

Seespiegel

Nr. 46

Dezember
2017

Resilienz – die Selbstheilungskräfte des Bodensees

Weniger Nährstoffe, Klimawandel, neue Arten: Ein umfangreiches Forschungsprojekt will erkunden, wie der See auf Veränderungen reagiert. Wichtige Impulse dazu kommen von der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee.

Im Frühjahr 2016 hat die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) beschlossen, ein Untersuchungsprogramm zur „Resilienz des Ökosystems Bodensee“ zu starten und beim europäischen Förderprogramm Interreg einzureichen. Das Ziel ist, die Mechanismen und ökologischen Zusammenhänge näher zu erforschen, wie der See mit Stressfaktoren fertig wird. Eine wichtige Rolle dabei spielt die sogenannte Resilienz. Darunter versteht man die Selbstheilungskräfte der Natur, die

auch dem Bodensee helfen, mit den derzeit größten Herausforderungen fertig zu werden: den Folgen der übermäßigen Nährstoffanreicherung und der anschließenden Reduzierung der Nährstoffmengen – der Eutrophierung und Reoligotrophierung – sowie dem Klimawandel und der Einwanderung neuer Arten.

Mittlerweile hat sich gezeigt, dass dieses Thema in einem deutlich größeren Rahmen als ursprünglich geplant angegangen werden muss. Vor allem auch deshalb, weil neue Heraus-

forderungen auf den See zukommen: Dazu zählen insbesondere die explosionsartige Vermehrung der Stichelge, die zeitweise starke Zunahme der Burgunderblutalge sowie die Ankunft der Quagga-Muschel. Nun sollen die Folgen der Nährstoffrückgänge, des Klimawandels, der eingewanderten Arten sowie weiterer Stressfaktoren auf den See in einem umfassenden Forschungsprojekt zum Erhalt und zur Entwicklung der Biodiversität des Ökosystems Bodensee intensiv untersucht werden.

Das knapp sechs Millionen Euro teure Forschungsprojekt wird auch ganz praktische Folgen haben: Es soll die Grundlagen für zukünftige Überwachungsprogramme und das Fischereimanagement am See liefern.



Der Bodensee hat schon viele Störungen überstanden – auch den Orkan Lothar am 26. Dezember 1999.

Foto: Ulrich Schmid

Neue Art im See: die Quagga-Muschel

Die Muschel erobert sich derzeit einen Platz im See – und stellt das Ökosystem sowie seine Nutzer vor neue Herausforderungen.

Es war nur eine Frage der Zeit, bis die Quagga-Muschel auch den Bodensee erreichte. Von ihrem ursprünglichen Heimatgebiet am Schwarzen Meer hat sie sich weltweit ausgebreitet, darunter auch in Nordamerika. Seit etwa zehn Jahren ist sie nun zunehmend auch in deutschen Gewässern anzutreffen, zum Beispiel im Rhein, im Neckar, in der Donau und im Main. Mit ihren Haftfäden, Byssusfäden genannt, klebt sie sich nicht nur an Steinen und Mauern fest, sondern zum Beispiel auch an Booten. Da sie sich bevorzugt in stehenden Gewässern aufhält, ist anzunehmen, dass sie sich vor allem über Schiffe und Häfen ausgebreitet hat. Da sie sogar den Transport eines Freizeitbootes über Land von einem Gewässer ins andere überlebt, kann sie selbst isoliert gelegene Gewässer erreichen. Ob sie auf diesem Weg auch in den Bodensee gelangt ist, weiß niemand. Sicher ist jedoch, dass sie sich seit einiger Zeit im See ausbreitet, wie Sporttaucher und Gewässerbiologen berichten.

