Christina Beck

7.5 Lösungen zu den Unterrichtsmaterialien

7.5.1 Anregungen für die Genetik

Material 1: Bauen mit Legosteinen

Aufgabe 1

Je zwei Schüler bilden eine Gruppe. Als Material stehen Legosteine unterschiedlicher Größe und Farbe zur Verfügung, die verschiedene Gene und damit auch Proteine symbolisieren. Die „Gene" sind durch Mutation entstanden.

Schüler 1 erhält einen kleinen Satz an Legosteinen. Schüler 2 bekommt einen umfangreicheren Legostein-Satz, der den kleinen Satz einschließt. Der Satz von Schüler 2 enthält darüber hinaus mehrere Exemplare von Legosteinen derselben Farbe und Größe (Beispiel für eine Genverdopplung) sowie Legosteine anderer Farbe und Größe. Baut aus euren Legosteinen nun etwas.

Überlegt, was das Legostein-Beispiel mit dem Genom und seiner Entwicklung zu tun haben könnte. Zieht ein Fazit hinsichtlich der Entstehung neuer Arten.

Das Ergebnis verdeutlicht, dass zum einen alle Bausteine miteinander kombinierbar sind (das gilt in weiten Teilen auch für Proteine in der Zelle) und zum anderen, dass Schüler 2 etwas Komplexeres bauen kann als Schüler 1.

Fazit: Die wichtigste Eigenschaft der Genomevolution besteht darin, durch genomische Änderungen biologische Neuerungen zu schaffen. Im Laufe der Evolution können diese positiv selektiert werden, sodass neue Arten entstehen.

Material 2: Untersuchung von Krankheitsgenen

Aufgabe 2

Für welche Aminosäure kodiert das Triplett CAG? Welche Veränderungen erwartest du demnach bei dem entsprechenden Protein bei Gesunden beziehungsweise bei Chorea-Huntington-Kranken?

Das Triplett kodiert für die Aminosäure Glutamin. Dementsprechend weist das Huntington-Protein bei Gesunden eine Folge von 6–39, bei Huntington-Kranken aber eine Sequenz mit 40–180 Glutaminen auf.

Aufgabe 3

Überprüfe, ob auch Mäuse das Huntington-Gen tragen und möglicherweise als Modellorganismus geeignet sind, um diese Krankheit zu untersuchen.

a Um diese Frage zu beantworten, benötigst du einen Internetzugang.

Individuelle Schülerleistung

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht.
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

b Unter „Genes“ sind verschiedene Organismen aufgeführt. Finde heraus, welche Lebewesen sich hinter den lateinischen Namen verbergen.

- *Homo sapiens* = Mensch (heute lebend, modern)
- *Pan troglodytes* = Gemeiner Schimpanse (auch Gewöhnlicher Schimpanse)
- *Canis lupus familiaris* = Haushund
- *Bos taurus* (*Bos primigenius taurus*) = Hausrind
- *Mus musculus* = Hausmaus
- *Rattus norvegicus* = Wanderratte
- *Gallus gallus* = Bankivahuhn
- *Danio rerio* = Zebrafisch

c Scrolle ein wenig nach unten zu „Protein Alignments“. Klicke nun „Show Pairwise Alignment Scores” an.
Stelle fest, wie groß die Übereinstimmung zwischen dem Maus-Huntington-Gen und dem menschlichen Huntington-Gen ist. Wie ähnlich ist das Maus-Protein dem menschlichen Huntington-Protein?

Tab. 7.2: Protein- beziehungsweise DNA-Übereinstimmungen zwischen dem Menschen und anderen Lebewesen bezüglich der Huntington-Krankheit (Algorithmus: Blast)

Homo sapiens	**Übereinstimmung (%)**		
	Symbol	Protein	DNA
vs. *Pan troglodytes*	HTT	98,6	98,6
vs. *Canis lupus familiaris*	HTT	92,0	87,3
vs. *Bos taurus*	HTT	89,5	84,3
vs. *Mus musculus*	**Htt**	**91,2**	**86,4**
vs. *Rattus norvegicus*	Htt	91,3	86,1
vs. *Gallus gallus*	HTT	84,4	75,5
vs. *Danio rerio*	htt	73,9	69,1

Zwischen dem Maus-Huntington-Gen und dem menschlichen Gen gibt es eine Übereinstimmung von 86,4 %. Die Ähnlichkeit zwischen dem Maus-Mensch-Protein beträgt 91,2 %.

d Erkläre, warum das Protein der Maus (die Aminosäuresequenz) dem menschlichen Protein ähnlicher ist als die Nukleotidsequenz.

