



Genetik der Steinböcke

Anfang des 20. Jahrhunderts wurde die in der Schweiz einst ausgerottete Art wieder angesiedelt. Die neuen Steinbockpopulationen entwickelten sich grösstenteils gut. Sie wuchsen mancherorts so stark an, dass die Bestände bereits ab 1977 mit Hilfe eines nachhaltigen Jagdsystems auf einem gewünschten Niveau gehalten wurden. In den 1990er-Jahren brach der Bestand einiger Populationen jedoch ohne offensichtlichen Grund ein. Diese Bestandsrückgänge und die Ungewissheit bezüglich

deren Ursachen, veranlassten das Bundesamt für Umwelt im Jahr 2001, ein 10-jähriges Forschungsprogramm über den Steinbock zu starten. Ein Teil dieses Programms widmete sich der Genetik der Steinböcke. Damit begann unsere immer noch andauernde Steinbockforschung an der Universität Zürich. In diesem Artikel stellen wir einige Ergebnisse dieser langjährigen Forschung vor, insbesondere zur genetischen Struktur, genetischen Vielfalt und Inzucht.

Erfolgreiche Rettung vor der Ausrottung



1906 wurden erste Kitze aus dem Gran Paradiso Gebiet in die Schweiz geschmuggelt.

Vor ca. 700 Jahren war der Steinbock noch im gesamten Alpenbogen in geeigneten Lebensräumen anzutreffen. Mit dem Aufkommen von Schusswaffen begannen die Steinbockbestände ab dem 15. Jahrhundert zu schrumpfen. Zunächst verschwanden die Steinböcke aus den Ostalpen, später auch aus den Westalpen. In der Schweiz sind die Steinbockbestände zuerst in der Innerschweiz und Graubünden und zuletzt im Wallis ausgerottet worden. Schliesslich überlebten über den gesamten Alpenbogen betrachtet nur noch weniger als 200 Steinböcke in der Region des heutigen Gran Paradiso Nationalparks in Italien.

Unter dem königlichen Schutz von Vittorio Emanuele II. erholte sich dieser Steinbockbestand und Ende des 19. Jahrhunderts gab es wieder mehr als

1'000 Steinböcke im Gran Paradiso Gebiet. Im Laufe des 20. Jahrhunderts wurden im gesamten Alpenraum viele Steinbockpopulationen angesiedelt.

Die wiederholten offiziellen Gesuche aus der Schweiz, Steinböcke aus Italien zu exportieren, hat Vittorio Emanuele III. abgelehnt. Schliesslich wurden 1906 erste Kitze aus dem Gran Paradiso Gebiet in die Schweiz geschmuggelt und in zwei Wildparks aufgezogen. Die Nachkommen dieser Kitze wurden in freier Wildbahn ausgesetzt und bildeten sogenannte primäre Populationen.

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden wiederholt Steinböcke aus diesen primären Populationen an neue Orte umgesiedelt, womit sekundäre Populationen entstanden. In der Schweiz gibt es auch einige wenige tertiäre Populationen, die mit Tieren aus sekundären Populationen gegründet wurden.

Wiederansiedlungen in Italien und Frankreich verliefen ähnlich wie in der Schweiz, nur mit dem Unterschied, dass die primären Populationen direkt mit Steinböcken aus der Gran Paradiso Population gegründet wurden. Die meisten Ansiedlungen waren erfolgreich und so leben inzwischen wieder mehr als 50'000 Steinböcke im gesamten Alpenraum.

Bild Titelseite:
Die Wiederansiedlungsgeschichte ist ein grosser Erfolg, hat aber dennoch Spuren im Erbgut der Steinböcke hinterlassen.

Die Fotos in diesem Artikel stammen von Andi Hofstetter (ahofstetter.ch).