Im Rahmen der Überwachung aquatischer Neozoen im Bodensee werden Daten und Beobachtungen zu neu in den See eingewanderten wirbellosen Tierarten gesammelt. Daher wurde auch auf der Internetseite www.neozoen-bodensee.de über die erstmalige Beobachtung einer Quagga-Muschel Anfang Mai 2016 vor Wallhausen im Überlinger See durch einen Taucher berichtet – eine Beobachtung, die von einer weiteren gezielten Untersuchung bestätigt wurde. Demnach waren die größten Exemplare damals bereits über drei Zentimeter lang und damit mindestens vier Jahre alt. Bis heute hat sich die Muschel kräftig weiter vermehrt und ausgebreitet: Sie wird heute in weiten Teilen des Überlinger Sees und des Obersees sowie im Seerhein gefunden, trotz intensiver Suche bisher aber noch nicht im Untersee. Aufgrund der Funde gehen die Gewässerbiologen von einem schon



Der erste Nachweis einer Quagga-Muschel (Mitte) erfolgte vor Wallhausen. Foto: Hesselschwerdt/Hydra

länger bestehenden Vorkommen unterhalb von etwa drei Metern Tiefe aus, das sich seit dem vergangenen Jahr zunehmend bis in die Flachwasserzone ausbreitet.

Die Quagga-Muschel (*Dreissena rostriformis*) ist eng mit der in den 1960er Jahren in den Bodensee eingewanderten Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) verwandt, auch Zebromuschel oder Wandermuschel genannt. Die beiden Arten sehen sich auf den ersten Blick recht ähnlich. Allerdings hat die Quagga-Muschel eine ziemlich abgerundete Bauchseite. Gemeinsam ist beiden Muschelarten, dass ihre aus den Eiern geschlüpften Larven frei umherschwimmen, bevor sie sich an einen geeigneten Untergrund festheften und zu erwachsenen Muscheln heranwachsen.

Die Experten betrachten die Ankunft der Quagga-Muschel im

Bodensee mit gemischten Gefühlen. Vor allem besteht die Gefahr, dass sie sich in den Rohren ansiedelt, aus denen die Wasserversorger in 60 Meter Seetiefe das Trinkwasser aus dem See entnehmen. Während die im See bereits heimische Zebromuschel nicht bis in diese Tiefe vordringt, kann die Quagga-Muschel in Seen möglicherweise auch noch mit einer Tiefe von hundert Metern klarkommen.

Die Wasserwerke rund um den Bodensee beobachten die Entwicklung jedenfalls ganz genau. „Wir sind an dem Thema dran. Seit diesem Herbst wird in einem gemeinsam von den Wasserwerken getragenen Forschungsvorhaben die Wirksamkeit innovativer Verfahren zur Bekämpfung der Quagga-Muschel beurteilt und erkundet, wie sich diese umsetzen lassen“, heißt es bei der Bodensee-Wasserversorgung in Sipplingen

Neozoen im See

Aquatische Neozoen im Bodensee, kurz Anebo, hieß ein umfangreiches Forschungsprojekt, das bis zum Jahr 2006 vom Institut für Seenforschung in Langenargen koordiniert wurde. Ziel war, den Kenntnisstand über die Ausbreitung und Lebensweise von Tieren zu erweitern, die in jüngster Zeit in den Bodensee eingewandert sind – und immer noch einwandern.

Bekanntere Beispiele sind die Grobgerippte Körbchenmuschel, der Große Höckerflohkrebs und die Donauschwebegarnele.

Die Patenschaft für die Erfassung aktueller Daten zu neu eingewanderten Tierarten trägt heute die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB): Das Neozoenmonitoring informiert unter <http://www.neozoen-bodensee.de> über aktuelle Entwicklungen.