Es gibt mehr als ein Codon, das eine bestimmte Aminosäure kodiert. Daher können zwei Organismen verschiedene Nukleotidsequenzen haben, die aber ähnliche Aminosäuresequenzen kodieren.

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht.
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

e Bei der Maus befindet sich das Huntington-Gen auf Chromosom 5, während es beim Menschen auf Chromosom 4 liegt. Erkläre, warum man das Gen nicht in beiden Organismen auf demselben Chromosom findet.

Der Mensch besitzt 46 Chromosomen (23 Paare), Mäuse haben dagegen nur 40 Chromosomen. Nicht nur die Zahl, auch die Morphologie der Chromosomen kann sich im Laufe der Evolution ändern. Die auffälligsten chromosomalen Veränderungen entstehen durch Deletionen, Duplikationen, Inversionen und Translokationen. Die Folge ist eine sehr große Variabilität des sogenannten Karyotyps.

Ergänzende Erläuterung: Die Anzahl der Chromosomen steht in keinem Zusammenhang mit der Größe der Organismen oder ihrer entwicklungsgeschichtlichen Zuordnung. Ihre Anzahl schwankt zwischen einem Chromosomenpaar (Wurm *Parascaris univalens*) und 630 Chromosomenpaaren bei bestimmten Formen des Farns *Ophioglossum reticulatum*. Der Mensch steht hinsichtlich seiner Chromosomenzahl zwischen Hafer und Ameise.

f Überlege, was passieren würde, wenn das Maus-Gen in ähnlicher Weise mutiert wie das menschliche Krankheitsgen. Würde die Maus ebenfalls an Chorea Huntington erkranken?

Ja, die Maus würde ebenfalls an Chorea Huntington erkranken.

7.5.2 Anregungen für die Ökologie

Material 3: Vogelzug – Standvögel, Zugvögel und Teilzieher

Aufgabe 4

Erkläre anhand der vorliegenden Grafik (Abb. 7.8 in Unterrichtsmaterialien) die Begriffe Standvogel, Zugvogel und Teilzieher.

Der Gimpel ist ein Standvogel, d. h. er bleibt ganzjährig im Gebiet. Dagegen zieht die Rauchschwalbe regelmäßig über sehr weite Entfernungen. Sie räumt im Herbst ihr mitteleuropäisches Brutgebiet und überwintert in einer gänzlich anderen Klimazone der Erde, nämlich in den Tropen Afrikas südlich der Sahara. Damit gehört sie zu den sogenannten Langstreckenziehern. Andere Vogelarten hingegen ziehen „nur“ bis an den Mittelmeerraum oder bis Nordafrika und werden daher als Kurzstreckenzieher bezeichnet. Zugvögel überwintern in Klimazonen, die jener ähnlich sind, in der sie brüten. Wenn nur ein Teil der Tiere im Winterhalbjahr das Brutgebiet verlässt und gen Süden zieht, während der Rest der Population vor Ort bleibt, spricht man von Teilziehern. In Mitteleuropa sind beispielsweise Stare teils Zug-, teils Standvögel. Etwa 70 % der rund 400 Brutvogelarten, die in Europa heimisch sind, gehören zu den Teilziehern.

Aufgabe 5

Erläutere, warum im Winter gerade die Vögel aus Nord- und Mitteleuropa fortziehen, die Insekten und Weichtiere fressen.

Für solche Vögel ist bei uns im Winter ihre Nahrung nicht mehr ausreichend beziehungsweise gar nicht mehr vorhanden.

