



FOTO: K. VOLKMAR

# Inzucht und ihre Folgen

VERERBT UND ANGEBOREN  
Von Florian Kunz

Als ein wesentlicher Faktor in der Wildtiergenetik wird besonders bei kleinen Populationen immer wieder auf die Inzuchtproblematik hingewiesen. Inzucht klingt dabei erst einmal unmissverständlich, eine genauere Betrachtung dieses Phänomens und seiner Konsequenzen ist jedoch notwendig.

Die Inzucht und ihre Folgen beschäftigen Menschen schon seit Jahrhunderten. Während die Zucht von Nutzpflanzen und -tieren gezielt verwandte Individuen verpaarte, um bestimmte Merkmale zu fördern, fokussiert sich die moderne Wildtiergenetik meist auf die negativen Effekte, unter denen viele kleine Populationen leiden. Inzucht ist dabei immer wieder ein zentrales Thema, ob es sich nun um Gründerpopulationen, kleine Populationsgrößen oder den Aussterbestrudel handelt.

## Inzucht ist auch beim Menschen relevant

Unter Inzucht wird generell die Paarung verwandter Individuen verstanden. Dass dies negative Folgen haben kann, kennen wir aus unserer eigenen Geschichte. So war die Heiratspolitik unter nahen Verwandten zwar ein Garant zur Machterhaltung in der Familie, gleichzeitig wurden damit

aber auch Erbkrankheiten erhalten und gefördert. Die historischen Habsburger sind dafür ein bekanntes Beispiel. Zwischen 1500 und 1700 kam es besonders oft zu Vermählungen zwischen den nahe verwandten spanischen und österreichischen Linien. Als Konsequenz manifestierte sich ein typisches Erscheinungsbild: die berühmte Habsburger Unterlippe und die geknickte Nase. Dieses noch eher harmlose Merkmal endete knapp 200 Jahre später tragisch mit Karl II. von Spanien. Als Kind nach Generationen von Ehen in enger Verwandtschaft war er sowohl geistig als auch körperlich stark beeinträchtigt. Abgesehen von einer Schwester verstarben auch seine vier Geschwister bereits sehr früh, Karl selbst blieb kinderlos und mit seinem Versterben im Jahr 1700 endete schließlich die spanische Linie der Habsburger.

## Konsequenzen der Inzucht

Wie die Geschichte der Habsburger eindrücklich zeigt, kann Inzucht zu konkreten körperlichen Nachteilen führen. Diese Folgen werden allgemein als Inzuchtdepression bezeichnet. Dabei kommt es zum vermehrten Auftreten nachteiliger Varianten eines Gens. Wir alle tragen dabei ganz ungeniert einiges an nachteiligen Varianten unbemerkt mit uns in unserem Genom herum. Das ist generell kein Problem, weil wir als Individuen in den meisten Fällen eine funktionierende zweite Variante dieses Gens besitzen, die den Job übernimmt. Dies trifft so auch bei Wildtieren zu. Viele Individuen tragen nachteilige Varianten, welche sie auch zufällig weitervererben. Unter normalen, nicht inzuchtbelasteten Umständen kann die Vererbung einer nachteiligen Variante durch ein Elternteil von der funktionierenden Variante des anderen Elternteils kompensiert werden. Sind aber beide Elternteile nahe verwandt, so ist es um ein Vielfaches wahrscheinlicher, dass beide Eltern zufällig dieselbe nachteilige Variante besitzen und diese ebenfalls zufällig weitervererben. In dem simplen Beispiel eines einzelnen Gens mit einer funktionierenden Variante und einer nicht funktionierenden Variante ist das Weitervererben der beiden nicht



Bei den Habsburgern trat die Inzuchtdepression sehr offensichtlich zutage. Die Marmorbüste von Karl II. von Spanien lässt die „Habsburgerlippe“ erkennen. Er war auch der Letzte seiner Blutlinie, die mit ihm ausstarb. Eine Marmorbüste von Karl II. von Spanien, angefertigt von Paul Strude 1695, steht im Kunsthistorischen Museum Wien.



Rotwild im deutschen Hasselbusch lebt isoliert von anderen Populationen, da es durch gezäunte Autobahnen von der Außenwelt abgeschnitten ist. Es leidet unter stark verkürzten Unterkiefern und anderen Behinderungen, welche die Äsungsaufnahme erschweren. Dadurch sinkt die Überlebenswahrscheinlichkeit dieses lokalen Bestandes zusätzlich.

funktionierenden Varianten – also je eine vom Vater und eine von der Mutter – mit einer Wahrscheinlichkeit von 25 % gegeben. Zugegeben, die Genetik ist um einiges komplexer als dieses theoretische Beispiel, aber der Grundgedanke bleibt der gleiche. Ausgeprägte Inzuchtdepressionen kennen wir bereits in vielen Wildtierpopulationen, so zum Beispiel bei der Rotwildpopulation in Hasselbusch. Diese kleine, seit Langem isolierte Population leidet unter stark verkürzten Unterkiefern. Das als Brachgnathie bezeichnete Phänomen ist bei Cerviden generell bekannt und beim Hasselbuscher Rotwild mit hoher Wahrscheinlichkeit direkt auf die Inzuchtproblematik zurückzuführen. Während die Kausalität gar nicht so leicht beweisbar ist – dafür wäre ein

umfassendes Verständnis aller beteiligten Gene und ihrer Ausprägungen notwendig, welches wir schlichtweg nicht haben –, legen die Korrelationen und Beobachtungen den Rückschluss auf Inzuchteffekte nahe. Im Falle der verkürzten Unterkiefer zeigt sich auch eindrücklich die verminderte Überlebenswahrscheinlichkeit: Es ist schlicht schwieriger, genug Äsung aufzunehmen. Die Inzuchtproblematik reduziert die langfristige Überlebensfähigkeit dieser Population also direkt. Neben den verkürzten Unterkiefern wurden inzwischen sogar weitere körperlich nachteilige Ausprägungen entdeckt wie die Verdrehung des Gesichtsschädels. >>>

Beim „genetischen Purgings“ kommen schädliche Varianten zusammen und prägen sich in Individuen aus. Diese sterben aufgrund der körperlichen Nachteile, bevor sie signifikant zum Fortpflanzungsgeschehen beitragen konnten. Die nachkommende Generation ist somit weniger stark von den schädlichen Varianten belastet.



FOTO: UNIVERSITY OF GEORGIA





FOTO: ROLF PETERSON/MICHIGAN TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

Die nordamerikanische Insel Isle Royale war ursprünglich wolfsfrei. Der umliegende See fror in harten Wintern in den 1940ern bis zur Insel zu. Über das Eis konnten Wölfe einmalig einwandern. Fortan entwickelte sich dort eine abgeschlossene Population, die infolge der Inzucht starke Verformungen der Wirbelsäule und des Beckenknochens sowie abnorm verdrehte Schwanzwirbel aufwies.

Mit einer ähnlichen Situation sahen sich auch die Wölfe auf der Insel Isle Royale konfrontiert. Die Isle Royale ist eine Insel im Lake Superior, dem größten der sogenannten Great Lakes in Nordamerika. Ursprünglich wolfsfrei, fror der See in harten Wintern in den 1940ern bis zur Insel und bildete somit eine Brücke, über die ein paar Wölfe einwandern konnten. Fortan entwickelte sich dort eine eigene Population, die, vom Wasserkörper isoliert, zuerst florierte und dann immer mehr unter den Folgen der starken Inzucht zu leiden hatte. Unter anderem kam es zu starken Verformungen der Wirbelsäule und des Beckenknochens sowie zu abnorm verdrehten Schwanzwirbeln. Diese für einen Hetzjäger nachvollziehbarerweise sehr problematischen Inzuchtdepressionen führten schließlich fast zum Aussterben der Population, nachdem 2018 nur mehr zwei Wölfe am Leben waren. Untersuchungen des Genoms haben dabei gezeigt, dass die Isle-Royale-Wölfe nicht mehr schädliche Varianten im Genom hatten als ihre Verwandten am Festland. Auch gesunde Wolfspopulationen besitzen diese Varianten, prägen sie jedoch aufgrund der generell hohen Diversität nicht so häufig aus. Die Inzucht der Isle-Royale-Wölfe führte hingegen zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit, dass

Elternteile mit derselben schädlichen Variante Nachwuchs zeugen, weil sie nahe verwandt sind.

