



▲ Noch 1971 gab es Badeverbote – heute ist der Bodensee dank milliardenteurer Massnahmen zur Abwasserreinigung wieder so sauber wie zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Aber neue Gefährdungen drohen.

Der Bodensee – faszinierendes Ökosystem und wertvoller Trinkwasserspeicher

Dank milliardenteurer Massnahmen zur Abwasserreinigung ist der Bodensee heute wieder so sauber wie zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Doch neue Herausforderungen zeichnen sich bereits ab: Die Klimaerwärmung sorgt dafür, dass dem See immer weniger Sauerstoff bis in grosse Tiefe zugeführt wird. Und allgegenwärtige Schadstoffe aus der Umwelt sowie mögliche Gefahren durch Fracking im Einzugsgebiet sind auch am Bodensee Probleme, die es im Auge zu behalten gilt.

von Klaus Zintz

Akute Seuchengefahr – lautete die Diagnose des Regierungspräsidiums Tübingen, das auch für den Bodensee zuständig ist, und die Behörde zog die Notbremse: In Langenargen und Friedrichshafen wurden im August 1971 ganze Strandabschnitte gesperrt. «Bodensee-Strandbädern droht

die Schliessung», hiess es daraufhin in der Presse. Auch an weiteren Badeplätzen in dieser Gegend ergaben die behördlichen Untersuchungen zu hohe Werte des Fäkalbakteriums *E. coli*.

Die Bürgermeister am See beschwerten sich damals heftig über mangelnde Mass-

nahmen zur Abwasserreinigung im Hinterland. Am See habe man schon längst Kanalisation und Kläranlagen gebaut, aber was nütze das, wenn die Abwässer ungereinigt über die Schussen und andere Zuflüsse in den See gelangten und dort Strände verschmutzten, so die berechtigten Klagen der Ufergemeinden. Und so

wurde im gesamten Einzugsgebiet des Sees kräftig in moderne Technik zur Abwasserreinigung investiert – bis heute sind es vier bis fünf Milliarden Euro. Hauptziel war und ist, den Phosphorgehalt im Bodensee und damit das Nahrungsangebot für Algen auf das natürliche Mass zu reduzieren bzw. zu halten.

Der Bodensee hungert nicht

Doch es dauerte viele Jahre, bis der See endlich auf die ergriffenen Massnahmen reagierte. Erst Ende der 1970er Jahre begann der Phosphorgehalt wieder zu sinken. Heute hat er sich in etwa auf dem natürlichen Niveau eingependelt. Allerdings gelangen trotz der hochgerüsteten Reinigung in den mehr als 220 Kläranlagen im Einzugsgebiet immer noch 80 Tonnen dieses Nährstoffs über menschliches Abwasser in den See. Der Bodensee «hungert» also noch lange nicht, wie gelegentlich vermutet wird.

Die wieder hervorragende Wasserqualität des Bodensees mag zwar den Fischertrag auf das Niveau vor der Eutrophierung – also vor der übermässigen Anreicherung des Sees mit Nährstoffen – zurückführen. Sie hat aber auch zur Folge, dass man das Wasser direkt aus dem See ohne jede weitere Aufbereitung bedenkenlos trinken kann, wenn man es mit einem Probeschöpfer aus der Tiefe holt oder es wie die Bodensee-Wasserversorgung (BWV) aus 60 Meter Wassertiefe entnimmt.

Insgesamt beziehen rund fünf Millionen Menschen ihr Trinkwasser aus dem See. Daher ist es unerlässlich, dass die inzwischen wieder hohe Qualität des Bodenseewassers – die bei ausländischen Seenexperten immer wieder für ungläubiges Erstaunen sorgt – auch in Zukunft unbedingt erhalten wird. Dies gilt ebenso für das einmalige Ökosystem des Sees, das in der Vergangenheit durch die übermässige Nährstoffanreicherung, aber auch die intensive Bebauung des Seeufers mit den

damit verbundenen Mauern und Uferbefestigungen zeitweise stark bedroht war. So ging es zum Beispiel dem Bodensee-Vergissmeinnicht gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts sehr schlecht. Inzwischen tragen die intensiven Schutzmassnahmen Früchte: Die für den Bodensee typische, europaweit hochgefährdete Pflanze breitet sich wieder aus.