Aufgabe 6

Überlege, welche Nachteile Langstreckenzieher in Kauf nehmen müssen.

- Risiko des Vogelfangs (z. B. in Norditalien)
- langer, kräftezehrender Flug
- möglicherweise das Fehlen geeigneter Rastbiotope
- späte Rückkehr und damit große Konkurrenz um besetzte Territorien beziehungsweise Brutmöglichkeiten

Aufgabe 7

Erkläre, welche Vorteile Teilzieher-Populationen haben.

- Wenn ein strenger Winter vielen der im Brutgebiet verbleibenden Individuen das Leben kostet, sind die ziehenden Artgenossen im Vorteil und sichern das Überleben der Population als Ganzes.
- Wenn der Winter mild ist, überleben die Daheimgebliebenen. Sie können nun die besten Territorien schon vor Ankunft der Zugvögel besetzen. Damit ist die Art den reinen Zugvogelarten gegenüber im Vorteil.

Mit dem Teilzug-Verhalten reagieren die Vögel nicht nur auf die jahreszeitlich wechselnden Lebensbedingungen (wie die typischen Zugvögel), sondern auch auf die von Jahr zu Jahr unterschiedlichen Überwinterungsverhältnisse. Es stellt damit eine ganz erstaunliche und fein differenzierte Angepasstheit an die variierenden Bedingungen in den gemäßigten Klimazonen dar.

Material 4: Zugaktivität – ein angeborenes Verhalten

Aufgabe 8

Überlege dir, wie das Teilzug-Verhalten gesteuert sein könnte.

- Der Teilzug könnte durch exogene Faktoren wie Lebensraum und Nahrung bestimmt sein. Konstitutionell stärkere Vögel verbleiben als Standvögel im Brutgebiet, die schwächeren Vögel werden verdrängt und müssen fortziehen.
- Der Teilzug könnte genetisch und damit endogen gesteuert sein. Im Gelege eines Teilzieherbrutpaares wäre dann bereits festgelegt, aus welchen Eiern ziehende beziehungsweise aus welchen nicht ziehende Individuen schlüpfen.

Aufgabe 9

Wie kann man im Experiment zwischen Ziehern und Nichtziehern unterscheiden? Überlege dir einen Versuch.

In sogenannten Registrierkäfigen kann man Vögel auf Zugaktivität beziehungsweise Standvogelverhalten testen (Abb. 7.11). Die Vögel werden dabei per Videokamera bei Infrarotlicht beobachtet. Die motorische Aktivität wird darüber hinaus mit einer beweglichen, auf Mikroschaltern gelagerten Sitzstange erfasst. Das Ergebnis solcher Untersuchungen ist in Abbildung 7.12 zu sehen.

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht.
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

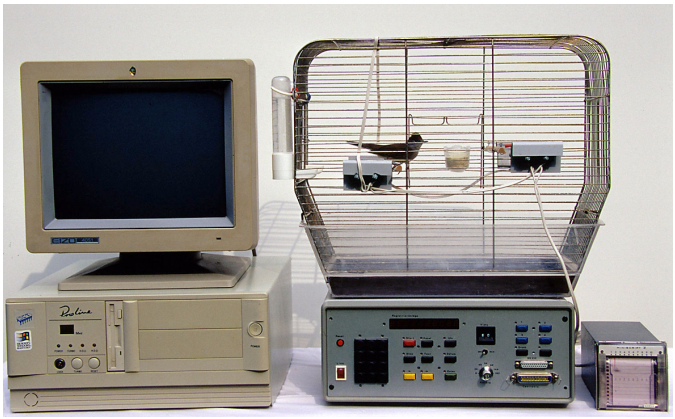


Abb. 7.11 Registrierkäfig (rechts, mit Mönchsgrasmücke) zur quantitativen Erfassung der Zugaktivität (Zugunruhe) von Zugvögeln mithilfe beweglicher Sitzstangen, die auf Mikroschaltern gelagert sind; außerhalb des Käfigs verschiedene Registriergeräte (MPI für Ornithologie)