Faszinierende Steilwände

Es ist schon beeindruckend, wie steil es am Bodenseeufer vor Überlingen in die Tiefe geht. Und es ist ein phantastisches Erlebnis, in dieser schönen, zerklüfteten Steilwand zu tauchen. Aber nicht nur Hobbytauchern eröffnet sich dort eine einmalige Steilwand: Auch wissenschaftlich hat dieser Lebensraum eine ungewöhnliche Lebensgemeinschaft zu bieten – weshalb sie auch gerne das Ziel von tauchenden Biologen ist. Besonders beeindruckt die dichte Besiedelung mit Dreikantmuscheln. So berichten Taucher, dass bis zu 8000 Muscheln einen Quadratmeter der Steilwand besiedeln. Der dichte Muschelbesatz dient wiederum anderen Mitgliedern dieses bemerkenswerten lokalen Ökosystems als Lebensgrundlage: anderen Muscheln, Schnecken, Krebsen, Polypen und Süßwasserschwämmen.

Diese von den Dreikantmuscheln gebildeten „Wandteppiche“ an den Steilufern kommen dadurch zustande, dass die Muscheln sich mit ihren extrem stabilen Haftfäden, Byssus genannt, an den Felsen anheften können. So bilden sie die Grundlage für die Ansiedlung der anderen Tiere –

1817 – ein Katastrophenjahr

Vor 200 Jahren ging es den Menschen am Bodensee sehr schlecht. Am 7. Juli 1817 ereignete sich die schlimmste Überschwemmungskatastrophe seit Jahrhunderten. Wie die historischen Markierungen zum Gedenken an extreme Hochwasserereignisse zeigen, gab es auch seither keinen höheren Wasserstand mehr am See.

Besonders verheerend war das Geschehen im Einzugsgebiet des Alpenrheins. Dort wurden die Menschen im Jahr 1817 gleich dreimal vom Hochwasser heimgesucht: im Juni, Juli und ganz besonders nach dem 28. August, als der Rhein an zahlreichen Stellen die Dämme durchbrach. Über weite Strecken war die Talsohle damals vom Wasser bedeckt. Es wurde sogar befürchtet, dass der



Die zentrale Öffnung ist typisch für Süßwasserschwämme, die auf Muscheln wachsen. Foto: Brümmer

von denen manche auf diese „Aufbauhilfe“ geradezu angewiesen sind. So wachsen zwei der vier bekannten Süßwasserschwämme, die im Bodensee vorkommen, nur auf Muscheln. Die beiden anderen Arten beobachten die Taucher auch direkt auf den Felsen.

Sobald die Süßwasserschwämme auf den Muscheln aufwachsen, verändern sie ihre äußere Gestalt: Sie entwickeln sich zu kugeligen Gebilden mit einer zentralen Öffnung, die von den Tauchern nicht zu übersehen ist. Die einzigartige Lebensgemeinschaft „Steilwand Bodensee“ soll nun wis-

senschaftlich näher untersucht werden, und zwar in einer interessanten Forschungskoooperation: Mit von der Partie sind neben dem Institut für Seenforschung in Langenargen (ISF) die Wissenschaftliche Tauchgruppe der Universität Stuttgart (WiTUS) sowie das Forschungs- und Medienschiff Aldebaran. Bereits im Juni 2017 haben sich die Aldebaran und das ISF-Forschungsschiff Kormoran zu einer gemeinsamen Aktion getroffen, bei der Schüler mit Unterstützung der Baden-Württemberg-Stiftung die Unterwasserwelt des Bodensees vom Schiff aus erkundet haben.

Rhein in Richtung Walensee durchbrechen könnte.

Es waren vor allem zwei Gründe, die den See und die Flüsse in dieser Zeit so vehement über die Ufer treten ließen. Zum einen waren die Jahre



Die historischen Hochwassermarken im Hafen Bregenz zeigen, wie gewaltig die Überschwemmung 1817 war. Foto: Blank

zwischen 1810 und 1822 klimatisch bedingt ungewöhnlich kühl – nur 1818 und 1819 wurden in den Sommerhalbjahren die Durchschnittswerte des 20. Jahrhunderts erreicht. 1816 dagegen hielt sich der Schnee oberhalb von 1800 bis 2300 Meter das ganze Jahr über. Das lag vor allem an der gravierenden weltweiten Abkühlung, die der Ausbruch des indonesischen Vulkans Tambora am 5. April 1815 zur Folge hatte: Seine Aschewolke und seine Schwefelgase absorbierten das wärmende Sonnenlicht, worauf sich die gesamte Erde abkühlte.