### Dem Schicksal ergeben?

Spannenderweise gibt es sowohl beim Rotwild als auch bei Wölfen ähnlich kleine Populationen, die ebenfalls seit Jahrzehnten von Inzucht betroffen sind, aber unter keinen Inzuchtdepressionen leiden. Wolfspopulationen im Himalaja oder des Äthiopischen Wolfs schaffen dies, ebenso die bereits bekannte Rotwildpopulation in Mesola. Wie kann es dazu kommen? Glück spielt natürlich eine Rolle, da in der Vererbung der Zufall eine große Rolle spielt. Eine etwas spannendere Theorie erklärt dieses Phänomen allerdings auch mit dem sogenannten Purgung. Beim genetischen Purgung kommen die schädlichen Varianten zusammen und prägen sich in Individuen aus. Diese Individuen sterben aufgrund der körperlichen Nachteile, bevor sie signifikant zum Fortpflanzungsgeschehen beitragen konnten. Die nachkommende Generation ist somit weniger stark von den schädlichen Varianten belastet. Purgung ist damit im Wesentlichen eine Art Selektionsmechanismus, der vor allem in kleinen Populationen ausgeprägt ist. Kompliziert wird es nun, wenn man diesen Gedanken weiterver-

folgt: So kann es vorkommen, dass eine Population, welche aus einer ehemaligen großen Population stammt, viel eher von negativen Effekten belastet ist als eine Population, die schon seit Langem von Inzucht betroffen ist. Denn die bereits seit Langem von Inzucht betroffene und dennoch überlebende Population könnte bereits viele nachteilige Gen-Varianten durch Purgung verloren haben, welche in der ehemals großen Population noch vorhanden sind.

### Aussetzen als Lösung?

Wieder einmal ist Vernetzung die Lösung. Ein funktionierender Austausch zwischen Teilgebieten sorgt für den Erhalt der genetischen Diversität und damit des Anpassungspotenzials. Zudem ermöglicht er Individuen, Paarungspartner außerhalb der nahen Verwandtschaft zu finden. Die Installation von Grünbrücken um die Hasselbuscher Rotwildpopulation in Verbindung mit Analysen der Lebensraumeignung zur Feststellung geeigneter Korridore ist notwendig, um dieser Population ein mittelfristiges Überleben zu ermöglichen.

Doch was tun, wenn eine Vernetzung schlicht nicht möglich ist? Auf der Isle Royale wurden als Notmaßnahme Aussetzungen von fremden Individuen durchgeführt. Maßnahmen wie diese sind als „genetic rescue“ bekannt und stellen im Wildtiermanagement meist die Ultima Ratio dar. Die Aussetzung fremder Individuen führt nämlich zwangsläufig zur Vermischung der Genpools und damit dem Verlust der genetischen Integrität der ursprünglichen Population. Doch wenn diese ursprüngliche Population kurz vor dem Aussterben steht, so steht der Erhalt der Population an vorderster Stelle. Der Florida-Puma ist hierfür ein Paradebeispiel. Im Englischen werden Pumas auch oft als Panther bezeichnet, was leider verwirrend ist, da im Deutschen als Schwarzer Panther keine Pumas, sondern genetisch-bedingt schwarz gefärbte Leoparden und Jaguare bezeichnet werden. Die Unterart des Florida-Pumas nahm Ende des 20. Jahrhunderts rapide ab, bedingt durch großflächigen Verlust des Lebensraums. Als Folge der langen Isolation und Inzucht innerhalb der kleinen Population wurden in den 1990ern bei den letzten 20 bis 25 Individuen diverse körperliche Inzuchtdepressionen festgestellt, unter anderem aberrante Spermien,

niedrige Hormonspiegel und sehr häufiges Auftreten von Kryptorchismus – also dem Nichtabsteigen der Hoden aus der Bauchhöhle. Diese Problematiken wirkten sich direkt auf den Reproduktionserfolg aus und Populationsimulationen ergaben damals, dass die Population mit 95 % Wahrscheinlichkeit in den kommenden Jahren aussterben wird. Im Rahmen intensiver Bemühungen wurden deshalb in einem Vorreiterprojekt 1995 acht weibliche Texas-Pumas – die benachbarte Unterart – eingefangen und in der Florida-Puma-Population ausgesetzt. Begleitet wurden diese Maßnahmen mit einem Korb weiterer Konzepte, unter anderem der Ausweisung von Schutzgebieten, um Lebensraum wiederherzustellen. Die Erfolge dieses „genetic rescue“ waren bemerkenswert: Genetische Analysen bestätigten einen rapiden Anstieg der genetischen Diversität ab dem Zeitpunkt der Aussetzung, die Population verdreifachte sich in nur wenigen Jahren und die körperlichen Beschwerden verschwanden bei den neugeborenen Pumas. Die heutige Population der Florida-Pumas besteht nun hauptsächlich aus Nachkommen hybrider Verpaarungen (Texas-Puma mit Florida-Puma) mit nur wenigen reinen Florida-Pumas, deren Anteil vermutlich weiter sinken wird. Anzumerken ist dabei aber, dass auch historisch Genfluss zwischen der Texas-Population und der Florida-Population möglich war. Eine Betrachtung der beiden Populationen als voneinander komplett unabhängig und damit der Vermischung der Genpools als nachteilig ist daher auch nicht sinnvoll. Die Rettung des Florida-Pumas gilt als Erfolgsstory im Artenschutz. Der Einsatz von „genetic rescue“-Konzepten sollte jedoch erst gar nicht notwendig werden.

### Kleine Populationen sind problematisch

Bei kleinen Populationen ist generell Vorsicht geboten. Dass auch natürlicher Gen-



FOTO: WIKIPEDIA, U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE HEADQUARTERS

Aussetzungen von fremden Individuen in gefährdeten Populationen können ein Rettungsanker sein. Solche Maßnahmen sind als „genetic rescue“ bekannt und stellen im Wildtiermanagement meist den letztmöglichen Ausweg dar. Der Florida-Puma – hier ein erwachsener Kuder – konnte damit gerettet werden.

fluss nicht immer ausreicht, um die Dinge zum Guten zu wenden, zeigt das Beispiel der Isle-Royale-Wölfe. 1997 schaffte es ein Männchen, über das damals im Winter gefrorene Eis auf die Insel einzuwandern. Dieser Genfluss war dringend nötig und erhöhte die genetische Diversität der Population nachweislich, ähnlich der Situation der Florida-Pumas. Leider war das Männchen derart erfolgreich in der Reproduktion, dass nach nur 2,5 Generationen alle existierenden Wölfe in einer Verwandtschaft zu dem Männchen standen. Die positiven Effekte des Genflusses wurden damit um ein Vielfaches durch die negativen Effekte der starken Inzucht in den folgenden Generationen zunichtegemacht.

Es lässt sich festhalten, dass man im Wildtiermanagement gute Gründe hat, Inzuchtproblematiken zu berücksichtigen. In der Wildtiergenetik stellt die Inzucht

einen wesentlichen Faktor dar, welcher in die Begutachtung von Populationen mit einfließt. Generelle Aussagen zu treffen, ist dabei schwer, wie die in diesem Artikel genannten Beispiele zeigen. Glücklicherweise scheinen jedoch die meisten der heute kleinen Populationen noch recht gut zurechtzukommen; sicherlich auch aufgrund von noch bestehendem Genfluss zwischen Populationen. Diesen Genfluss zu erhalten und wenn nötig wiederherzustellen sollte deshalb ein Hauptziel moderner Managementstrategien sein. Sind Inzuchteffekte erst einmal manifestiert, sind der Aufwand im Management und die damit verbundenen Kosten um ein Vielfaches höher, wie diverse Aussetzungsprojekte und Naturschutzmaßnahmen bezeugen. Es gilt daher: Gut durchdachte Maßnahmen und Konzepte zur Erhaltung und Vernetzung von Populationen sind nachhaltig sinnvoll.

**Besuchen Sie unsere Website**

Sie werden garantiert fündig !!

*kurze Lieferzeiten*

IN ÖSTERREICH NUR ÜBER HÄNDLER

**www.HEYM-FABRIK.de**

**SR30 ALLRANGER**