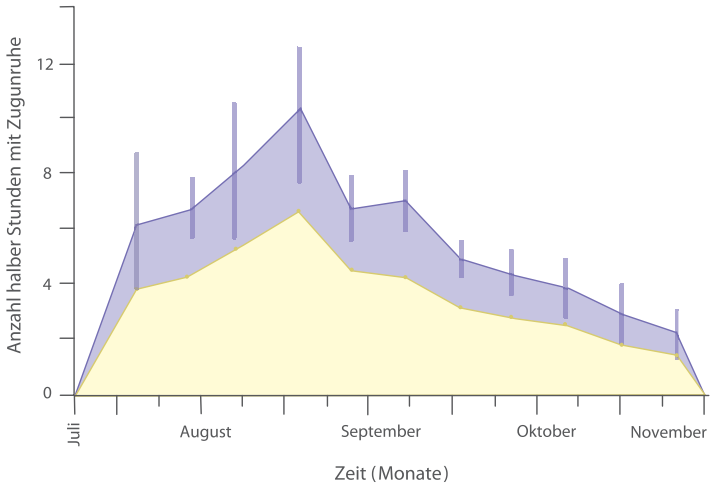


Abb. 7.12 Die Grafik zeigt die Zugunruhe von neun von Hand aufgezogenen Gartengrasmücken während des ersten Wegzugs. blaue Linie = halbe Stunden mit Zugunruhe (gemessen mit einer beweglichen Sitzstange); gelbe Linie = Schwirraktivität

Ergänzende Erläuterung: Je nach Zugstrecke zeigen Zugvögel eine unterschiedliche motorische Aktivität.

Aufgabe 10

Anhand welcher Beobachtungen könnte man überprüfen, dass Zugunruhe tatsächlich über ein „genetisch festgelegtes Zugprogramm“ bestimmt wird?

Tipp: Recherchiere das Zugverhalten des Hausrotschwanzes und des Gartenrotschwanzes und stelle dann begründete Vermutungen über ihr Zugverhalten an.

- Entsprechend ihrer unterschiedlich langen Wege ins Winterquartier müsste der 5-mal so weit ziehende Gartenrotschwanz im Registrierkäfig mehr, der lediglich 1000 km in den Mittelmeerraum ziehende Hausrotschwanz weniger Zugunruhe zeigen.
- Wenn das Programm tatsächlich vererbt wird, müssten sich Hybriden bei ihrer Zugunruhe intermediär verhalten (Abb. 7.3 und 7.4 in Unterrichtspraxis).

Material 5: Zweiweg-Selektionsverfahren

Aufgabe 11

In einem Experiment bestanden die Elterntiere teilziehender Mönchsgrasmücken zu 75 % aus Ziehern und zu 25 % aus Nichtziehern (Standvögeln). Um einen möglichen genetischen Einfluss auf das Zug- beziehungsweise Standvogelverhalten zu untersuchen, wurden Zieher mit Ziehern und Nichtzieher mit Nichtziehern jeweils als Brutpaare in Volieren gesetzt. In Tabelle 7.1 (in Unterrichtsmaterialien) sind die Ergebnisse des Experiments wiedergegeben.

Stelle die Ergebnisse des Zweiweg-Selektionsverfahrens in einer Grafik dar, indem du den prozentualen Anteil der Nichtzieher (Y-Achse) gegen die jeweilige Folgegeneration (X-Achse) aufträgst. Welches Fazit kannst du aus dem Experiment und seinen Ergebnissen ziehen?

