

**Zeitschrift:** Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin  
**Band:** 22 (2010)  
**Heft:** 87

**Artikel:** Und sie leben doch  
**Autor:** Duda, Regine  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-968293>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



# Und sie leben doch

Wenn Böden und Teiche versauern, haben Frösche nur zwei Optionen: sich anpassen oder aussterben. Maternale Effekte und die genetische Vielfalt helfen ihnen zu überleben.

VON REGINE DUDA

**A**uch wenn der saure Regen aus den Schlagzeilen verschwunden ist: Es gibt ihn noch immer. Er wirkt in Böden und Gewässern weiter und entscheidet dort über Gedeih und Verderb vieler Lebewesen. Das Ausmass der Versauerung hängt davon ab, wie gut der Boden Säure puffern kann. Ist die Pufferkapazität gering, kann das Wasser in angrenzenden Gewässern stark sauer werden. Sich an diese Veränderung in der Umwelt anzupassen ist für Amphibien, die teils im Wasser, teils an Land leben, eine grosse Herausforderung. Diese meistern die Tiere nicht immer, oft gehen sie daran zugrunde. Die Versauerung könnte zumindest teilweise den seit längerem zu beobachtenden Rückgang von Amphibienpopulationen erklären.

Katja Räsänen, Gewässerökologin an der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag), geht in ihrer Arbeit der Frage nach, wie sich Moorfrösche an die Versauerung in ihrer Umwelt anpassen. Der Süden und der Westen Schwedens sind dabei für sie ein optimales Forschungsgebiet, wechseln sich doch Böden mit geringer Pufferkapazität und entsprechend sauren Teichen ab mit kalkhaltigen und gepufferten Böden, wo das Wasser der Teiche neutral ist.

«Das Bemerkenswerte ist», sagt sie, «dass wir sowohl an sauren als auch neutralen Standorten Moorfrösche finden. Sie scheinen sich lokal anzupassen.»

## Auf die Mutter kommt es an

In Kreuzungsversuchen mit Fröschen aus verschiedenen Populationen konnte die Forscherin zeigen, dass knapp 70 Prozent der Nachkommen der Weibchen aus sauren Teichen in saurem Wasser überlebten. Demgegenüber überlebten nur 20 Prozent der Tiere, deren Mütter aus neutralen Teichen stammten. Die Herkunft der männlichen Frösche hatte hingegen keinen Einfluss auf die Überlebensfähigkeit der Nachkommen. Es scheinen also maternale Effekte dafür verantwortlich zu sein, dass die Anpassung an die Bedingungen in sauren Seen von einer Generation an die nächste weitergegeben wird. Aber wie geschieht dies? «Entscheidend für das Überleben der Embryos in saurem Wasser ist das Gallert, das die Eier der Moorfrösche umhüllt», erklärt Räsänen. Im Laich der Weibchen, die nicht an die sauren Bedingungen angepasst waren, entwickelten sich die Embryos zunächst ganz normal, konnten dann aber nicht schlüpfen.

«Offensichtlich hat die saure Umgebung das Gallert so verändert, dass es wie eine Falle wirkte, aus der die Kaulquappen nicht heraus kamen. Die

Veränderung war gut sichtbar: Teile des Gallerts wurden weisslich.» Das Gallert von angepassten Weibchen blieb hingegen klar. Aus ihm schlüpfen deutlich mehr Kaulquappen. «Wir vermuten, dass die Anpassung der Weibchen an saure Umweltbedingungen sich auf die Zusammensetzung des Gallerts auswirkt», sagt Räsänen. Dieses besteht vor allem aus zuckerhaltigen Eiweissen, sogenannten Glykoproteinen. Denkbar ist, dass das Gallert von angepassten Froschweibchen andere Glykoproteine enthält, die in saurem Milieu ihre Funktionsweise beibehalten.

«Ein weiterer maternaler Faktor ist die Grösse der Eier», ergänzt Räsänen. Froschweibchen, die in saurer Umgebung leben, legen grössere, wenn auch weniger Eier als ihre Artgenossinnen in Teichen mit neutralem pH-Wert. Grössere Eier könnten in zweierlei Hinsicht ein Vorteil fürs Überleben der Nachkommen darstellen: Sie bieten den Embryos mehr Nahrung und verlieren wegen ihrer geringeren spezifischen Oberfläche – also des kleineren Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen – weniger Natriumionen an die Umgebung. «Derzeit können wir noch nicht sagen, welche Bedeutung die womöglich geringeren Natriumverluste für die embryonale Entwicklung haben», erklärt Räsänen. Das grössere Angebot an Nahrung für die Embryos zeigt hingegen deutliche Folgen für die weitere Entwicklung: Kaulquappen, die aus grösseren Eiern geschlüpft sind, entwickeln sich deutlich schneller zu Fröschen.

### Schnelle Anpassung an die Umwelt

Maternale Effekte scheinen also unter sauren Bedingungen vor allem die embryonale Entwicklung im Gallert zu begünstigen und die Entwicklung der Kaulquappen zu beschleunigen. Aber was bedingt die maternalen Effekte? «Sie können sowohl genetisch bedingt als auch eine Reaktion auf die Umwelt sein», sagt Räsänen. Sie geht beispielsweise davon aus, dass bei angepassten Weibchen die Hormone als Reaktion auf die saure Umgebung die Zusammensetzung des Gallerts beeinflussen.

Umweltbedingte maternale Effekte haben für die Frösche den Vorteil, dass sie ihnen die Möglichkeit geben, sich flexibel und schnell an neue Bedingungen ihrer Umwelt anzupassen. Denn die Weibchen können die Anpassung an die saure Umgebung auf alle Nachkommen gleichermassen und direkt bei der Geburt übertragen. Räsänen vermutet, dass diese Anpassung an stark saure Gewässer aus der Sicht der Evolution relativ schnell innerhalb von 60 bis 100 Jahren erfolgte, was ungefähr 16 bis 40 Moorfroschgenerationen entspricht. Die Entstehung des sauren



Regens wird auf die Industrialisierung zurückgeführt.

«Dennoch darf man den Einfluss der Gene nicht unterschätzen», sagt Räsänen. «Im weiteren Verlauf des Lebens der Frösche wird er wahrscheinlich immer wichtiger.» Und in den Genen scheint bei den Moorfroschen noch Potenzial zu liegen. Dies lassen die unterschiedlichen Überlebensraten von Gelege zu Gelege innerhalb von Populationen in saurem Wasser erahnen. In den Populationen aus Teichen mit neutralem Wasser überlebten durchschnittlich weniger als 50 Prozent der Nachkommen; je nach Gelege bestenfalls 75 Prozent der Embryonen und im schlechtesten Fall gar keine. Innerhalb von Populationen, die an die saure Umgebung gewöhnt waren, überlebten durchschnittlich deutlich mehr als 50 Prozent, wobei die Überlebensrate von Gelege zu Gelege zwischen 100 und fünf Prozent schwankte.

Diese Unterschiede zwischen den Gelegen innerhalb einer Population deuten auf eine genetische Vielfalt hin, die eine wichtige Voraussetzung für die Anpassungsfähigkeit der Frösche ist. Denn normalerweise bringt eine Anpassung meist Kosten mit sich. Sie entstehen, weil eine Eigenschaft meist nur auf Kosten einer anderen Eigenschaft verbessert werden kann. Dies begrenzt die Anpassungsfähigkeit von Arten und verhindert, dass Individuen einer Art ideal an alle Umweltfaktoren angepasst sein können. Räsänen ist daher optimistisch, was die Situation der Moorfrosche in Schweden angeht: «Die beobachtete genetische Vielfalt innerhalb der Populationen bedeutet, dass die Frösche im evolutionären Sinn lernen können, mit der vom Menschen gemachten Versauerung der Gewässer zu leben.» ■

Kein süsses Los:  
In Schweden müssen manche Moorfrosche (ganz links) in saurem Wasser leben. Ihre durchsichtigen Eier (oben) haben sich den neuen Bedingungen angepasst.  
Bilder: Katja Räsänen