Der Klimawandel zeigt sich schon heute

Um dieses einmalige Gesamtsystem zu erhalten, ist es unabdingbar, den mittlerweile wieder erreichten nährstoffarmen Status des Sees zu erhalten. Dies ist auch im Hinblick auf den weltweiten Klimawandel eine wichtige Voraussetzung, um die mit der Erwärmung des Wassers einhergehenden negativen Folgen für den See besser bewältigen zu können. Und die sind bereits heute unverkennbar. Seit den frühen 1960er Jahren sind die Jahresmittelwerte der Lufttemperatur in Konstanz um etwa 0,05 °C pro Jahr gestiegen – mithin ist es heute um mehr als zwei Grad wärmer als vor 50 Jahren. Nicht ganz so steil fiel der Anstieg bei den Wassertemperaturen an der Seeoberfläche aus: um 0,03 °C pro Jahr in 0,5 Meter Wassertiefe in der Seemitte, was einem Anstieg von mehr als einem Grad in die-

sem Zeitraum entspricht. Und alles deutet darauf hin, dass die Klimaerwärmung weiter fortschreitet.

Die Erwärmung wirkt sich bereits heute auf das Geschehen im See aus, insbesondere auf sein im Jahresrhythmus schwankendes Schichtungs- und Durchmischungsverhalten. Im Winterhalbjahr kühlt sich der Wasserkörper bis in grosse Tiefe gleichmässig ab. Stürme können den See durchmischen und dabei sauerstoffreiches Wasser in die Tiefe befördern. Mit zunehmender Erwärmung wächst allerdings die Gefahr, dass Jahre, in denen der See bis weit hinab abkühlen kann, seltener werden. Hinzu kommt, dass sich der See bei höheren Temperaturen tendenziell immer zeitiger im Frühjahr erwärmt und später im Herbst abkühlt, was die Zeit der stabilen Schichtung ohne Austausch zwischen oben und unten verlängert. Insgesamt sinken so die Chancen auf eine tiefgreifende Zirkulation des Wasserkörpers und damit auf eine Auffrischung des Tiefenwassers mit sauerstoffreichem Oberflächenwasser.

Diese Entwicklung zeichnet sich bereits seit einigen Jahren ab. Bisher hat der See die Zeiten, in denen der natürliche Sauerstoffnachschub stockte, allerdings ganz

Die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee

Im Jahr 1959 wurde in St. Gallen die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) gegründet. Ihre Hauptaufgabe war und ist der Schutz des Sees. Dies bedeutete zunächst vor allem die Abwasserreinigung im gesamten Einzugsgebiet des Sees, um trotz des Bevölkerungswachstums die stetig zunehmende Menge der in den See fliessenden Nährstoffe einzudämmen.

Am 10. November 1961 trat das «Übereinkommen zum Schutz des Sees gegen Verunreinigung» in Kraft. Noch immer

bildet es die völkerrechtliche Grundlage für die gemeinsam von den Ländern und Kantonen im Einzugsgebiet beschlossenen Schutzmassnahmen. Dazu zählen heute, nachdem der See wieder so sauber wie zu Beginn des 20. Jahrhunderts ist, eine ganze Reihe neuer Aufgaben: die Renaturierung der Ufer, die Auswirkungen des Klimawandels, die Nutzung des Wärme- und Kälteinhalts des Sees für umweltfreundliche Heizung und Kühlung sowie die Erkennung möglicher Gefahren durch Schadstoffe, die in geringen Konzentrationen wirken.

Was ist Fracking?

Der Begriff «Fracking» ist eine Abkürzung für den englischen Begriff «hydraulic fracturing». Bei dieser Technik werden in tiefen Gesteinsschichten Risse erzeugt oder vorhandene Risse und Öffnungen erweitert, um im Gestein gebundene Öl- oder Gasvorkommen nutzen zu können. Das ist nur durch hohen Druck möglich. Dieser wird mit einer Flüssigkeit erzeugt, die über ein Bohrloch in die tiefen Gesteinsschichten eingebracht wird. Die Frackingflüssigkeit besteht hauptsächlich aus Wasser, das je

nach Anwendung mit Zusätzen vermischt wird. In der Geothermie wird häufig der Fachbegriff «hydraulische Stimulation» verwendet. Er bezeichnet dasselbe Verfahren, d. h. das Einpressen von Wasser in Gestein. Wegen des Einsatzes von Chemikalien in der Frackingflüssigkeit werden Gefahren für die Umwelt, insbesondere für das Grundwasser befürchtet. Ausserdem gibt es viele Wissenslücken bezogen auf den Einsatz der Chemikalien und anderer Abschnitte des Fracking-Prozesses. *Quelle: Umweltbundesamt*

gut verkräftet – allerdings nur dank der intensiven Reinhaltmassnahmen im Einzugsgebiet: Durch den wieder natürlichen Nährstoffgehalt hat sich auch die Algenentwicklung weitgehend den natürlichen Verhältnissen angepasst. Damit aber rieselt lange nicht mehr so viel abgestorbene Biomasse auf den Seegrund wie in den 1970er Jahren. Damals bestand die Gefahr, dass der Sauerstoffvorrat in Laufe der sommerlichen Stagnationsperiode aufgebraucht wird, weil die Mikroorganismen, welche die abgestorbenen Tiere und Pflanzen abbauen, für ihre Tätigkeit Sauerstoff benötigen. In jüngster Zeit sind jedoch selbst nach mehreren Winterhalbjahren ohne ausreichende Durchmischung aufgrund der geringeren mikrobiellen Abbautätigkeit im Tiefenwasser die Sauerstoffwerte am Boden nicht mehr unter sechs Milligramm pro Liter Seewasser gesunken. Werden Winter mit ungenügender Durchmischung aber zur Regel, wird sich auch der wieder sauberer gewordene

Bodensee schwer tun, das dabei entstehende Sauerstoffdefizit zu verkräften.

Umweltschadstoffe finden sich auch im See

Gleichwohl ist der Bodensee derzeit noch gut für die Zukunft gerüstet – zumindest im Hinblick auf die weitgehend auf das natürliche Mass begrenzte Zufuhr von Nährstoffen. Doch auch in anderer Hinsicht kommen neue Herausforderungen auf den See und die Seenforscher zu. Kopfzerbrechen bereiten seit einigen Jahren bestimmte Schadstoffe, die in äusserst geringen Konzentrationen nachteilige Wirkungen auf die im See vorkommenden Lebewesen entfalten können, sogenannte Mikroverunreinigungen. Dazu zählen Arzneimittelwirkstoffe, Unkraut- und Schädlingsbekämpfungsmittel sowie Industriechemikalien wie beispielsweise Flammschutzmittel. Manche dieser Verbindungen und ihrer Abbauprodukte halten sich lange in der Umwelt: Auch nach-

dem sie – wie beispielsweise das Insektizid Heptachlor – schon lange verboten sind, kann man sie noch im See nachweisen. Aber auch andere potenziell schädliche Chemikalien wie beispielsweise die Schwermetalle Blei und Quecksilber sind im See vorhanden. Teilweise stammen sie aus natürlichen Quellen, zum grössten Teil gelangten sie aber durch die Tätigkeit des Menschen in die Umwelt: Blei zum Beispiel über viele Jahrzehnte hinweg durch die Verwendung bleihaltigen Benzins und Quecksilber durch die Verbrennung von Kohle in Kraftwerken.

Für den Menschen stellen diese Substanzen in den im Bodensee gemessenen Mengen nach Überzeugung der Fachleute derzeit keine Gefahr dar. Ob dies aber auch für die Lebewesen im See gilt, ist ungewiss. Aus Gründen des vorsorglichen Umweltschutzes hat sich die EU daher entschlossen, europaweit die Konzentration einer ganzen Reihe von Schadstoffen in der Umwelt zu senken. Dazu hat sie im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie eine Liste von inzwischen 45 sogenannten prioritären Stoffen erstellt. Diese Stoffe stehen am Bodensee bereits seit einigen Jahren auf der Beobachtungsliste. Allerdings sind die Möglichkeiten, ihre Menge zu reduzieren, oft recht begrenzt. In einem grossen Forschungsprojekt an der Schussen (siehe Artikel Triebskorn) wird derzeit erprobt, wie manche dieser Schadstoffe – aber auch die Zahl unerwünschter Bakterien – im Abwasser reduziert werden können, etwa durch Aktivkohlefilterung, die sich in der Kläranlage an die bisher übliche Reinigung anschliesst.

Impressum

Herausgeber: Aqua Viva **Redaktion:** Günther Frauenlob, Dipl. Geogr., redaktion@aquaviva.ch, Salome Steiner, Dipl. Biol., salome.steiner@aquaviva.ch **Lektorat:** Dr. Martina Bauchowitz, www.wissensreich.com **Geschäftsstelle von Aqua Viva und Redaktion:** Weinsteig 192, Postfach 1157, CH-8201 Schaffhausen, Tel: 052 625 26 58, www.aquaviva.ch, Postcheck 82-3003-8 Schaffhausen, Postbank Karlsruhe BLZ 660 100 75, Konto 300 550 758 **Satz:** Diener-Grafics GmbH **Layout:** Diener-Grafics GmbH, Martin Diener, Winterthurerstrasse 58, 8006 Zürich, www.diener-grafics.ch; Konzentrat, Thomas Zulauf, www.konzentrat.ch; Günther Frauenlob, **Druck und Spedition:** Ropress Genossenschaft, Baslerstrasse 106, 8048 Zürich **Abonnementspreise 2015:** Inland Fr. 50.–, Ausland € 45.–, Einzelheft Fr. 15.–/€ 10.–, ISSN 2296-2506, Erscheinungsweise 5 x jährlich.

Nachdruck von Beiträgen aus *aqua viva* werden gestattet unter Quellenangabe und Zusand von 2 Belegen. Die veröffentlichten Beiträge geben die Meinung der Autorinnen und Autoren wieder und müssen nicht immer der Auffassung von Aqua Viva entsprechen.



▲ Fracking, Klimaerwärmung, Mikroverunreinigungen – auch in Zukunft gibt es eine Reihe möglicher Bedrohungen für den See.

Mögliche Bedrohung durch Fracking

Und in noch einer weiteren Hinsicht haben Bodenseeforscher und Umweltschützer ein wachsames Auge: auf die möglichen Folgen des Frackings, also der Gewinnung unkonventionellen Gases. Solche Lagerstätten werden auch im Bodenseeraum vermutet, sie sind allerdings bisher noch nicht näher erkundet worden. Sollen diese tief im Untergrund im Gestein eingeschlossenen Lagerstätten ausgebeutet werden, sind grosse Mengen an teilweise giftigen Chemikalien erforder-

lich. Dabei ist die Gefahr gegeben, dass diese Chemikalien ins Grundwasser gelangen – und damit womöglich auch in den Bodensee. Erst vor kurzem haben Wissenschaftler im Überlinger See im Rahmen des Forschungsprojekts «Tiefenschärfe», bei dem der See mit modernsten Methoden vermessen wird, am Seegrund Strukturen entdeckt, die offenkundig unterseeische Grundwasserquellen darstellen. Sie könnten sozusagen offene Fenster zu den landseitigen wasserführenden Schichten darstellen. Wenn diese durch Fracking-Chemikalien verschmutzt werden, hätte dies unmittelbare Auswirkungen auf das Wasser im See. Die möglichen Grundwassereintritte im See werden nun näher erforscht. Schon jetzt wird aber deutlich, dass die Gefahr einer Verschmutzung des Sees durch gefährliche Chemikalien im Grundwasser des Einzugsgebiets keineswegs hypothetisch ist.

voll begegnen zu können – eine wichtige Aufgabe für die Seenforscher. In der Vergangenheit ist dies bei der übermässig starken Anreicherung des Sees mit Nährstoffen, insbesondere mit Phosphor, gerade noch geglückt. Heute ist der See dank der massiven Gegenmassnahmen seinem natürlichen Zustand wieder recht nahe. Damit ist er nach Einschätzung der Seenfachleute auch gut für die künftigen Herausforderungen gerüstet, die vor allem der Klimawandel mit seinen möglichen Folgen für eine schlechtere Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers mit sich bringen könnte.

Umso wichtiger ist es, den erreichten nährstoffarmen Zustand zu erhalten und weiterhin alle Anstrengungen zu unternehmen, die Nährstoffzufuhr so weit wie möglich zu begrenzen. ♦



Klaus Zintz

Dr. biol, Limnologe, arbeitet als Wissenschaftsredakteur bei der Stuttgarter Zeitung und ist nebenberuflich als Seenkundler tätig.

Er ist als Redakteur des «Seespiegels» eng mit dem Langenargener Institut für Seenforschung verbunden und gemeinsam mit Herbert Löffler und Heinz Gerd Schröder Co-Autor des Buchs «Der Bodensee».

Fracking, Klimaerwärmung, Mikroverunreinigungen: auch in Zukunft gibt es eine Reihe möglicher Bedrohungen für den See. Wichtig ist, solche Gefahren rechtzeitig zu erkennen, um ihnen wirkungs-

.....
Dr. Klaus Zintz
70619 Stuttgart
k.zintz@z.zgs.de
.....