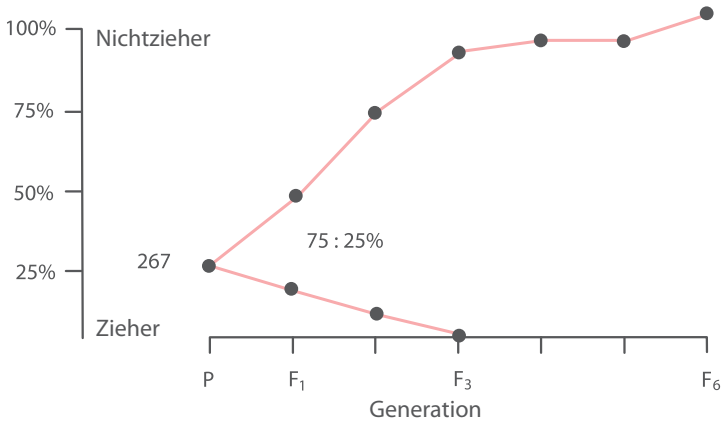


Abb. 7.13 Ergebnisse des Zweiweg-Selektionsexperiments (nach Berthold 2001).
P = Parentalgeneration (Elterngeneration), F = Filialgeneration (Folgegeneration, Nachkommen)

Fazit: Bei der Selektion der Zieher war das Versuchsziel einer reinen Zugvogelpopulation bereits mit der F_3-Generation erreicht; bei der Selektion der Nichtzieher hatte man mit der F_6-Generation eine reine Standvogelpopulation. Eine zu rund drei Viertel ziehende Population kann also durch entsprechende Selektion nach drei Generationen auf genetischer Basis zu einer ausschließlich zugaktiven Population werden und nach etwa sechs Generationen zu einer fast nicht mehr ziehenden Population. Das ist eine extrem schnelle Verhaltensänderung auf genetischer Basis. Das Teilzug-Verhalten hat demnach ein hohes Mikroevolutionspotenzial.

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht.
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Material 6: Langstreckenzieher und Klimawandel

Aufgabe 12

Welche Probleme kommen mit dem Klimawandel deiner Meinung nach insbesondere auf die Langstreckenzieher zu?

- Langstreckenzieher werden von den ständig zahlreicher werdenden Standvögeln verdrängt; die besten Territorien sind bei ihrer Rückkehr aus den Überwinterungsgebieten schon besetzt.
- Die zunehmende Austrocknung und Umwandlung großer Gebiete in Wüsten führt zum Verlust von Winterquartieren und Rastplätzen in den Durchzugsgebieten. Langstreckenzieher haben somit weniger Möglichkeiten, um die notwendigen Zwischenstopps einzulegen.
- Sollte das Abschmelzen polarer Eiskappen riesige Gebiete der Tundra überfluten, gingen die bevorzugten Brutplätze für große Populationen, vor allem von Gänsen und Limikolen (Schnepfenvögeln), verloren.
- Spät heimkehrende Langstreckenzieher verpassen möglicherweise aufgrund des früher einsetzenden Frühlings den Zeitpunkt der höchsten Insektendichte. Infolge des geringeren Nahrungsangebots bei der Jungenaufzucht sinkt ihr Bruterfolg.
- Die sich im Jahresverlauf ändernde Tageslänge nutzen Vögel als Richtgröße, um ihren Lebenszyklus mit dem Lauf der Jahreszeiten zu synchronisieren. Das Ausweichen auf weiter nördlich liegende Überwinterungsgebiete (und damit einhergehend eine Verkürzung des Zugweges) hängt deshalb auch von der Fähigkeit ab, ob die Vögel flexibel auf ein breites Spektrum von Tageslichtbedingungen reagieren können (Coppack et al. 2008).

7.5.3 Anregungen für die Verhaltensbiologie

Material 7: Anzeigen und Partnersuche

Aufgabe 13

Welche Kriterien spielen bei der Partnerwahl eine Rolle? Untersuche verschiedene Anzeigen zur Partnersuche und stelle die Kriterien zusammen, nach denen Männer beziehungsweise Frauen den Wunschpartner aussuchen.

Frauen suchen meist nach älteren, gut ausgebildeten Partnern mit entsprechenden Verdienstmöglichkeiten. Sie wählen also solche Partner, die in der Lage sind, möglichst viel in das Großziehen von Kindern zu investieren, und sichern damit die Weitergabe ihrer Gene. Männer dagegen bewerten die Attribute „Jugend“ und „Attraktivität“ ihrer Wunschpartnerin höher, denn diese sind der Schlüssel, um das Fortpflanzungspotenzial der Frau richtig einzuschätzen. Alter und Krankheit und damit eine geringere Fruchtbarkeit (beziehungsweise eine geringe Überlebenschance für die Nachkommen) spiegeln sich im Äußeren wider.

