

Grosser Genpool erleichtert Invasion

2. März 2021 | Sibylle Hunziker, Andri Bryner
Themen: Biodiversität | Ökosysteme

Stichlinge besetzen im Bodensee immer neue Lebensräume, in den letzten Jahren sogar das offene Wasser und die Tiefe des Sees. Eine Übersichtsstudie des Wasserforschungsinstituts Eawag im Rahmen des Projektes «Seewandel» erklärt die einzigartig vielfältigen ökologischen Anpassungen mit dem Zusammentreffen dreier Stichlings-Linien – darunter einer aus der Ostseeregion, deren Erbgut in den anderen Schweizer Seen bisher selten vorkommt.

Historisch belegt ist in der Schweiz nördlich der Alpen vor 1900 nur ein Stichlingsbestand bei Basel. Im frühen 20. Jahrhundert befürchtete der Biologe Paul Steinmann sogar, die Art könnte ganz verschwinden, da die farbenfrohen Fischchen seit dem ersten Aquarienboom in Europa in Massen gefangen und als Haustiere gehandelt wurden. Heute kommen Stichlinge in vielen Schweizer Bächen und in den meisten grossen Seen vor.

Einmalige Vielfalt

Doch während es im Genfersee nur während der Eutrophierungsphase vor dem Bau der Kläranlagen zu Massenvermehrungen kam und die Bestände heute – ähnlich wie in den Jurarandseen – relativ unauffällig im Uferbereich und einigen Zuflüssen leben, sind die Stichlinge im Bodensee in den letzten Jahren invasiv geworden. Seit 2013 verfangen sich die Winzlinge mit ihren Rückenstacheln massenhaft in den Netzen der Berufsfischer. Und sie haben fast alle Lebensräume besetzt: Neben Populationen, die ausschliesslich in Bächen oder in den Uferzonen des Sees leben, gibt es auch solche im offenen Wasser, wo sie zuletzt bis in 47 Meter Tiefe gefunden wurden. Und einige Bestände wandern vom See in die Bäche, wo sie gleichzeitig mit den Bachstichlingen laichen, trotzdem aber genetisch differenziert bleiben.

«Weltweit kennt die Stichlingsforschung in vielen Regionen Ökotypen für Bäche und Seen», sagt

Cameron Hudson, Evolutions- und Fischbiologe am Schweizer Wasserforschungsinstitut Eawag. Dass sich die kleinen Fische in einem See voll grosser Prädatoren ins offene Wasser vorwagen, hörte man früher hingegen erst vereinzelt von invasiven Stichlingen in den Great Lakes in Nordamerika. Und bisher nur bei Bodensee-Stichlingen wurde eine Laichwanderung vom See in seine Zuflüsse beobachtet, auch wenn es in Europa, Nordamerika und Asien Arten gibt, die zwischen Meer und Süsswasser wandern.



So unterschiedlich können Stichlinge im Bodensee sein. Beides sind adulte Weibchen. Oben eines aus dem freien Wasser im See, unten eines aus einem kleinen Zufluss.
(Eawag, Cameron Hudson)

Systeme unter Stress

Doch wie kam es zu dieser einmaligen Entwicklung? «Der Bodensee ist ein komplexes, dynamisches System», sagt Cameron Hudson und erinnert an schnelle Veränderungen in der Nährstoffzufuhr, Klimawandel und viele neue, zum Teil invasive Organismen wie Kaulbarsche oder Zebra- und Quaggamuscheln. Ähnlichen Veränderungen sind allerdings auch die Ökosysteme in Seen ausgesetzt, in denen Stichlinge nicht invasiv geworden sind.

In einer Übersichtsstudie, die bei *Frontiers in Ecology and Evolution* frei zugänglich ist, erklären Hudson und seine Mitautoren von der Eawag und den Universitäten Bern und Basel die spezielle Entwicklung im Bodensee mit dem Erbgut der Stichlinge und begründen ihre Erklärung mit historischen, genetischen, morphologischen und ökologischen Daten.