Genetische Folgen der Wiederansiedlungsgeschichte

Die Wiederansiedlungsgeschichte der Steinböcke ist ein grosser Erfolg für die Rettung der Art. Sie hat dennoch Spuren im Erbgut der Steinböcke hinterlassen, die für die Art nachteilig sein können. Jede Ansiedlung führt zu einem sogenannten genetischen Flaschenhals: Die begrenzte Anzahl an Gründertieren trägt immer nur einen Teil der genetischen Vielfalt der Ursprungspopulation in die neue Population. Der übrige Teil der ursprünglichen genetischen Vielfalt geht dabei verloren. Der Verlust von genetischer Vielfalt kann die Anpassungsfähigkeit an verändernde Umweltbedingungen schmälern, z.B. wenn die verlorenen Genvarianten diejenigen sind, die einem Steinbock verholphen hätten, mit neuen Umweltbedingungen besser zurechtzukommen.

Ein weiteres Problem ist die Inzucht, die durch die Verpaarung von verwandten Individuen entsteht. In einer Population, die von nur wenigen

Gründertieren abstammt, sind zwangsläufig viele Steinböcke miteinander verwandt. Somit haben sie häufig nur verwandte Paarungspartner zur Auswahl, so dass die Nachkommen ingezüchtet sind, auch wenn die Population wieder zu einer beträchtlichen Grösse angewachsen ist. Ingezüchtete Tiere haben in der Regel eine geringere Fitness. Das heisst, sie haben über ihr gesamtes Leben gesehen weniger fortpflanzungsfähige Nachkommen als Tiere, die weniger ingezüchtet sind. Dies kann unterschiedliche Ursachen haben, beispielsweise reduzierte Abwehrkräfte gegen Krankheiten und eine geringere Überlebenswahrscheinlichkeit. Solche Nachteile der Inzucht konnten in vielen wildlebenden Populationen nachgewiesen werden. So sind zum Beispiel Soay Schafe mit steigendem Inzuchtgrad als Lämmchen kleiner und leichter und haben als Erwachsene eine geringere jährliche Überlebensrate und pflanzen sich weniger erfolgreich fort⁽¹⁾.

Wenn ein Tier in guter körperlicher Verfassung ist und die Umweltbedingungen für Steinböcke gut sind, wachsen die Hörner innerhalb eines Jahres mehr als unter schlechteren Bedingungen.



Sowohl ein Verlust an genetischer Vielfalt wie auch ein erhöhter Inzuchtgrad sind für den Artenschutz relevant. Eine verminderte Anpassungsfähigkeit an veränderte Umweltbedingungen, aufgrund von fehlender genetischer Vielfalt, und eine reduzierte Fortpflanzungsrate von ingezüchteten Tieren können den Fortbestand von Populationen bedrohen. Darum stellte ein 2004 gestartetes Steinbock-Projekt des Bundesamts für Umwelt (BAFU) unter anderem die Frage, wo unsere Steinböcke aus Sicht der Genetik stehen. Dies hat uns an der Universität Zürich veranlasst, den Steinbock genetisch zu untersuchen. Für populationsgenetische Untersuchungen einer wildlebenden Art eignen sich Steinbockpopulationen gut. Sie leben in Bergregionen und wandern eher selten durch ein

Tal oder über Gletscher in die benachbarte Region. Dadurch lassen sich die Steinböcke in verhältnismässig klar begrenzte Populationen einteilen, die nur selten miteinander Gene austauschen. Das ist ein Vorteil für Genetiker, denn viele Modelle in der Populationsgenetik basieren auf der Annahme von genetisch isolierten Populationen, d.h. ohne genetischen Austausch untereinander. Zudem gibt es viele Steinbockkolonien, was zu mehr Datenpunkten führt. Damit sind statistische Zusammenhänge leichter zu erkennen. Auch sind Gründergeschichte, Entwicklung und Zustand der verschiedenen Steinbockpopulationen oftmals gut dokumentiert. Viel Information über die Populationen zu haben, hilft uns Wissenschaftlern, die genetischen Daten biologisch besser zu verstehen.



Alle Steinbockpopulationen in der Schweiz wurden durch Aussetzungen gegründet. Die Gründergeschichte und die jährlichen Bestände der meisten Populationen sind gut dokumentiert.

Probensammlung

Die Grundlage für unser Projekt sind die genetischen Proben von Steinböcken aus der Schweiz, Italien, Frankreich, Österreich und Deutschland. Der Grossteil der Proben der Schweizer Steinbockpopulationen wurde mit Hilfe der kantonalen Wildhut von bejagten Steinböcken entnommen. Es gibt aber auch einige Schweizer Populationen, die nur sehr wenig oder gar nicht bejagt werden, und dennoch Teil des Genetik-Projekts sein sollten. Von diesen Populationen wurden sogenannte Biopsieproben mit Hilfe eines Luftgewehrs gewonnen. Dabei wird ein kleiner Pfeil aus einer maximalen

Distanz von 25 m auf das Tier geschossen. Der Pfeil fällt durch den Rückstoss beim Aufprall sofort wieder vom Tierkörper ab und entnimmt dabei ein kleines Stück Haut.

Die Proben von der Ursprungspopulation stammen vom Gran Paradiso Nationalpark in Italien und werden während den jährlichen Markierungen von narkotisierten Steinböcken entnommen. Zusätzlich werden dort auch von jedem tot aufgefundenen Steinbock genetische Proben gesammelt.

Die Proben weiterer italienischer Steinbockpopulationen und von Populationen aus Frankreich

Hybridisierung

Der Steinbock teilt seinen Lebensraum mancherorts mit der Hausziege. Dabei kann es zu Hybridisierungen (Kreuzungen) der beiden Arten kommen, was zu lebensfähigen und sogar fortpflanzungsfähigen Nachkommen führt. Anhand genetischer Analysen konnten wir bereits 2014 erstmalig zeigen, dass heutige Alpensteinbock-Populationen Gene von Hausziegen in sich tragen, was die Masterstudentin Xenia Mürger 2021 mit weiteren Daten bestätigte. Interessanterweise gehören diese Hausziegen-Genvarianten im Erbgut des Steinbocks zu Gengruppen, die wichtig für die Immunabwehr sind. Dies könnte darauf hinweisen, dass Steinböcke mit diesen Hausziegenvarianten besser gegen Krankheiten gewappnet sind und daher möglicherweise besser überleben, beziehungsweise mehr Nachkommen haben. Tatsächlich konnte Alice Brambilla in einer anderen Studie zeigen, dass weniger Tiere auf Gamsblindheit anfällig sind, wenn es auf den Genen, die für das Immunsystem relevant sind, mehr unterschiedliche Varianten gibt. Gamsblindheit ist eine Infektionskrankheit der Augen, die neben Gämsen auch Steinböcke und Haustiere befällt und oft zu tödlichen Abstürzen führt. Kombinationen von Genvarianten können also gewisse Individuen und Populationen resistenter gegenüber einer Krankheit wie der Gamsblindheit machen.

Doch Hybridisierung kann sich auch negativ auf Wildtiere auswirken, besonders wenn Haustiere involviert sind. Deshalb wird sie im Naturschutz oft eher als problematisch angesehen. Man macht sich dabei vor allem Sorgen, dass eine Art von einer anderen durch Hybridisierung verdrängt werden könnte. Haustiere sind an eine andere Umwelt angepasst als Wildtiere und somit möglicherweise genetisch schlechter ausgerüstet für ein Leben in freier Wildbahn.

Wie Befragungen in Italien kürzlich gezeigt haben, könnte Hybridisierung zwischen Hausziege und Alpensteinbock in bestimmten Populationen viel häufiger sein als bisher angenommen. Noel Zehnder ist im Rahmen seiner Masterarbeit zusammen mit Alice Brambilla daran, solche Populationen zu beproben, um mehr über das Ausmass der Hybridisierung zu erfahren und erste Erkenntnisse zur Fitness der Hybriden in der Wildnis zu erhalten.

Steinböcke mit Hausziegen-Genvarianten an Immun-Genorten könnten besser gegen Krankheiten gewappnet sein.



Liebe Leser:innen

Dieses Teil-PDF ist der erste Teil des 12-seitigen Artikels. Über Ihre Bestellung des kompletten Artikels in unserem Shop würden wir uns sehr freuen.

Ihr Wildtier Schweiz-Team

Literatur

1. BERENOS C., ELLIS P.A., PILKINGTON J.G. & PEMBERTON J.M. (2016) Genomic analysis reveals depression due to both individual and maternal inbreeding in a free-living mammal population. *Mol. Ecol.* 25, 3152–3168
2. BRAMBILLA A., BIEBACH I., BASSANO B., BOGLIANI G. & VON HARDENBERG A. (2015) Direct and indirect causal effects of heterozygosity on fitness-related traits in Alpine ibex. *Proc. R. Soc. B-Biol. Sci.* 282
3. WILLISCH C.S., BIEBACH I., MARREROS N., RYSER-DEGIORGIS M.-P. & NEUHAUS P. (2015) Horn growth and reproduction in a long-lived male mammal: no compensation for poor early-life horn growth. *Evol. Biol.* 42, 1–11
4. BOZZUTO C., BIEBACH I., MUFF S., IVES A.R. & KELLER L.F. (2019) Inbreeding reduces long-term growth of Alpine ibex populations. *Nat. Ecol. Evol.* 3, 1359–1364
5. BIEBACH I. & KELLER L.F. (2021) Empfehlungen zur Reduktion der Inzucht und Erhöhung der genetischen Vielfalt bei bestehenden und neu gegründeten Steinbockkolonien. Abschlussbericht für das BAFU 1–50

Zu den Autorinnen

Iris Biebach hat in Deutschland Biologie studiert und mit ihrer Doktorarbeit die Steinbockforschungen zur Genetik an der Uni Zürich bei Prof. Dr. Lukas Keller gestartet. Seither forscht sie weiterhin im Bereich der Populationsgenetik an der Uni Zürich, unter anderem mit Empfehlungen der wissenschaftlichen Ergebnisse in das Wildtiermanagement.

Christine Grossen beschäftigt sich mit evolutions- und naturschutzrelevanten Fragen. Nach der Dissertation mit Laubfröschen an der Uni Lausanne, hat sie an der Uni of British Columbia in Vancouver Spechte erforscht. Seit ihrer Rückkehr in die Schweiz arbeitet sie mit dem Alpensteinbock und der Aldabra Riesenschildkröte. Im Sept. 2022 zieht sie von der Uni Zürich an die WSL um.

Heftreihe Fauna Focus

Fauna Focus finanziert sich ausschliesslich über Abonnements, Spenden und Einzelverkäufe. Wem dieses Fachheft gefällt, darf es gerne finanziell oder als Autor unterstützen.

Erscheint: 4-mal jährlich, mit 8 Ausgaben / Jahr
Jahresabonnement: Print (inkl. PDF) CHF 74.– (Ausland: EUR 79.–), nur PDF CHF 54.– (EUR 54.–)
Kündigungen: auf Ende eines Kalenderjahrs

Vereinsmitglieder von Wildtier Schweiz profitieren von 25 % Vergünstigung auf das Fauna Focus Abo.

Impressum

Herausgeber: Wildtier Schweiz
Winterthurerstrasse 92, CH-8006 Zürich
Tel. +41 (0)44 635 61 31
info@wildtier.ch, www.wildtier.ch

Redaktion: Claude Andrist und Beatrice Nussberger
Administration: Patrik Zolliker
Layout: Claude Andrist
Druck: Käser Druck AG, Stallikon

Erhältlich auf: www.wildtier.ch/shop