Neben vielen anderen negativen Folgen verschob sich auch die Schneeschmelze weit in den Sommer hinein – und 1817 schmolzen zusätzlich die 1816 liegengebliebenen Schneemengen. Hinzu kamen größere Niederschlagsmengen. So nahm das katastrophale Jahr seinen Lauf.

Die Seeforelle muss immer noch kämpfen

Trotz zahlreicher Maßnahmen ist die Art noch bedroht. Ein neues Konzept zur Bewirtschaftung des Bestandes soll die Situation weiter stabilisieren.

Die Seeforelle ist eine ganz besondere Fischart: Ihr Lebensmittelpunkt ist der See, zum Laichen schwimmt sie in die Zuflüsse. Diese Wanderungen wurden ihr in der Vergangenheit aber zunehmend schwer gemacht, weil Stauanlagen für Kraftwerke und Wehre den Weg versperrten. Hinzu kamen andere negative Einflüsse, wozu der Verlust an geeigneten Laichsubstraten und Defizite in der Wasserqualität gehörten.

Die Folgen waren dramatisch: Anfang der 1970er und besonders stark in der ersten Hälfte der 1980er Jahre

brachen die Seeforellen-Bestände im Bodensee ein. Die für die Fischerei zuständige Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei (IBKF) sah sich daher gezwungen, ein Programm zur Rettung der Seeforelle auf den Weg zu bringen. Ein ganzes Maßnahmenbündel sollte den Fortbestand dieser hoch bedrohten Fischart ermöglichen: Die Schonbestimmungen wurden verschärft, Wanderungshindernisse abgebaut und am Kraftwerk Reichenau wurde ein Fischaufstieg installiert, so dass die Forellen den Rhein hinaufwandern konnten. Zudem wurden künstlich erbrütete junge Forellen in den Bodensee-Zuflüssen ausgesetzt.

Der Erfolg stellte sich rasch ein – ab Mitte der 80er Jahre ging es mit der Seeforelle wieder aufwärts. Doch seit 2010 sind die Erträge der Berufsfischer erneut rückläufig, wofür die Experten noch keine plausiblen Gründe gefunden haben. Die Angel-Fänge der Freizeitfischer blieben dagegen in jüngster Zeit ungefähr gleich hoch. Sie

liegen bei einem Drittel bis etwa der Hälfte der Berufsfischereierträge. Insgesamt wurden 2016 laut IBKF gut 3,6 Tonnen Seeforellen gefangen.

„Die Arterhaltung der Bodensee-Seeforelle kann vor dem Hintergrund der Entwicklung der Fänge noch nicht als gesichert angesehen werden,“ lautet daher das Fazit, das die Fischfachleute derzeit ziehen. Außerdem würde die Zahl der laichbereiten Fische, die in die Zuflüsse schwimmen, zwischen den verschiedenen Jahren noch zu stark schwanken. Hinzu komme, dass nach wie vor nur ein Teil der vom See in die Zuflüsse wandernden Forellen diejenigen Gewässerabschnitte erreichen, in denen optimale Laichmöglichkeiten bestehen. Insgesamt müssen die Be-

zahlen, das Schonmaß zu erhöhen, was bedeutet, dass die Fische größer werden müssen, bevor sie gefangen werden dürfen. Bisherige Untersuchungen hätten gezeigt, dass viele Seeforellen noch nicht geschlechtsreif seien, wenn sie die 50-Zentimeter-Marke erreichen.