Die baltische Spur

Weltweit haben Stichlinge aus dem Meer im Laufe der Jahrtausende immer wieder Süsswasser-Seen und Flüsse besiedelt. Relativ jung sind Populationen im Rhein und anderen europäischen Flüssen, in die Fische erst nach der letzten Eiszeit einwanderten. Doch die Stichlinge in den Schweizer Seen sind Nachkommen von Aquarienfischen, die im 19. Jahrhundert wiederholt freigesetzt wurden und zum Teil aus ursprünglich weit entfernten Beständen stammten. Im Genfersee und den Jurarandseen etablierten sich so vor allem Stichlinge aus der Rhone. In der Ostschweiz und Süddeutschland wurden Stichlinge zunächst in den Bodenseezuflüssen dokumentiert, später auch im See. Während der Eutrophierung ab den 1960er Jahren kam es dort zu Massenvermehrungen, aber auch schnellen

Bestandeseinbrüchen.

2019 publizierte [Untersuchungen der Eawag](#) zeigen, dass das Erbgut dieser Bodensee-Stichlinge aus drei Linien stammt: Vom Rhein, von der Rhone und – anders als in der übrigen Schweiz – vorwiegend von einer osteuropäischen Linie, die erst nach der letzten Eiszeit von der Ostsee her polnische und baltische Flüsse besiedelt hat.



(A) Einheimisches Exemplar mit wenigen Platten, das zur westeuropäischen Linie gehört (Basel, 1935);

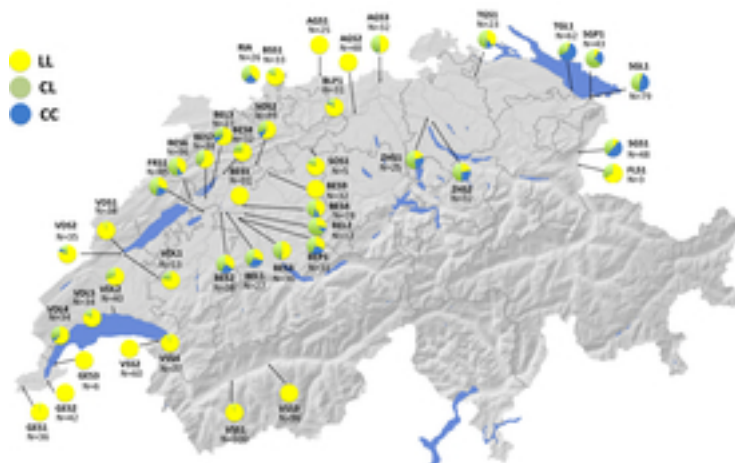
(B) voll plattiertes Exemplar von 1963 aus dem Bodensee bei Langenargen, Deutschland;

(C) grosses, voll plattiertes pelagisches Weibchen, das während der Proje Lac-Untersuchung 2014 aus dem Bodensee bei Meersburg, Deutschland, gefangen wurde.

Einmalig anpassungsfähig

Diesen einzigartigen Genpool nutzten die Bodenseestichlinge für Anpassungen an verschiedenste Lebensräume. So haben die osteuropäischen Stichlinge und ihre Nachkommen im Bodensee im Unterschied zu anderen Süsswasser-Stichlingen weder ihre Knochenschilde, noch ihre langen Stacheln verloren; damit sind sie besser geschützt vor den zahlreichen fischfressenden Vögeln und Fischen.

Diese «wehrhaften» und auch besonders grossen «Seestichlinge» jagen erfolgreich Copepoden und anderes nahrhaftes Zooplankton, wie Untersuchungen des Mageninhalts von 253 Tieren zeigen; «Bach»- und «Uferstichlinge» ernähren sich hingegen vor allem von Insektenlarven und anderen Wirbellosen, die zwar weniger nahrhaft, aber zuverlässig verfügbar sind. Und schon stellen die Biologen Fixierungen unterschiedlicher Spezialisierungen im Erbgut fest – die Anfänge der Entstehung neuer Arten.



Genetische Untersuchungen an fast 1600 Stichlingen aus der Schweiz fördern die Unterschiede der Populationen in den verschiedenen Seen zutage: Stark vereinfacht gesagt sind gelb die Allele für niedrig plattierte und blau die für voll plattierte Exemplare. Grün sind Mischformen. Details finden sich in der Originalstudie und Tabelle 2 in den den Zusatzmaterialien (nach Lucek et al. 2010).

Wie werden Arten invasiv?

Die Studie zeigt, wo weiter geforscht werden muss. So braucht es zum Beispiel weitere Mageninhaltsanalysen zu unterschiedlichen Jahreszeiten. Offen ist auch die Frage, ob Parasiten oder Prädatoren wie Kormorane, Seeforellen oder Eglis mit der Zeit eine Bestandeskontrolle aufbauen.

Vor allem wird nun beobachtet, ob die Stichlinge in anderen Schweizer Seen auch invasiv werden; denn das Erbgut der Bodenseestichlinge breitet sich derzeit weiter Richtung Westen aus, wie Eawag-Forscher schon vor einigen Jahren belegten. Diese Aussichten machen Cameron Hudson aus ökologischer Sicht Sorgen. «Aber es ist auch eine einmalige Gelegenheit, solche Vorgänge zu beobachten und besser zu verstehen, was Arten invasiv werden lässt», sagt er.



Lateinische Beschreibung des drei- und des neunstacheligen Stichlings in Guillaume Rondelet's Ausgabe "De Piscibus" von 1554.

Übersetzung: In Flüssen und Seen kann man einen kleinen Fisch finden, der nach seinen spitzen Stacheln benannt ist. Es scheint zwei Arten zu geben: Die erste ist grösser, auf dem Rücken durch nur drei Stacheln geschützt, drei am Bauch, verbunden, wie man sie auf einem Amaranth-Samen sieht, den die Franzosen *Espinar* [viroflay spinat] nennen, was der Grund ist, warum der kleine Fisch *Epinoche* oder *Epinarde* genannt wird, in Deutschland der *Stachelfisch* und in Italien der *Stratzarigla*. Die spitzen und starken Stacheln werden bei Alarm aufgerichtet, zum Beispiel um sich vor Verletzungen zu schützen. Abgesehen von den Stacheln ähneln sie einem kleinen, schuppenlosen Barsch. In Flüssen und Seen sind sie manchmal so zahlreich, dass viele glauben, sie seien der Ursprung aller anderen Fische, oder zumindest deren Beute. Wenn Teiche geleert oder ausgetrocknet werden, bleiben viele dieser Fische übrig, die von armen Leuten gesammelt werden. Die andere Art hat sechs (neun) Stacheln auf dem Rücken. Ich habe diesen kleinen Fisch im Fluss Nar gesehen, bevor er in den Tiber mündet. Die Einheimischen essen den Fisch dort. Diejenigen, die sagen, dass Stichlinge eine Art der Galeorum [Katzenhaie] sind, irren sich. Was können diese kleinen Fische und die [Katzenhaie] gemeinsam haben?

Titelbild: Eawag

Originalartikel

```
.extbase-debugger-tree{position:relative}.extbase-debugger-tree input{position:absolute
!important;float:none !important;top:0;left:0;height:14px;width:14px;margin:0
!important;cursor:pointer;opacity:0;z-index:2}.extbase-debugger-tree input~.extbase-debug-
content{display:none}.extbase-debugger-tree .extbase-debug-header:before{position:relative;t
op:3px;content:"";padding:0;line-height:10px;height:12px;width:12px;text-align:center;margin:0
3px 0 0;background-image:url(data:image/svg+xml;base64,PD94bWwgdmVyc2lvbj0iMS4wIiI8P
```


