen, dass die Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei (IBKF) im Juni dieses Jahres ein Maßnahmenpaket beschlossen hat, um «die Felchen zu schonen und eine nachhaltige Fischerei zu erhalten». Unter anderem gilt ein dreijähriges Fangverbot für den Fisch. Mögliche Gründe für die besorgniserregende Entwicklung werden derzeit von verschiedenen Institutionen intensiv untersucht. Die gravierenden Veränderungen in der Fischgemeinschaft sind auch ein Schwerpunkt des Forschungsprojekts SeeWandel.

Für die Felchen, den «Brotfisch» der Berufsfischerei am Bodensee, sind seit 1911 detaillierte Fangzahlen verfügbar. Sie zeigen, dass es bei den Erträgen immer starke Schwankungen gab. So auch in den Zeiten der starken Nährstoffanreicherung des Sees mit Werten von mehr als 80 Mikrogramm Phosphor pro Liter Seewasser ($\mu\text{g/l}$). Damals wechselten sich extrem gute mit schlechten Fangjahren ab. Gleichbleibend hoch waren die Erträge, als der See Phosphorgehalte von weniger als 35 $\mu\text{g/l}$ aufwies. Als der Wert dann unter 10 $\mu\text{g/l}$ sank, wurden weniger Felchen gefangen.



Der Dreistachlige Stichling *Gasterosteus aculeatus*. (Bild: Wikimedia Commons)

Massiver Einbruch der Felchen-Erträge

Seit 2012 die stürmische Verbreitung des Stichlings eingesetzt hat, wird ein weiterer erheblicher Rückgang der Felchen-Erträge verzeichnet. 2022 erlebte die Fischerei einen Einbruch von mehr als 80 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Bei diesem Rückgang müssen andere Faktoren eine entscheidende Rolle gespielt haben als die zurückgegangene Nährstoffbelastung. Die Forschungsergebnisse der letzten Jahre zeigen, dass die Felchen stark unter Druck des Stichlings geraten sind.

Früher hielt sich dieser kleine, nur bis zehn Zentimeter lange Fisch praktisch ausschließlich in Ufernähe auf. Inzwischen hat er aus bisher unbekannten Gründen das Freiwasser erobert und macht hier rund 90 Prozent der Fischindividuen aus. Da die Felchen viel größer sind, verkörpern sie zwar immer noch etwa drei Viertel der Biomasse, doch dem Felchen-Nachwuchs nützt das wenig: Der Stichling frisst die Eier

der Felchen und erbeutet auch frisch geschlüpfte Larven. Dies belegen Felchen-Larven, die Forschende im Magen von Stichlingen gefunden haben. Der Rekord liegt bei 36 Larven pro Fisch. Gefressen wurden sie kurz nachdem sie aus der Fischbrutanstalt im See ausgesetzt worden waren. Die Erklärung für dieses Massenfressen: Im Freiwasser hatten die Felchen-Larven bisher praktisch keine Feinde, weshalb sie auch keine Abwehrmechanismen entwickelt haben. Kommt hinzu, dass der Stichling sowohl dem Felchen-Nachwuchs als auch den ausgewachsenen Felchen förmlich die Nahrung wegfrisst. Große Zooplankter, von denen sich der Stichling – aber auch die Felchen – mit Vorliebe ernähren, sind im Freiwasser mittlerweile selten geworden.

Zusätzliche Wirtschaftsfischarten

Das Maßnahmenpaket der IBKF zum Schutz der Felchen zielt unter anderem auch darauf ab, den Stichling zu bekämpfen. Vorgesehen ist «die Überprüfung von Nutzungs- und Eindämmungsmöglichkeiten der invasiven gebietsfremden Stichlinge», so die IBKF. Zudem will man Anpassungen im Felchen-Besatz vornehmen und hier vor allem das Aussetzen junger Felchen aus Brutanstalten optimieren. Den Fischern soll dadurch geholfen werden, dass zusätzliche Netztypen erlaubt wurden. Dank ihnen lassen sich die Wirtschaftsfischarten Rotaugen, Barsch, Hecht und Wels, die für die Fischerei im Bodensee immer wichtiger werden, besser fangen.



Der Stichling macht im Freiwasser des Bodensees rund 90 Prozent der Fischindividuen aus. (Bild: Fischereiforschungsstelle BW)

FORTSCHRITTE IM KAMPF GEGEN SPURENSTOFFE

Die IGKB macht Spurenstoffe regelmäßig zum Thema und setzt dabei auf Austausch und Zusammenarbeit.

Die Belastung mit Spurenstoffen ist eine der großen Herausforderungen im Gewässerschutz. Die Rückstände von zum Beispiel Medikamenten, Kosmetika und Pflanzenschutzmitteln sind zwar mit bloßem Auge nicht sichtbar, sie können aber negative Auswirkungen auf die Umwelt haben.

Wie Messkampagnen der IGKB zeigen, sind Spurenstoffe auch im Bodensee und seinen Zuflüssen nachweisbar. Dabei werden im offenen See aufgrund der großen Verdünnung geringere Konzentrationen gemessen als in den Zuflüssen. Die im Seewasser nachgewiesenen Spurenstoffe unterschreiten die Trinkwasser- und Lebensmittelgrenzwerte bisher deutlich, doch bei Bächen und Flüssen, in deren Einzugsgebiet intensive Landwirtschaft betrieben wird, oder wo der Abwasseranteil hoch ist, lassen sich negative Auswirkungen auf die Gewässerlebewesen nicht ausschließen. Die große Herausforderung beim Kampf gegen Spurenstoffe: Die Anzahl an unterschiedlichen Stoffen ist riesig und sie gelangen auf vielfältige Weise in die Gewässer.

Zentrales Thema für die IGKB

Verständlich also, dass die IGKB den Spurenstoffen viel Gewicht beimisst. «Wir befassen uns seit Jahren mit diesem Problem und werden dies zum Schutz des Bodensees auch weiterhin tun», sagt Vera Leib. Sie ist Abteilungsleiterin Gewässerqualität im Amt für Wasser und Energie des Kantons St. Gallen und Sachverständige der IGKB. Das Thema Spurenstoffe hat die IGKB unter anderem 2019 mit dem Fachsymposium «Abwasserreinigung und Siedlungsentwässerung» aufgegriffen, 2022 folgte ein Fachsymposium zum Thema «Pflanzenschutzmittel und Gewässerschutz» und anschließend im Juli 2023 lud die Internationale Boden-

see-Konferenz auf Initiative der IGKB zur Veranstaltung «Pflanzenschutzmitteleinträge in die Umwelt wirksam verhindern» ein.

Landwirtschaft sensibilisieren

An dieser Fachveranstaltung machten rund 50 Fachleute aus der Landwirtschaftsberatung und dem Gewässerschutz mit. Zuerst informierten sie sich an Vorträgen, danach erfuhren sie anhand von Praxisbeispielen wie sich Gewässerschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft konkret umsetzen lassen. Die diversen Referentinnen und Referenten waren sich einig: Gesetzliche Grenzwerte für Pflanzenschutzmittel (PSM) stärken den Gewässerschutz, nicht zuletzt, weil Überschreitungen zwingend Maßnahmen zur Folge haben müssen. Wirkungsvoll sind insbesondere die Sanierung von Waschplätzen für Spritzgeräte sowie Vorkehrungen, welche die Abschwemmung der PSM in die Gewässer verhindern. Aber auch eine korrekte Anwendung der Pflanzenschutzmittel ist zentral. Zu den Referentinnen zählte auch die St. Galler Spezialistin für Gewässer-

qualität Vera Leib. Sie unterstrich in ihrem Vortrag, wie wichtig es sei, die Landwirtschaft in die Gewässerschutzmaßnahmen miteinzubeziehen. Auslöser für dieses partizipative Vorgehen war die schlechte Qualität analysierter Gewässer im Rheintal und in der Linthebene.

Bei Untersuchungen zwischen 2018 und 2020 wurden bei allen analysierten Gewässern dieser Region Überschreitungen der Grenzwerte festgestellt. Von da an setzten sich die Umweltbehörden regelmäßig mit Vertretern der Landwirtschaft an einen «runden Tisch», um gemeinsam Maßnahmen zu besprechen. «Bereits einfache Vorkehrungen können oft eine erhebliche Reduktion der PSM-Konzentrationen bewirken», betonte Vera Leib. «Wichtig ist die Sensibilisierung und Aufklärung der Landwirte.» Zum Erfolg trügen Gespräche in kleineren Gruppen bei. Auch die Beziehungspflege mit Bäuerinnen und Bauern sei eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzung von Maßnahmen zum Schutz der Umwelt vor Pflanzenschutzmitteln.