Weiterhin mahnen die Experten, nicht in den Bemühungen nachzulassen, Hindernisse in den Zuflüssen zu beseitigen, damit die Fische auch die Oberläufe bis „zu den natürlichen Aufstiegs Grenzen“ erreichen können. Und wenn Seeforellen eingesetzt werden müssen, um einen schwachen Bestand zu stabilisieren oder neue Laichgebiete zu etablieren, dann fordern die Fachleuten strenge Regeln: So dürfen keine Seeforellen besetzt werden,

die nicht von Bodenseeforellen abstammen.

Laichbereite Seeforellen-Männchen entwickeln einen auffallenden Laichhaken am Mund. Bild: Vecsei



dingungen dort so gut sein, dass sich die abgelegten Eier zu jungen Fischen entwickeln, die in den See zurückschwimmen und erwachsene Seeforellen werden.

Um die Voraussetzungen für die Seeforellen weiter zu verbessern, hat die IBKF nun ein Bewirtschaftungskonzept für die nach wie vor bedrohte Fischart entwickelt. Dazu könnte auch

Mehr noch:
Beim Besatz soll darauf geachtet werden, dass neu besetzte Fische auch derjenigen Population angehören, die natürlicherweise in diesem Zufluss heimisch ist. Das bedeutet, dass die Fische genetisch zum Laichgewässer gehören.

Der Bericht im Internet: www.ibkf.org, Rubrik Publikationen

Wanderfisch

Die Seeforelle (*Salmo trutta forma lacustris*) ist eine Variation der Bachforelle (*Salmo trutta forma fario*). Sie lebt in nährstoffarmen, tiefen Seen mit guter Sauerstoffversorgung und Wasserqualität. Zum Laichen wandert sie in die Zuflüsse, wobei die Bodensee-Forellen früher bis zu 145 Kilometer weit geschwommen sind. Bei den Weibchen dauert es vier bis fünf Jahre, bis sie geschlechtsreif werden – bei einer Länge von mehr als 60

Zentimetern. Besonders interessant ist, dass die Zuflüsse Rotach, Alpenrhein, Goldach und Steinach im östlichen Bodensee eigene Seeforellen-Populationen aufweisen, wie genetische Untersuchungen gezeigt haben. Bemerkenswert sind auch die verwandtschaftlichen Ähnlichkeiten der Forellen aus dem deutsch-österreichischen Seegebiet – also den Zuflüssen Rotach, Leiblach und Bregenzerach – einerseits und den „Schweizer“ Forellen aus der Goldach und Steinach andererseits.

Editorial

Weltweit dient der Bodensee Gewässerexperten als Vorbild, wie sich die Eutrophierung, also die übermäßige Anreicherung eines Stehgewässers mit Nährstoffen, erfolgreich bekämpfen lässt. Obwohl die Nährstoffkonzentrationen inzwischen wieder ähnlich niedrige Werte erreicht haben wie vor der Eutrophierung, ist allerdings nicht klar, wie umfassend sich der See von diesem vom Menschen verursachten Zustand, der das Ökosystem enorm belastet hat, erholt hat. Aktuell zeichnen sich neue Herausforderungen für den See ab, zu denen vor allem der Klimawandel gehört: Er bringt nicht nur steigende Wassertemperaturen mit sich, sondern begünstigt auch das Einwandern neuer Arten, deren Ausbreitung allerdings wesentlich durch andere, ebenfalls vom Menschen verursachte Faktoren ausgelöst wird.

Wie ein See auf solche von außen kommenden Störungen reagiert, hängt entscheidend von seinen Selbstheilungskräften ab. Diese auch als Resilienz bezeichnete Fähigkeit ist eine wichtige Eigenschaft lebender Systeme, um Stresssituationen erfolgreich meistern zu können – egal ob es sich um Menschen, Tiere, Pflanzen oder Ökosysteme handelt. Allerdings funktioniert die Resilienz manchmal besser, manchmal schlechter. Für die Wissenschaft ist



Piet Spaak

es daher wichtig, den Ursachen und Funktionsmechanismen auf den Grund zu gehen, nicht zuletzt um die Selbstheilungskräfte der Systeme nach Kräften unterstützen zu können. Daher hat auch die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) großes Interesse, solche Forschungsarbeiten tatkräftig zu unterstützen.

Gerade bei einem solch umfassenden Vorhaben, das ganz verschiedene wissenschaftliche Fachkenntnisse erfordert und das zudem an einem internationalen Gewässer wie dem Bodensee stattfinden soll, geht dies allerdings nur in einem interdisziplinären Ansatz. Dieser profitiert von den bisherigen Er-

kenntnissen und Erfahrungen verschiedener Institutionen in den beteiligten Ländern. Die geplanten 13 Projekte des Forschungsvorhabens mit dem Arbeitstitel „Erhalt und Entwicklung der Biodiversität des Ökosystems Bodensee durch grenzüberschreitende Resilienzforschung und Zusammenarbeit von sieben Instituten“ – kurz Seewandel – bietet dafür die besten Voraussetzungen: So lassen sich nicht nur grundlegende Zusammenhänge erkennen, sondern auch Lösungsansätze für drängende Probleme entwickeln – etwa auf die Frage, wie man am besten mit den Massenentwicklungen der Stichlinge oder der Burgunderblutalge umgehen soll.

Wir Forscher sind überzeugt, dass uns diese Projekte helfen werden, wichtige Fragen zu beantworten. Damit können wir auch Wasserwirtschaftsfachleuten und Politikern wissenschaftlich fundierte Hilfe geben, um auch in Zukunft tragfähige Entscheidungen für das Wohl des Bodensees und der dort lebenden Menschen treffen zu können.

Piet Spaak

Leiter Aquatische Ökologie der Eawag (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz)

Erkundungen im Untergrund

Völlig ruhig ist es tief unter dem Bodenseegrund keineswegs: Immer wieder erschüttern durchaus spürbare Erdbeben die Region. Kein Wunder, schließlich kollidieren im Alpenbereich die afrikanische und die eurasische Platte, wodurch auch heute noch Erdbeben ausgelöst werden. Das macht sich zwar hauptsächlich im Rheintal bemerkbar, aber manchmal auch am Bodensee. Allerdings spielen sich auch in oberflächennahen Erdzonen tektonische Prozesse ab. Diese zu erkunden, hat sich ein Konsortium von Forschungseinrichtungen und Institutionen auf Initiative des Instituts

für Seenforschung in Langenargen (ISF) zum Ziel gesetzt. Mit Hilfe des ISF-Forschungsschiffes Kormoran werden dabei Schallwellen in den Untergrund geschickt und die zurückgeworfenen Signale analysiert.

Damit lässt sich unter anderem erkennen, wie tief die Gletscher während der vergangenen Eiszeit den Untergrund abgehobelt haben. Insbesondere lässt sich in einigen hundert Metern Tiefe unter dem heutigen Seeboden die Kontaktzone orten, oberhalb der sich während der Eiszeit

sowie in der Zeit danach die Sedimente über der alten Felsoberfläche, der Molasse, abgelagert haben. Heute ist der Bodensee an der tiefsten Stelle 251 m tief.



Vom Forschungsschiff Kormoran aus erkunden Wissenschaftler die seismischen Eigenschaften unter dem Grund des Bodensees – und stoßen auf unerwartete Details.
Foto: ISF

Bodensee-Daten

Seebecken:

bestehend aus Obersee und Untersee
 Meereshöhe ü. NN: 395 m
 Oberfläche gesamt: 536 km²
 Obersee: 473 km²
 Untersee: 63 km²
 tiefste Stelle: 251 m
 Rauminhalt: 48 km³
 Uferlänge: 273 km
 größte Länge im See: 63 km
 größte Breite im See: 14 km

Uferlängen:

	in km	in %
insgesamt	273	100
Baden-Württemberg	155	57
Bayern	18	7
Österreich	28	10
Schweiz	72	26

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

Impressum

Herausgeber:

Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)
www.igkb.org

Redaktion:

Bruno Blattner
 Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)
 vorzimmer5@um.bwl.de

Gesamtherstellung:

e. kurz + co., Stuttgart

Auflage 11000

ISSN 1025-5044

Zu beziehen:

Deutschland:
 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
 Institut für Seenforschung
 Argenweg 50/1, D-88085 Langenargen
 Tel.: 0049+7543 / 304 0
 www.lubw.baden-wuerttemberg.de
 isf@lubw.bwl.de

Bayerisches Landesamt für Umwelt
 Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
 D-86179 Augsburg
 Tel.: 0049+821 / 9071-5736
 www.lfu.bayern.de
 poststelle@lfu.bayern.de

Österreich:
 Amt der Vorarlberger Landesregierung
 Römerstrasse 15, A-6901 Bregenz
 Tel.: 0043+5574 / 511 27 405
 Fax: 0043+5574 / 511 27 495
 www.vorarlberg.at
 wasserwirtschaft@vorarlberg.at

Schweiz:
 Amt für Wasser und Energie des Kantons St. Gallen
 Lämmlisbrunnenstrasse 54
 CH-9001 St. Gallen
 Tel.: 0041+58 229 30 99
 www.wasser.sg.ch
 info.awe@sg.ch

Departement für Bau und Umwelt des Kantons Thurgau
 Verwaltungsgebäude
 CH 8510 Frauenfeld
 Tel.: 0041+58 345 51 51
 www.umwelt.tg.ch
 umwelt.afu@tg.ch

Fürstentum Liechtenstein:
 Amt für Umweltschutz
 Postgebäude
 FL-9490 Vaduz
 Tel.: 00423 / 236 75 94
 elija.kind@aus.llv.li

www.igkb.org
www.seespiegel.de



Bodenseezuflüsse

- | | |
|-------------------|------------------------|
| 1 - Rhein | 8 - Seefelder Aach |
| 2 - Dornbirnerach | 9 - Stockacher Aach |
| 3 - Bregenzerach | 10 - Radolfzeller Aach |
| 4 - Leiblach | 11 - Salmisach |
| 5 - Argen | 12 - Steinach |
| 6 - Schussen | 13 - Goldach |
| 7 - Rotach | 14 - Alter Rhein |

Seelexikon

Erkundung aus dem All

Wenn man die Temperatur in der Wüste messen will, hält man ein Thermometer über den Boden. Und wenn man den Chlorophyllgehalt – ein Maß für die Phytoplankton-Biomasse – in einem Gewässer ermitteln will, nimmt man Wasserproben und analysiert diese im Labor. Es geht aber dank der enormen Fortschritte in der Fernerkundung auch eleganter: Mit speziellen Fotosensoren an Bord von Erdbeobachtungssatelliten kann man vom Weltall aus wichtige Erkenntnisse über die Vorgänge an der Erdoberfläche sammeln. So hat ein Satellit den heißesten Fleck der Erde ermittelt: 70,7 Grad in der Wüste Lut im Osten des Iran.

Für Biologen besonders interessant sind die Chlorophyllmessungen aus dem All. Erst kürzlich gelang es Forschern, mit Hilfe des Nasa-Satelliten OCO-2 (Orbiting Carbon Observatory 2) die sogenannte solarinduzierte Chlorophyll-Fluoreszenz zu messen, die allerdings von Blättern ausgeht. Aber auch beispielsweise zur Entwicklung von Planktonblüten können Chlorophyll-Messungen aus dem All interessante Informationen liefern. Derzeit wird auch am Bodensee geprüft, wie sich solche Fernerkundungsdaten für die Routineüberwachung des Sees nutzen lassen.