Hudson, C.; Lucek, K.; Marques, D.; Alexander

, T.; Moosmann, M.; Spaak, P.; Seehausen, O.; Matthews, B.' (167 chars) title => Threespine stickleback in Lake Constance: the ecology and genomic substrate of a recent invasion' (96 chars) journal => Frontiers in Ecology and Evolution' (34 chars) year => 2021 (integer) volume => 8 (integer) issue => '' (0 chars) startpage => 611672 (22 pp.)' (15 chars) otherpage => '' (0 chars) categories => adaptive radiation; contemporary evolution; lake constance; invasive species

; stickleback' (89 chars) description => Invasive species can be powerful models for studying contemporary evolution

in natural environments. As invading organisms often encounter new habitats during colonization, they will experience novel selection pressures. Threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus* complex) have recently colonized large parts of Switzerland and are invasive in Lake Constance. Introduced to several watersheds roughly 150 years ago, they spread across the Swiss Plateau (400–800 m a.s.l.), bringing three divergent hitherto allopatric lineages into secondary contact. As stickleback have colonized a variety of different habitat types during this recent range expansion, the Swiss system is a useful model for studying contemporary evolution with and without secondary contact. For example, in the Lake Constance region there has been rapid phenotypic and genetic divergence between a lake population and some stream populations. There is considerable phenotypic variation within the lake population, with individuals foraging in and occupying littoral, offshore pelagic, and profundal waters, the latter of which is a very unusual habitat for stickleback. Furthermore, adults from the lake population can reach up to three times the size of adults from the surrounding stream populations, and are large by comparison to populations globally. Here, we review the historical origins of the threespine stickleback in Switzerland, and the ecomorphological variation and genomic basis of its invasion in Lake Constance. We also outline the potential ecological impacts of this invasion, and highlight the interest for contemporary evolution studies.' (1634 chars) serialnumber => '' (0 chars) doi => '10.3389/fevo.2020.611672' (24 chars) uid => 22192 (integer) _localizedUid => 22192 (integer) modified _languageUid => NULL _versionedUid => 22192 (integer) modified pid => 124 (integer) Hudson, C. M.; Lucek, K.; Marques, D. A.; Alexander, T. J.; Moosmann, M.; Spaak, P.; Seehausen, O.; Matthews, B. (2021) Threespine stickleback in Lake Constance: the ecology and genomic substrate of a recent invasion, *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 611672 (22 pp.), doi:10.3389/fevo.2020.611672, Institutional Repository

SeeWandel

Seit 2005 untersuchen die Abteilungen für Fischökologie und Evolution der Eawag und der Universität Bern Stichlinge im Bodensee. Die aktuelle Studie wurde vom Projekt „SeeWandel“ mitfinanziert. Das interdisziplinäre Projekt von sieben Forschungseinrichtungen aus Deutschland, Österreich, Liechtenstein, und der Schweiz untersucht den Einfluss von Nährstoffrückgang, Klimawandel und gebietsfremden Organismen auf das Ökosystem

Bodensee. In der Stichlingsstudie diskutiert ein Team aus Gewässerökologen, Fisch- und Evolutionsbiologen den Stand der Forschung über Stichlinge im Bodensee vor dem Hintergrund der internationalen Forschung. Es werden bis zu 500 Jahre alte Quellen einbezogen, die ein gutes Bild über die historische Verbreitung der verschiedenen Stichlingstypen in Süßwasserseen und Fließgewässern West- und Mitteleuropas geben. Die Studie bietet einen Überblick für alle, die sich mit der Ausbreitung von Stichlingen in Schweizer Seen beschäftigen, und sie leistet einen Beitrag zur Forschung über invasive Organismen. >> www.seewandel.org

Kontakt



Ole Seehausen

Tel. +41 58 765 2121

ole.seehausen@eawag.ch



Blake Matthews

Group Leader

Tel. +41 58 765 2120

blake.matthews@eawag.ch



Andri Bryner

Medienverantwortlicher

Tel. +41 58 765 5104

andri.bryner@eawag.ch

<https://www.eawag.ch/de/info/portal/aktuelles/newsarchiv/archiv-detail/grosser-genpool-erleichtert-invasion>