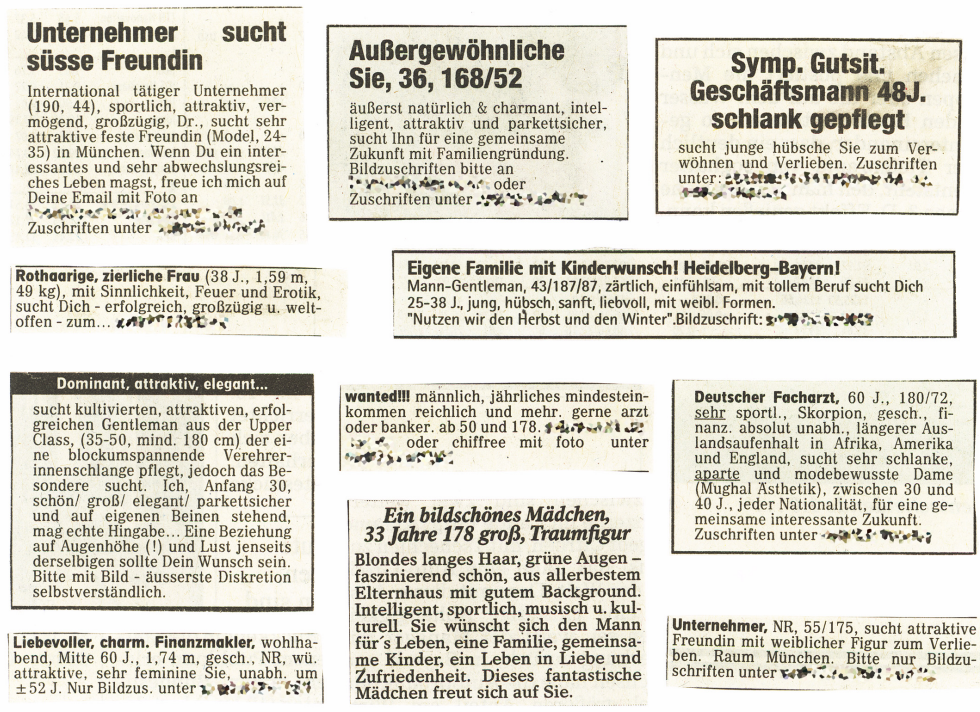


Abb. 7.14 Beispiele für ein paar Anzeigen zur Partnersuche (Max-Planck-Gesellschaft)

Material 8: Fremdgehen und Fitness bei Vögeln

Aufgabe 14

Überlege, welchen evolutionären Vorteil die Männchen durch Fremdgehen haben könnten – und welche Nachteile damit verbunden sein könnten.

Für die Männchen scheint der Nutzen außerpaarlich gezeugter Nachkommen auf der Hand zu liegen, weil sie die Anzahl ihrer Nachkommen durch Kopulationen mit weiteren Weibchen ohne zusätzlichen Brutpflegeaufwand erhöhen können.

Die Zugewinne in fremden Nestern könnten allerdings durch Verluste im eigenen Nest (Nachkommen, die nicht die eigenen sind) wieder vollständig ausgeglichen werden. Versucht ein Männchen selbst außerpaarlich mit anderen Weibchen zu kopulieren, muss es die Bewachung des eigenen Weibchens zwangsläufig vernachlässigen. Dies wiederum führt dazu, dass das Risiko, selbst „betrogen“ zu werden, für diese Männchen ansteigt.

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Aufgabe 15

Überlege, welchen evolutionären Vorteil die Weibchen durch Fremdgehen haben könnten.