Vera Leib, Sachverständige der IGKB, referierte bei der Veranstaltung «Pflanzenschutzmitteleinträge in die Umwelt wirksam verhindern».

DEM PHYTOPLANKTON GEHT ES GUT

Die Großen fressen die Kleinen. So lässt sich die Nahrungskette im Bodensee vereinfacht beschreiben. Am Anfang steht das Phytoplankton, der wichtigste sogenannte Primärproduzent, von dem sich das Zooplankton ernährt. Dieses wiederum ist Nahrungslieferant für die Fische. Das Phytoplankton ist aber nicht nur ein entscheidendes Glied in der Nahrungskette, es ist auch Indikator für die Gesundheit des Sees: Zusammensetzung und Menge des Planktons geben Aufschluss über dessen Wasserqualität.

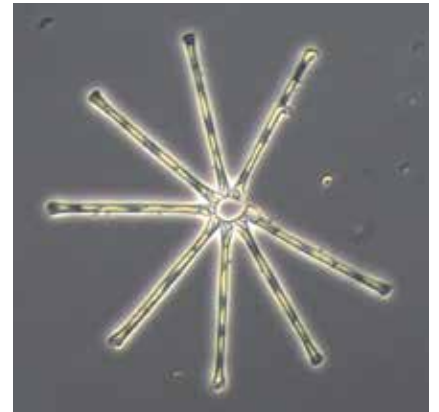
Verständlich also, dass das Phytoplankton im alle zwei Jahre veröffentlichten Bericht der IGKB zum limnologischen Zustand des Bodensees eine wichtige Rolle spielt. Diese sogenannten «Grünen Berichte» enthalten die Ergebnisse der regelmäßi-

gen limnologischen Freiwasseruntersuchungen des Bodensees ab dem Jahr 1974. Gemessen werden im Rahmen dieser Untersuchungen Parameter an fünf Messstellen in allen Bereichen des Sees.

Kieselalgen dominieren

Für Laien sind die in diesen Jahresberichten präsentierten Informationen nicht eben leichte Kost: «Die Phytoplanktonentwicklung an der Station Fischbach-Uttwil verlief 2021 typisch für einen oligotrophen Alpensee. Die Chlorophyll a-Konzentrationen (Jahresdurchschnitt 2,7 µg/l) waren insgesamt niedrig. 2021 war die Phytoplankton-Biomasse mit 0,51 mg/l im Jahresdurchschnitt auf dem gleichen Niveau wie in den letzten beiden Jahren», heisst es etwa im jüngsten «Grünen Bericht». Allgemeinverständlich fasst Petra Teiber-Siessegger vom Institut für Seenforschung der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg den Zustand des Phytoplankton so

zusammen: «Der Bodensee wird von Planktonarten der Kieselalgen dominiert. Insgesamt bleiben die durchschnittlichen Biomassen des Phytoplanktons die letzten Jahre auf niedrigem Niveau stabil.» Und was bedeutet das für die Wasserqualität des Sees? «Zusammensetzung und Biomasse des Planktons», so Petra Teiber-Siessegger, «entsprechen gemäß der Wasserrahmenrichtlinie einem guten ökologischen Zustand.»



Mikroskopische Aufnahme der Kieselalge *Asterionella formosa*. (Bild: lubw)

EDITORIAL



Im Juli 2023 wurde der Vorsitz der IGKB turnusgemäß von Bayern an Österreich/Vorarlberg übergeben. Ich möchte an dieser Stelle den Kolleginnen und Kollegen aus Bayern, allen voran Professor Martin Grambow sehr herzlich für ihren Einsatz in den vergangenen zwei Jahren danken. Gerne und natürlich auch mit etwas Stolz darf ich nun für die nächsten zwei Jahre den Vorsitz in dieser wichtigen Kommission führen. Auch als Leiter der Bezirkshauptmannschaft Bregenz,

der Genehmigungsbehörde Vorarlbergs am österreichischen Bodenseeufers, ist für mich der Schutz des wertvollen Gewässers und Naturparadieses Bodensee ein zentrales Anliegen. Ebenso wichtig ist mir, die ausgezeichnete internationale Zusammenarbeit am Bodensee weiterzuführen, die auch für viele andere Gremien beispielgebend ist. Ich baue dabei auf die sehr angenehme Zusammenarbeit mit allen Kolleginnen und Kollegen sowie auf die hohe Fachkompetenz der Gremien der IGKB.

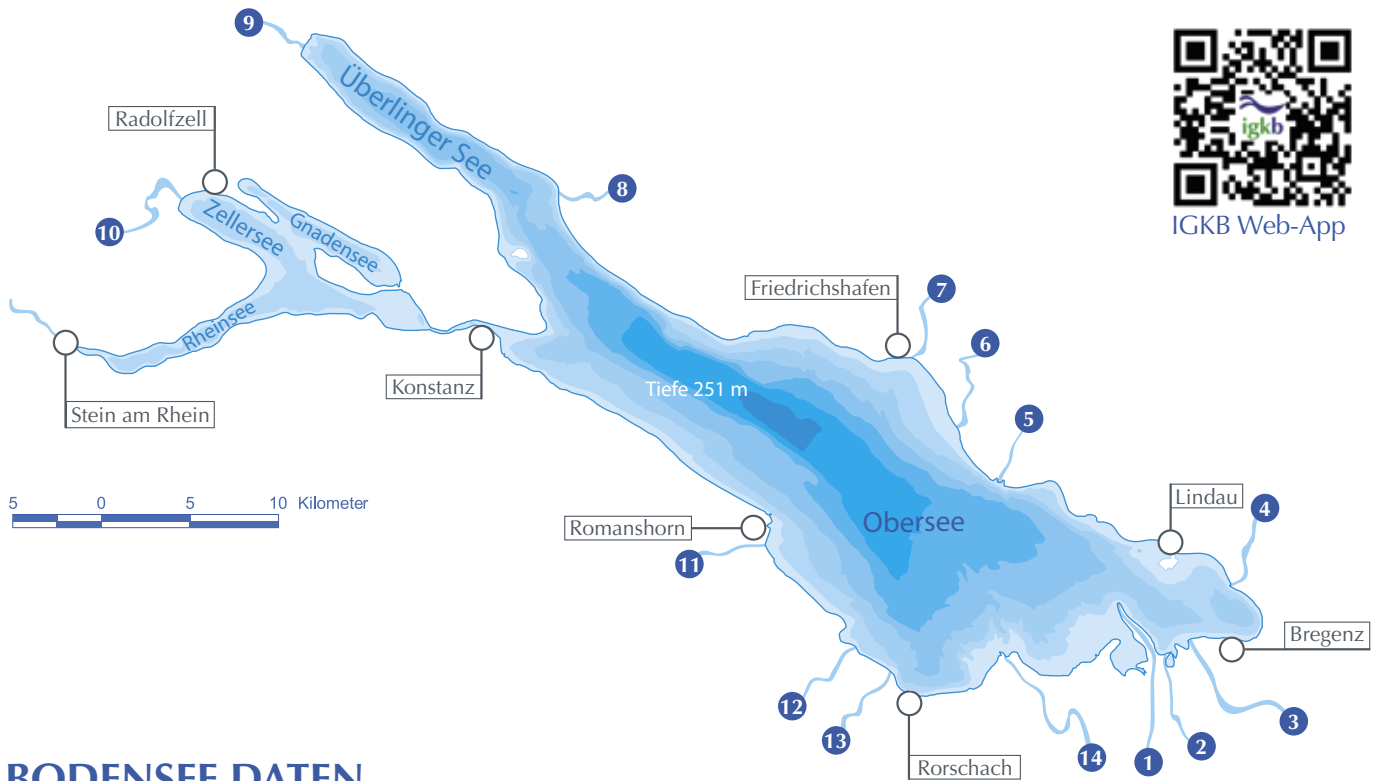
Im Frühjahr 2023 wurde das große Forschungsprojekt SeeWandel abgeschlossen, in dem wesentliche Themen für die Zukunft des Sees erörtert wurden. Beeindruckend war für mich hier vor allem die sehr gute internationale Vernetzung der Forschenden und Expert:innen. Nur im gemeinsamen Austausch über die Ländergrenzen und Fachdisziplinen schaffen wir es, die komplexen Zusammenhänge

der Seeentwicklung immer besser zu verstehen. Themen wie Spurenstoffbelastung, Klimawandel, Neozoen, wie beispielsweise Stichlinge und Quagga-Muschel, sowie die fischereiliche Bewirtschaftung machen diesen Austausch auch künftig nötig.

Wir alle spüren den großen Nutzungsdruck auf den See und seine Uferbereiche. Ganz gleich ob es sich dabei um Freizeit- oder Badeeinrichtungen, Schifffahrtsanlagen oder Werke zur Energiegewinnung handelt, ist es wesentlich, gemeinsam mit allen Anrainerländern und zusammen mit Expert:innen den richtigen, für den See verträglichen Weg zu finden. Ich freue mich, die Arbeit der IGKB in den nächsten zwei Jahren als Vorsitzender begleiten zu dürfen.

Dr. Gernot Längle

(Bezirkshauptmann Bregenz, Vorsitzender des IGKB-Kommission 2023–2025)



BODENSEE DATEN

Seebecken: (Ober- und Untersee)		Bodenseezuflüsse:		Uferlängen:		
					in km	in %
Meereshöhe ü. NN:	395 m	1 Rhein	8 Seefelder Aach	insgesamt	273	100
Oberfläche gesamt:	536 km ²	2 Dornbirnerach	9 Stockacher Aach	Baden-Württemberg	155	57
Obersee:	473 km ²	3 Bregenzerach	10 Radolfzeller Aach	Bayern	18	7
Untersee:	63 km ²	4 Leiblach	11 Salmsach	Österreich	28	10
tiefste Stelle:	251 m	5 Argen	12 Steinach	Schweiz	72	26
Rauminhalt:	48 km ³	6 Schussen	13 Goldach			
Uferlänge:	273 km	7 Rotach	14 Alter Rhein			
größte Länge im See:	63 km					
größte Breite im See:	14 km					

Der Bodensee ist nach dem Plattensee und dem Genfersee flächenmäßig der drittgrößte See in Mitteleuropa.

SEELEXIKON

BURGUNDER-BLUTALGE

Ihr Name ist bezeichnend: Wenn sich die Burgunderblutalge massenweise vermehrt, kann sie Seen an der Oberfläche blutrot färben. Das war 1476 auch im Murtensee der Fall, nachdem die Schweizer dort das Heer der Burgunder besiegt hatten. Damals glaubten die Menschen, die rote Färbung käme vom Blut der getöteten Soldaten. Tatsächlich aber war es die Burgunderblutalge (*Planktothrix rubescens*). Sie bildet millime-

terlange rote Zellfäden und gehört zu den Cyanobakterien, auch Blaualgen genannt. Für die Farbe verantwortlich ist das rötliche Phytoerythrin, das im Zuge der Photosynthese zum Einsatz kommt.

Im Bodensee kam es von Herbst 2016 bis Frühjahr 2017 zu einer Massentwicklung der Burgunderblutalge, einer so genannten Algenblüte. Im Rahmen des großen Forschungsprojekts Seewandel gingen Forschende der Frage nach, ob solche Algenblüten in Zukunft häufiger werden. Auch wenn diese Gefahr von den Fachleuten als gering

eingestuft wird, könnte eine Blüte in Zukunft wahrscheinlicher werden. Wenn im Zuge des Klimawandels der See mehrere Jahre hintereinander im Winter nur noch schwach durchmischt wird, wachsen die Chancen, dass die Burgunderblutalge in Tiefen von weniger als 100 Meter überlebt und sich massenhaft entwickeln kann. Obwohl sie in der Lage ist, Giftstoffe zu produzieren, sehen die Fachleute indes keine Gefahr für die Trinkwasserversorgung.

Faktenblatt «Burgunderblutalge» unter www.seewandel.org

IMPRESSUM

Herausgeber:

Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)

Redaktion und Gesamtherstellung:

Thomas Blank & Matthias Nester, IGKB
Thurnher Druckerei GmbH, Rankweil

Kontakt und Bezug:

E-Mail: bodensee@igkb.org
www.seespiegel.org