Da sich außerpaarliche Paarungen normalerweise nicht auf die Gelegegröße auswirken, bleibt die Anzahl der Nachkommen für die Weibchen durch Fremdvaterschaften unverändert. Weibchen erhalten in der Regel also nicht mehr, sondern allenfalls (genetisch) andere Nachkommen (Abb. 7.10 in Unterrichtsmaterialien). Die genetische Qualität der Nachkommen könnte allerdings einen entscheidenden Einfluss auf deren Überleben und Fortpflanzungserfolg haben (Abb. 7.6 in Unterrichtspraxis).

Für beispielsweise Blaumeisenweibchen kann es sich also lohnen, sich mit qualitativ hochwertigeren Männchen „außerehelich" zu paaren („*shopping for good genes*"). Dieser Nutzen müsste die Kosten überwiegen, die außerpaarliche Kopulation für die Weibchen beinhalten kann (z. B. in Form einer verringerten Brutfürsorge durch die „betrogenen" Männchen).

Aufgabe 16

Wie lassen sich die Überlegungen aus den beiden vorherigen Aufgaben überprüfen? Formuliere Fragen, die durch Beobachtungen im Freiland beziehungsweise durch Laboruntersuchungen geklärt werden können.

- Wie hoch ist der Anteil außerpaarlich gezeugter Nachkommen in einem Gelege?
- Sind für die Männchen die Gewinne in Fremdnestern höher als die Verluste im eigenen Nest?
- Wie ist es um die Fitness der Nachkommen bestellt? Erhöht außerpaarliche Kopulation die Überlebenschancen des Nachwuchses eines Weibchens?

Aufgabe 17

Kläre anhand der vorliegenden genetischen Fingerabdrücke einer Blaumeisenfamilie (Abb. 7.9 in Unterrichtsmaterialien), welche der beiden Jungvögel aus einer außerpaarlichen Kopulation des Weibchens stammt.

Bei Küken 2 gibt es sowohl für den Mikrosatelliten PC8 als auch für den Mikrosatelliten POCC6 Übereinstimmungen mit der sozialen Mutter, aber keine Übereinstimmung mit dem sozialen Vater. Darüber hinaus gibt es einen Peak, der weder von der sozialen Mutter noch vom sozialen Vater stammen kann. Das heißt, dass Küken 2 von einem anderen Männchen abstammen muss.

Aufgabe 18

Abbildung 7.10 (in Unterrichtsmaterialien) zeigt den Unterschied in der Heterozygotie (genetischen Vielfalt) zwischen außer- und innerpaarlich gezeugten Nachkommen bei Blaumeisen. Die außerpaarlich gezeugten Nachkommen stammen von direkten Nachbarn (n = 58), von lokalen Nicht-Nachbarn (n = 15) und von weiter entfernt lebenden Männchen (n = 44). Interpretiere die Abbildung.

Außerpaarlich gezeugte Jungvögel sind stärker heterozygot (besitzen also mehr verschiedene Allele) als ihre vom sozialen Vater gezeugten Halbgeschwister. Etwa die Hälfte der außerpaarlich gezeugten Nachkommen stammt von Vätern, die nicht in der direkten Nachbarschaft der Mutter lebten (44 von 101 EPY). Sie sind deutlich stärker heterozygot und müssen daher maßgeblich zum

Anstieg in der Heterozygotie beigetragen haben (ganz links), während enge Nachbarn beziehungsweise lokale Nicht-Nachbarn die Heterozygotie nicht steigern konnten.

Aufgabe 19

Welchen Vorteil könnte die andere Hälfte der außerpaarlich gezeugten Jungen haben, die von engen Nachbarn gezeugt wurden (immerhin 58 von 101 EPYs), die aber nichts zur genetischen Vielfalt beitragen? Stelle begründete Vermutungen an.

Die Forscher fanden hier einen Hinweis für eine Wahl der „guten Gene“: Weibchen wählten für außerpaarliche Kopulationen nämlich jene Nachbarn, die älter und größer waren als ihr sozialer Partner. Größere Männchen haben meist einen Konkurrenzvorteil, und höheres Alter ist ein Zeichen für gute Überlebensfähigkeit; beides sind Eigenschaften, die die Männchen wahrscheinlich an ihre Nachkommen weitergegeben hatten.

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht.
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg