

Hier folgt das Material für 7 Vorträge zum Thema Evolution. Ich habe die Themen nach dem Alphabet verteilt (Vierer- und Fünfergruppen – Namen hinter der Überschrift). Erarbeitet das Material für den Vortrag, dem ihr zugeteilt seid. Arbeitet Fragen heraus, die abgeklärt werden, bevor ihr Vortragen müsst. Zu dem könnt ihr im Internet weitere Abbildungen zu den behandelten Phänomenen heraussuchen.

Viel Spaß

I. Brückentiere – Beweise der Evolution Jöran, Tamea, Sarah und Carla

Brückentiere (auch Mosaikformen genannt) sind (häufig ausgestorbene) Arten, die Merkmale zweier Tiergruppen zeigen. Sie sind Belege dafür, dass Tiergruppen im Laufe der Evolution auseinander hervorgegangen sind. Nachdem Darwin im 19. Jahrhundert seine Evolutionstheorie entgegen der kirchlichen Lehrmeinung von der Konstanz der Arten hervorgebracht hatte, entbrannte ein Streit zwischen Anhängern der Schöpfungslehre und den Anhängern des Evolutionsgedankens. Vor allem wenn Brückentiere entdeckt wurden, wurden Fälschungen unterstellt oder Funde uminterpretiert. Drei prominente Beispiele für Brückentiere sind der Urvogel (Archaeopteryx) als Bindeglied zwischen Reptilien und Vögeln, der Urlurch (Ichthyostega), der Merkmale von Fischen und Amphibien besitzt und das heute noch lebende Schnabeltier, das Merkmale von Reptilien und Säugetieren aufweist.

Der erste Fund eines **Urvogels(Archaeopteryx)** stammt aus dem Jahr 1861 (zwei Jahre nachdem Darwin seine Evolutionstheorie veröffentlicht hatte). Das Fossil des krähengroßen Vogels wurde in Solnhofen in Bayern entdeckt. Der Erstbeschreiber interpretierte es trotz der Federn als Reptil und nannte es Grifhosaurus (Rätselsaurier). Das Fossil wurde an das Britische Museum in London verkauft. Der dortige Direktor der naturhistorischen Abteilung war ein Gegner Darwins und der sich verbreitenden Evolutionstheorie. Er interpretierte das Fossil als Vogel im Sinne der Schöpfungslehre. Ein wissenschaftlicher Streit entbrannte, bei dem erst 1985 wissenschaftlich zweifelsfrei bewiesen werden konnte, dass die Federn nicht nachträglich angebracht worden waren. Der Urvogel zeigt einige typische Vogelmerkmale wie Flügel, Federn und einen vogelartigen Kopf. Zudem einen vogeltypischen Schultergürtel und die zu einem Gabelbein verwachsenen Schlüsselbeine. Typische Reptilienmerkmale sind: Zähne im Schnabel, Krallen an den Flügeln, ein langer, knöcherner Schwanz, nicht verwachsene Wirbel und Bauchrippen.



Der Urvogel Archaeopteryx als Fossil und als Rekonstruktion.

Die Tierart Archaeopteryx lebte vor etwa 150 Mio. Jahren. Unklar ist, ob er schon aktiv fliegen konnte oder nur zum Gleitflug fähig war. Seine schweren (weil noch nicht hohlen, wie bei modernen Vögeln) Knochen und die noch wenig entwickelte Brustmuskulatur sprechen aber zumindest gegen längeres Fliegen. Knochenplatten zwischen den Zähnen weisen auf eine nahe Verwandtschaft zu sich zweibeinig fortbewegenden Sauriern wie dem Tyrannosaurus hin.

Nach heutigen Erkenntnissen stammen die Vorfahren aller Landwirbeltiere von süßwasserbewohnenden Fleischflossern ab. Das sind Fische deren Flossen stärker differenziert sind und so als Stützflossen eine Bewegung an Land ermöglichen. Von dieser ehemals formenreichen Artengruppe leben heute nur noch die **Quastenflosser** und die Lungenfische. Auch der Quastenflosser galt lange Zeit als ausgestorben, so dass seine „Wiederentdeckung“ im Jahr 1938 im Indischen Ozean vor der Küste Südafrikas als wissenschaftliche Sensation galt. Mittlerweile ist noch eine zweite Art vor der indonesischen Insel Sulawesi entdeckt worden. Die heutigen Quastenflosser haben ihre Lebensweise komplett verändert und leben in großen Tiefen. Deshalb gelang es erst 1987 die Tiere mit einem speziellen Tauchboot in ihrem natürlichen Lebensraum in 150-400m zu filmen. Auch heute können sie mit ihren beinartigen Brust- und Bauchflossen auf dem Meeresboden „spazieren gehen“. Heutige Quastenflosser werden bis zu 2m lang und bis zu 100kg schwer.

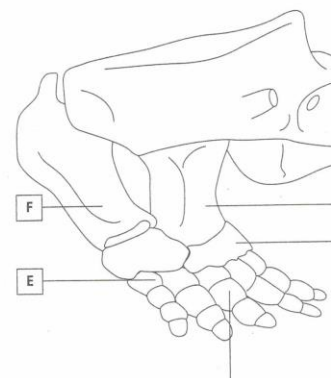


Der Quastenflosser

Mittlerweile sind weitere fossile Übergangsformen gefunden worden und schließen heute die evolutive Lücke zum **Urlurch Ichthyostega**. Dessen Fossilien sind ca. 370 Millionen Jahre alt. Er war ca. einen Meter lang. Da seine Rippen ein nahezu unbewegliches Korsett um den Rumpf bildeten, gehen Forscher heute von einer noch wenig ausgebildeten Lungenatmung aus. Seine Körperform erinnert noch sehr an die Quastenflosser, seine fünfzehigen Gliedmaßen waren aber bereits deutlich weiter entwickelt und bildeten brauchbare Fortbewegungsorgane auf festem Boden.



Rekonstruktion eines Ichthyostega



Vordergliedmaßenskelett von Ichthyostega

Ein weiteres lebendes Fossil und Brückentier ist das in Australien lebende **Schnabeltier**, das mit dem Kurzschnabeligel verwandt ist. Auch bei seiner Entdeckung glaubten Wissenschaftler zunächst an eine Fälschung. Man sprach von einem Biber mit angenähtem Entenschnabel. Abgesehen von seinem Schnabel hat es aber vor allem Reptilien und Wirbeltiermerkmale. Reptilienmerkmale sind: Eier mit ledriger Schale, ein Giftsporn an den Hinterfüßen der Männchen (wird beim Kampf um Weibchen eingesetzt und kann beim Menschen über Monate anhaltende Schmerzen auslösen), sowie die Kloake – das heißt, dass Schnabeltiere nur eine hintere Körperöffnung haben, die zugleich Ausscheidungs- und Geschlechtsöffnung ist. Typische Säugetiermerkmale sind: Das Fell und eine annähernd konstante Körpertemperatur, sowie Drüsen an Brust und Bauch, die eine milchartige Flüssigkeit produzieren.



Ein Schnabeltier mit Beute

Schnabeltiere jagen im Wasser nach Insekten, Schnecken und Krebsen. Ihre Vorderbeine sind mit Schwimmhäuten versehen, die beim Graben nach oben gedreht werden können. Da das Schnabeltier fast blind und taub ist, verlässt es sich bei der Jagd fast ausschließlich auf seinen Schnabel, der als Tastorgan dient. Wie mit einer Antenne kann es mit diesem elektrische Signale (wie Muskelkontraktionen) seiner Beutetiere empfangen. Deshalb bewegt es bei der Jagd den Schnabel immer hin und her, um den genauen Ursprung der elektrischen Signale orten zu können. Da es keine Zähne hat, wird die Beute mit den Schnabelplatten zerquetscht. Das Schnabeltier wird bis zu 60cm groß und bis zu 2,4kg schwer. Beim Schwimmen kann es Geschwindigkeiten von bis zu 35km/h erreichen.

II. Selektion – Schlüsselbegriff der Darwinschen Evolutionstheorie

Mathis, Liliana, Phillip, Finn E., Erick

Die **natürliche Selektion** ist zentraler Bestandteil von Darwins Evolutionstheorie. Er geht davon aus, dass es einen Überschuss an Nachkommen gibt. Da sich diese unterscheiden gibt es immer besser und schlechter an die jeweiligen Umweltbedingungen angepasste Lebewesen. Die besser angepassten Organismen sind erfolgreicher bei der Fortpflanzung so dass sich ihre Merkmale in der Population ausbreiten. Durch Veränderung der Umweltbedingungen können sich auch die Selektionsfaktoren verändern und zuvor nachteilige Merkmale nun verstärkt auftreten.

Man unterscheidet drei Selektionstypen. Die **stabilisierende**, die **gerichtete** und die **aufspaltende Selektion**.

Ist eine Population gut an ihre Umwelt angepasst, haben abweichende Merkmale kaum eine Chance und können sich nicht durchsetzen. Es kommt zu einer relativen Konstanz der Lebewesen, die Ergebnis der **stabilisierenden Selektion** ist.

Ändern sich die Umweltbedingungen (oder ist eine Art noch nicht optimal an den Lebensraum angepasst) können neue Merkmale vorteilhaft sein und die Population wandelt sich nach und nach. Die **gerichtete Selektion** kann dann zu einer allmählichen Artumwandlung führen.

Birkenspanner sind nachtaktive Schmetterlinge, die tagsüber auf Birkenstämmen ruhen. Es gibt sie in einer hellen und einer dunklen Form. Zwar ist die dunkle Form dominant, da diese Tiere aber auf der weißen Birkenrinde eine leichte Beute von Vögeln sind, haben dunkle Birkenspanner einen Selektionsnachteil. Unter normalen Bedingungen sorgt also eine stabilisierende Selektion dafür, dass Beobachter den Eindruck haben, der Birkenspanner sei ein weißer Schmetterling, bei dem es seltene schwarze Exemplare gibt.



Die Erscheinungsformen des Birkenspanners

Mit Beginn der industriellen Revolution färbten sich in Großbritannien die Birkenstämmen durch erhöhten Rußausstoß zusehends dunkel, so dass nun die dunklen Tiere einen Vorteil hatten. Schon 1895 gab es in Industriegebieten Populationen, in denen 95% der Schmetterlinge schwarz waren. Dies war die Folge einer durch die Luftverschmutzung (und dadurch ausgelösten Baumverschmutzung) ausgelösten gerichteten Selektion. In ländlichen Gebieten mit reiner Luft blieben die weißen Tiere in der Überzahl. Mit dem Niedergang der Kohleindustrie und der Verbreitung von Filteranlagen wurden auch in den Industriegebieten die Birken wieder zusehends heller und es überwogen wieder die weißen Birkenspanner. Es hatte also erneut eine gerichtete Selektion stattgefunden.

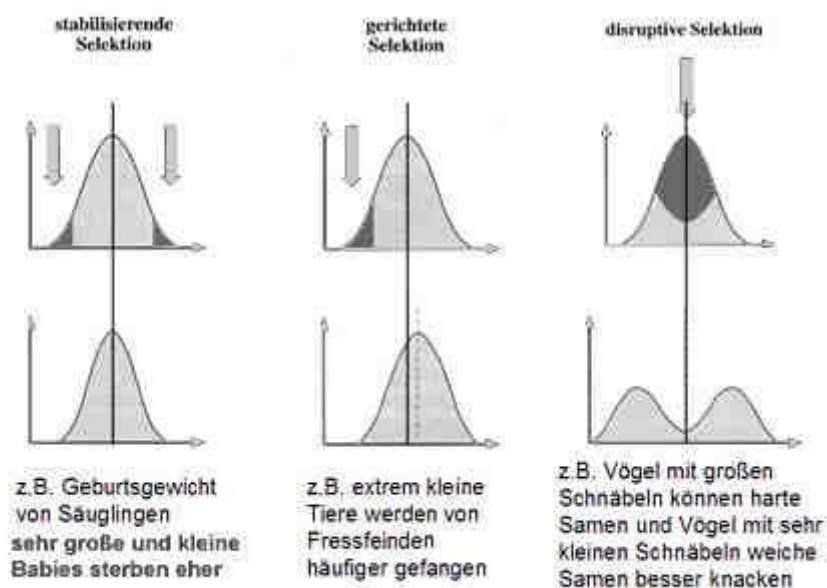
Bei **Marienkäfern** gibt es rote Tiere mit schwarzen Punkten und schwarze Tiere mit roten Punkten. Bei Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass im Frühjahr mehr rote und im Herbst mehr schwarze Tiere gefunden werden. Forscher versuchten herauszufinden, welche unterschiedlichen Selektionsdrücke zur Veränderung der Häufigkeiten der beiden Formen führen. Sie bestrahlten die Tiere mit Licht und konnten feststellen, dass die schwarzen Tiere eine um 2°Celsius höhere Körpertemperatur haben. Diese erhöhte Temperatur führt zu einer verstärkten Stoffwechselaktivität der (wechselwarmen) Käfer. Im Frühjahr und Sommer ist das ein Vorteil für die Käfer, da sie schon früher am Morgen und noch später am Abend eine

Temperatur erreichen, die ihnen Nahrungssuche ermöglicht. Das heißt im Frühjahr und Sommer findet eine gerichtete Selektion statt, die schwarze Käfer bevorteilt, so dass man im Herbst vermehrt schwarze Tiere findet. Während der Kältestarre im Winter bedeutet die erhöhte Temperatur allerdings, dass der Stoffwechsel der Tiere (weiterhin) schneller abläuft und diese Tiere einen höheren Energieverbrauch haben und deshalb häufiger den Winter nicht überleben, da sie verhungern. Es erfolgt also eine gerichtete Selektion, die rote Tiere bevorteilt und man findet im Frühling (nach der Winterstarre) mehr rote Marienkäfer.



Roter und schwarzer Marienkäfer

In manchen Fällen ist gerade ein Durchschnittsmerkmal ungünstig. So können in manchen Gebieten Vögel mit kleinen Schnäbeln gut weiche Samen fressen, während sich Vögel mit großen Schnäbeln auf das Knacken von nussartigen Samen spezialisiert haben. Für eine mittlere Schnabelgröße gibt es keine passende Nahrung. Die an der Nordsee lebenden Austernfischer haben sich ebenfalls spezialisiert. Ein Teil hat besonders dicke Schnäbel, mit denen sie Muschelschalen zerstören können. Andere Tiere haben besonders abgeflachte Schnabelspitzen, die gänzlich ungeeignet zum Zerstören der Muschelschalen sind. Dafür können diese Vögel ihren Schnabel blitzschnell in sich schließende Muscheln schieben und mit ihren Schnäbeln die Bänder, die die Muscheln schließen durchtrennen. Die Muschel kann dann problemlos geöffnet und von den Vögeln verspeist werden. Durch eine solche **aufspaltende Selektion** können zwei Teilpopulationen entstehen, die stabil nebeneinander existieren können. Wenn diese Teilpopulationen räumlich von einander getrennt werden, oder sich aus anderen Gründen nicht mehr vermischen, kann eine solche aufspaltende Selektion der Beginn einer Artaufspaltung sein.



*disruptiv = aufspaltende

III. Sexualität und Sexuelle Selektion Grace, Nick, Lea Jannick K.

Sexualität hat sich wie alle Verhaltensweisen und Funktionsmechanismen im Laufe der Evolution über mehrere Millionen Jahre entwickelt. Primitiven Lebensformen wie Einzeller und Bakterien, pflanzen sich durch **Zellteilung** (was einem Clonungsvorgang, der zwei identische Tochterorganismen hervorbringt, entspricht). Dem Vorteil der unglaublichen Geschwindigkeit dieser Fortpflanzungsmethode (Bei guten Bedingungen können an einem Tag aus einem Bakterium über eine Million neuer Bakterien entstehen) steht die genetische Gleichheit der Nachkommen entgegen (findet man z.B. das richtige Medikament, sterben alle Bakterien). Alle höheren Lebensformen pflanzen sich **sexuell** fort. Keimzellen (Ei- und Spermienzellen bzw. Pollenkorn und Samenanlage), die nur die halbe genetische Information enthalten, verschmelzen, so dass das neue Lebewesen wieder eine vollständige genetische Information (Bauplan) enthält. Das hat den Vorteil der **Neukombination von Erbanlagen** (Eigenschaften) – jeweils 50% von einem Elternteil. Bis auf eineiige Zwillinge gibt es deshalb auf der ganzen Erde nie zwei Lebewesen, die den komplett gleichen Bauplan haben. Die Selektion „prüft“ dann jeweils die Eignung jeder dieser neukombinierten Lebewesen (vgl. Referat Selektion).

Bei vielen Tieren unterscheiden sich Männchen und Weibchen deutlich. Neben der Größe gibt es bei vielen Arten spezielle Merkmale wie Färbung oder anderer Signalstrukturen. Häufig sind diese Merkmale auf das männliche Geschlecht beschränkt. Sie sollen Weibchen anlocken und männliche Konkurrenten einschüchtern. Außerdem gibt es Merkmale, die bei Konkurrenzkämpfen zwischen den Männchen vorteilhaft sind. Demgegenüber bleiben weibliche Tiere meist unscheinbar. Die Weibchen sind so weniger auffällig, was ein Vorteil bei der Versorgung der Jungtiere sein kann. Bei den Männchen haben die Tiere mit besonders stark ausgeprägten Besonderheiten den größten Fortpflanzungserfolg, so dass eine **sexuelle Selektion** diese Merkmale bevorteilt.

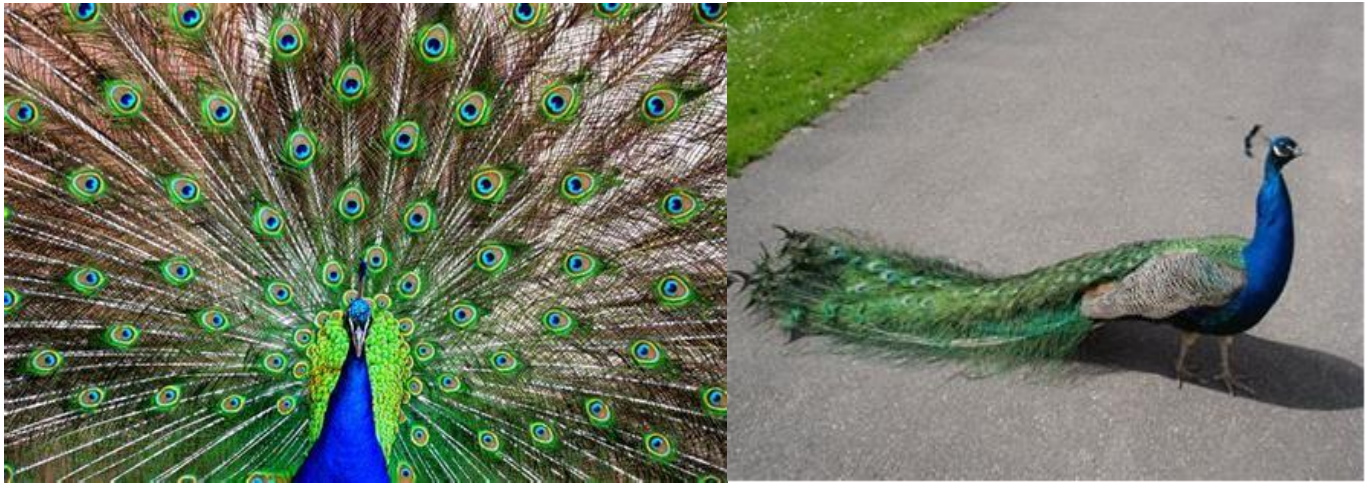
Hierbei lassen sich zwei Muster unterscheiden: Bei der sogenannte **male competition** (Wettstreit der Männchen) kämpfen die Männchen untereinander eine Rangfolge aus und häufig hat nur das stärkste Männchen eine Chance sich fortzupflanzen. Bei Hirschen führte die sexuelle Selektion zur Ausbildung der großen Geweihe, die bei den innerartlichen Rankämpfen eingesetzt werden. Bei eiszeitlichen Riesenhirschen bildeten sich so Geweihe mit einer Spannweite von bis zu 4m. Allerdings überwogen in den sich nach der Eiszeit bildenden Wäldern die Nachteile dieser Riesengeweihe und der Riesenhirsch starb aus.



Ausgestorbener Riesenhirsch

Beim Phänomen **female choice** (weibliche Auswahl) wählen die Weibchen besonders auffällige Männchen zur Verpaarung, was ebenfalls einen Selektionsdruck zugunsten dieser Merkmale auslöst. Wissenschaftler begründen das Verhalten mit dem sogenannten **Handicap-Prinzip**. Ein Männchen mit einer besonders auffälligen Färbung ist auch für seine Feinde besonders leicht zu entdecken. Wenn es trotzdem überlebt, muss es besonders schnell, aufmerksam, stark etc. sein, also vorteilhafte Erbanlagen haben. Gleiches gilt zum

Beispiel für ein Pfauenmännchen, das die Weibchen mit seinem großen Rad beeindruckt, denn bei der Flucht vor Fressfeinden behindert den Pfau die Schleppe (die zusammengelegten Schwanzfedern, die das Rad bilden). Auch hier deutet also das Überleben trotz des Handicaps einer langen Schleppe auf besonders gute Erbanlagen hin. Allerdings hat sich auch beim Pfau ein Gleichgewicht zwischen höherem Fortpflanzungserfolg mit langem Schwanz und höherer Überlebensrate mit kürzerem Schwanz eingestellt und die Schwanzlänge nimmt nicht weiter zu.



Pfau mit aufgeschlagenem Rad und mit Schleppe

Natürlich ist das Auswahlverhalten der Weibchen keine bewusste Überlegung. Da aber Weibchen, die Männchen mit auffälligen Merkmalen auswählen (aufgrund der vorteilhaften Erbanlagen dieser Männchen) konkurrenzfähigeren Nachwuchs zeugen, verfestigt sich diese Auswahlverhalten ebenfalls in ihrem Erbgut und wird so zu **instinktiven Verhalten**.

Ein weiteres Beispiel für instinktives Verhalten ist das Töten von Jungtieren durch Männchen. Beispiel Löwe: Bei Löwen führen und verteidigen ein oder mehrere Männchen eine Gruppe mit mehreren Weibchen und Jungtieren. Werden männliche Löwen dieser Gruppe geschlechtsreif, werden diese vertrieben und Leben mit anderen Junglöwen zusammen, bis sie eines Tages selbst ein Rudel übernehmen. In der Regel töten die neuen Herren des Rudels die Babys, da so die Weibchen schneller neuen Nachwuchs zeugen können und sie in der (begrenzten) Zeit in der sie das Rudel führen mehr Nachwuchs zeugen können. Auch die Löwenmännchen verstehen nicht die Vorteile ihres Verhaltens. Da aber Tiere, die fremden Nachwuchs töten mehr eigene Nachkommen zeugen können, tritt dieses Verhalten verstärkt in den nächsten Generationen auf. Das Töten der Jungtiere ist ebenfalls ein Hinweis darauf, dass nicht etwa wie von manchen Wissenschaftlern unterstellt, die Arterhaltung bei der Evolution im Vordergrund steht, denn es werden ja Artgenossen vernichtet. Stünde die Arterhaltung (und nicht die Maximierung des eigenen Nachwuchses, man nennt dies Genegoismus) im Vordergrund, würde die Löwen fremden Nachwuchs „adoptieren“ statt ihn zu töten.

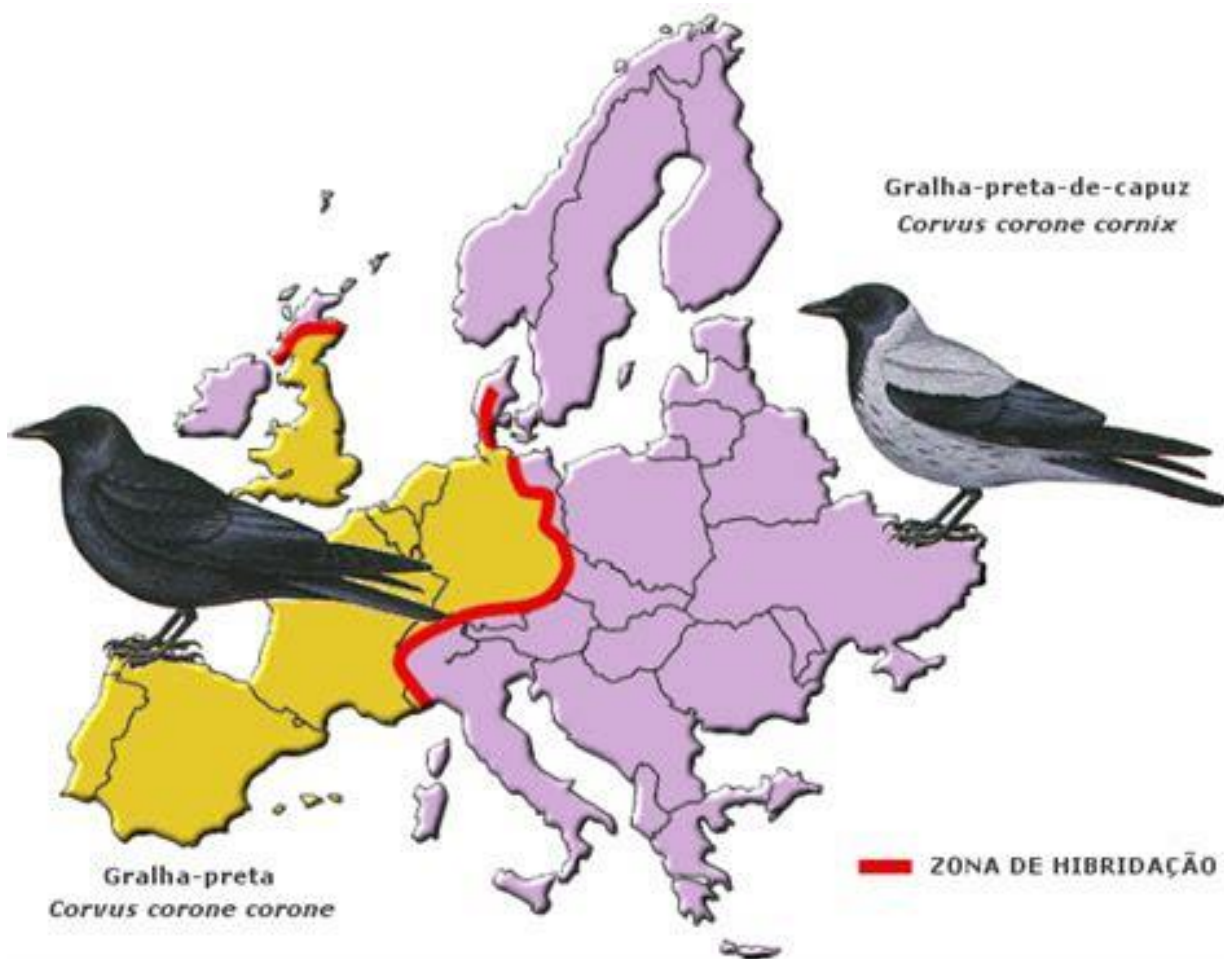
In Gruppen mit mehreren dominanten Männchen haben sich bei Weibchen zwei Strategien zum Schutz der Jungtiere entwickelt: Manche Weibchen paaren sich ausschließlich mit dem vermeintlich stärksten Männchen in der Hoffnung, dieses werde sie und ihren Nachwuchs gegen andere Männchen der Gruppe verteidigen. Andere Weibchen paaren sich dagegen abwechselnd mit allen Männchen der Gruppe. Da so keines der Männchen sicher sein kann, nicht der Vater des Nachwuchses zu sein, sind die Nachkommen ebenfalls sicher.

IV. Artbildung: Isolation und adaptive Radiation Joelina, Khaled,

Marie, Dylan, Giulia

Wenn eine Ursprungspopulation durch eine geographische Barriere, die von den Tieren nicht überwunden werden kann, in Teilpopulationen aufgespalten wird, spricht man von **geografischer Isolation**. Dies passierte z.B. wenn Kontinente auseinander drifteten, sich Gebirge bildeten, in den Eiszeiten Gletscher vorrückten, sich Wüsten ausbreiteten oder durch steigende Meeresspiegel Halbinseln zu Inseln wurden. So bilden sich mehrere Teilpopulationen, aus denen sich neue Arten entwickeln können – vor allem wenn sich die Umweltbedingungen wie z.B. das Klima oder der Feinddruck ändern. So wurde die Ursprungspopulation von Grün- und Grauspecht während der Eiszeit in eine West- und eine Osteuropäische Population getrennt – im Westen entwickelte sich der Grün- im Osten der Grauspecht. Nachdem sich das Eis zurückgezogen hatte, trafen (und treffen sie auch heute noch) sie in Mitteleuropa wieder aufeinander. In der Zwischenzeit hatten sich die beiden **Arten** aber so weit verändert, dass sie sich nicht mehr vermischen und eigene Arten bilden. Ein anderes Beispiel sind die auf beiden Seiten des Grand Canyon (USA) lebenden Erdhörnchen. Während für Vögel die geringe Distanz des Canyons problemlos überwunden werden kann, ist dies für die Erdhörnchen nicht möglich und es bildeten sich zwei Arten.

Wenn sich die Teilpopulationen noch nicht zu weit auseinanderentwickelt haben, kann es sein, dass sie sich anschließend wieder miteinander mischen können. Dann spricht man nicht von zwei Arten, sondern von zwei **Rassen** einer Art. Dies ist zum Beispiel bei der Raben- und der Nebelkrähe der Fall. Wie die Spechte wurde die Ursprungspopulation in der Eiszeit getrennt, so dass sich die schwarze Rabenkrähe in Westeuropa, die graue Nebelkrähe in Osteuropa entwickelte. Heute verläuft von der deutschen Ostseeküste zu den Alpen eine knapp 100km breite Kontaktzone in denen Raben- und Nebelkrähe aufeinandertreffen und sich auch mischen.



Heutige Verbreitung von Raben- und Nebelkrähe; rot eingezeichnet ist der „Überschneidungskorridor, in dem sich beide mit einander vermischen können.

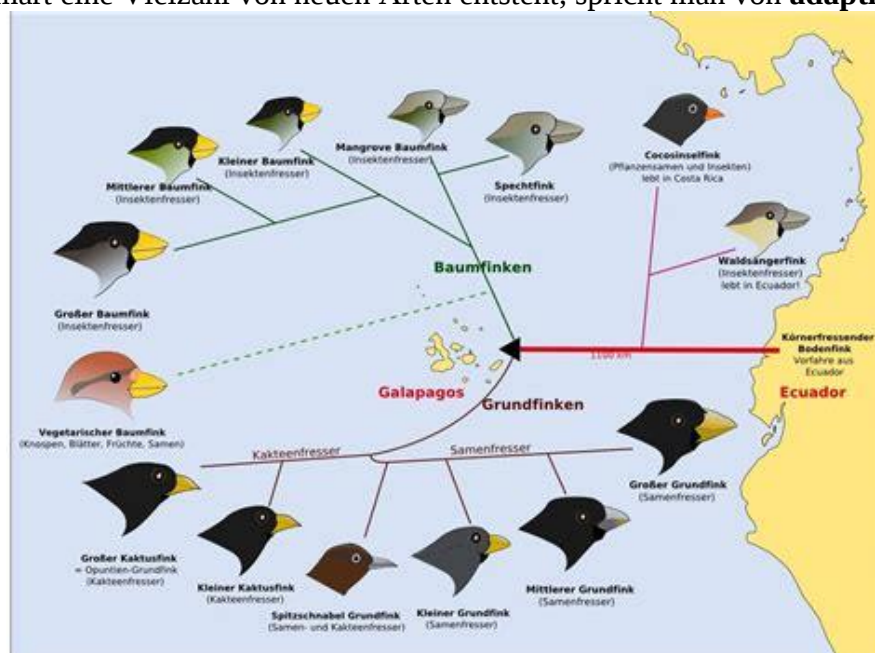
Besonders in abgeschnittenen bzw. besonders geschützten Gebieten wie Inseln können so völlig unterschiedliche Arten entstehen. So gibt es auf Neuseeland viele flugunfähige Vögel. Deren Vorfahren waren vermutlich von Australien durch Stürme auf die Inseln verweht worden. Normalerweise sorgt bei Vögeln, die auf Inseln leben eine stabilisierende Selektion für mittlere Flügelgrößen. Bei großen Flügeln ist die Gefahr

groß aufs Meer geweht zu werden und dann zu sterben. Zu kleine Flügel beeinträchtigen die Flugfähigkeit und lassen die Tiere zu leichter Beute für Räuber werden. Da es auf Neuseeland keine Landraubtiere gab, war das Fliegen nicht mehr unbedingt notwendig und es fand eine gerichtete Selektion in Richtung kleiner Flügel, die schließlich zur Flugunfähigkeit führte, statt. Durch die Einführung von Landräubern wie Katzen sind diese Vögel heute vom Aussterben bedroht. Hätten sich Räuber erst allmählich auf den Inseln entwickelt, hätten die Tiere Zeit für eine Anpassung gehabt. Die eingeführten Arten verbreiten sich aber so schnell, dass die flugfähigen Vögel keine Chance haben sich evolutionär anzupassen.



Ein Kiwi

Als Darwin die Galapagosinseln erreichte, fielen ihm unter Anderem die vielen unterschiedlichen Finkenarten auf, die einerseits große Ähnlichkeiten aufwiesen, andererseits aber sehr unterschiedliche Schnäbel und Ernährungsweisen aufwiesen. Die Darwinfinken sind aus bodenbewohnenden, Körner fressenden Finken, die vom südamerikanischen Festland auf die Inseln geweht worden waren, entstanden. Auf den Galapagosinseln gab es keine vergleichbaren Vögel, so dass eine Vielzahl ökologischer Nischen (Planstellen) unbesetzt war. Aus der Stammart entstanden so viele unterschiedliche Arten, die sich den unterschiedlichen Lebensbedingungen auf den Inseln optimal angepasst haben. Heute fressen sie Körner-, Gräser und Insekten (es gibt zum Beispiel einen Spechtfink, der mit Hilfe von Kaktusstacheln Larven aus Kakteen und Bäumen frisst). Sie leben am Boden, auf Kakteen und Bäumen. Wenn wie bei den Darwinfinken innerhalb kürzester Zeit aus einer Stammart eine Vielzahl von neuen Arten entsteht, spricht man von **adaptiver Radiation**.



Darwin Finken auf Galapagos

Auch bei der Evolution der Säugetiere ist dieses Phänomen aufgetreten. Beim Aussterben der Dinosaurier in der Kreidezeit existierten sie bereits seit etwa 100 Millionen Jahren. Mit dem verschwinden der Saurier verschwand zum einen die Bedrohung durch die Saurier als Fressfeinde, zum anderen waren eine Vielzahl

von ökologischen Nischen unbesetzt und es kam in kurzer Zeit zu einer „Artenexplosion“ unter den Säugetieren.

Ein weiteres Beispiel ist die **adaptive Radiation der Beuteltiere** in Australien. Australien hatte sich bereits vor ca. 50 Millionen Jahren und damit vor der Entstehung der modernen Säugetiere vom Südkontinent Gondwana gelöst. Während sich die wenigen in Südamerika lebenden Beuteltiere in Konkurrenz zu modernen Säugetieren entwickelten und so nur ein Nischendasein führen, fehlte in Australien diese Konkurrenz und die Beuteltiere besetzten fast alle ökologischen Nischen. Hierbei kommt es zu teilweise verblüffenden Ähnlichkeiten zu den höheren Säugetieren, welche von den ersten Siedlern als Verwandtschaften fehlinterpretiert wurden. So ähnelt der Beutelmull in Lebensweise und Aussehen (Grabschaukeln) dem Maulwurf und der Beutelwolf dem Wolf. Diese Ähnlichkeiten beruhen auf ähnlichen Umweltbedingungen, die zu ähnlichen Selektionsdrücken führten und sind Beispiele für eine konvergente Entwicklung. Allerdings führte das Einführen höherer Säugetiere durch die europäischen Siedler zu einer Konkurrenzsituation zwischen den Beuteltieren und den höherentwickelten modernen Säugetieren, die bereits dafür gesorgt hat, dass einige Arten der Beuteltiere (z.B. der Beutelwolf) ausgestorben und andere Arten stark gefährdet sind.



1 Beutelbär, 2 Beutelteufel, 3 Ameisenbeutler, 4 Beutelwolf



Ein Beutelmull

V. Koevolution, Symbiose und Endosymbiontentheorie

Lennard, Katharina, Florentina, Rebecka, Marc

Die Blüte der Orchidee Stern von Madagaskar hat einen über 30cm langen Nektarsporn (d.h. der Nektar liegt dreißig cm innerhalb der Blüte und scheint für Insekten nicht erreichbar), so dass sich Forscher bei ihre Entdeckung fragten, wie diese Blüten bestäubt werden können. Charles Darwin stellte in einem Buch über Orchideen 1862 die Vermutung auf, dass es ein Insekt mit einem entsprechend langen Rüssel geben müsse, das die Blüten bestäubt und wurde dafür von einigen Zeitgenossen verspottet. Im Jahr 1903 wurde jedoch tatsächlich ein Nachtfalter mit einem solchen Rüssel entdeckt, der *Xanthopan morgani praedicta* genannt wurde. Der dritte Teil des Namens bedeutet vorhergesagt und erinnert an die 41 Jahre zuvor gemachte Voraussage Darwins.



Stern von Madagaskar und *Xanthopan morgani praedicta*

Die wechselseitige Anpassung zweier Organismen aneinander bezeichnet man als **Koevolution**. Schon bevor Pflanzen derartig lange Nektarspore entwickelten, gab es Nachtfalter mit langen Rüsseln. Diese hatten sich durch die Gefahr, die von Spinnen, die auf Blütenpflanzen lauern, ausging, entwickelt. Bei einer Blüte mit extrem langen Nektarsporn haben Falter mit langen Rüssel den Vorteil konkurrenzlos zu sein. Das führt auch dazu, dass der Falter genau diese Blüten bevorzugt, so dass die Pflanze den Vorteil hat, dass ihre Pollen zielgerichtet zur richtigen Blüte getragen werden.

Wenn bei der Koevolution (wie im Beispiel der Orchidee und des Falters) beide Organismen einen Vorteil haben, spricht man von **mutualistischer Koevolution**. In manchen Fällen führt diese Form der Koevolution dazu, dass zwei Arten eng miteinander kooperieren und eine sogenannte **Symbiose** (Zusammenleben) eingehen. So lebt der Clownsfisch (geschützt durch eine Schleimschicht auf seinem Körper) zwischen den giftigen Tentakeln der Seeanemone und ist so geschützt vor seinen Fressfeinden. Im Gegenzug säubern die Fische die Tentakel und verteidigen die Anemone gegen deren Fressfeinde (Schmetterlingsfische). In tropischen Regenwäldern gibt es Pflanzen, die am Blattgrund oder in Ästen Hohlräume bilden, in denen Ameisen leben können. Die Ameisen verteidigen wiederum die Pflanze, wenn z.B. Raupen ihre Blätter fressen wollen.



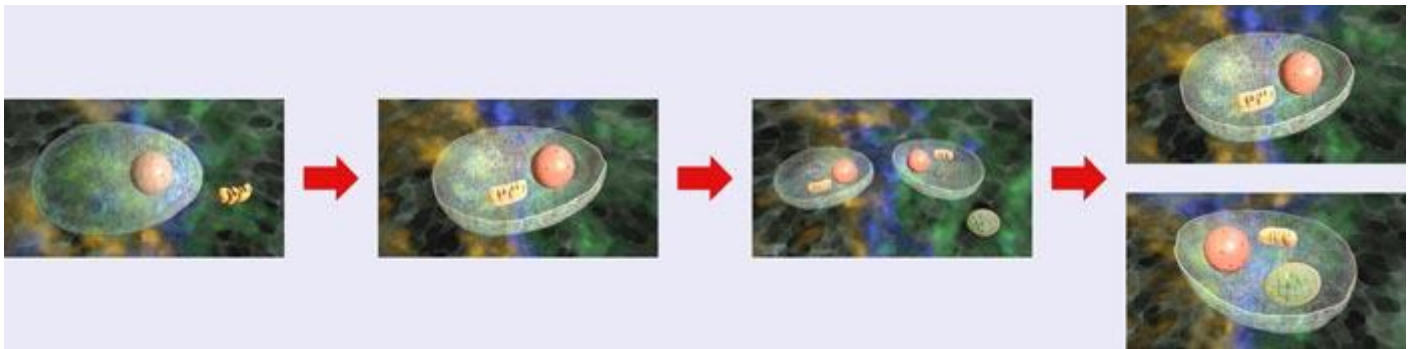
Symbiose zwischen: Clowns-fisch und Seeanemone



Pflanzen und Ameisen

Koevolution kann allerdings auch zum Beispiel innerhalb einer Räuber-Beute-Beziehung stattfinden. So löst zum Beispiel eine bessere Tarnung des Beutetiers einen Selektionsdruck auf die Wahrnehmungsorgane von Raubtieren aus. In diesem Fall spricht man von **antagonistischer Koevolution**. So sind die großen Backenzähne von Pferden, die sich im Laufe der Jahre aufgrund der in Gräsern eingelagerten sandartigen Kristalle abreiben (daher auch das Sprichwort einem geschenkten Gaul guckt man nicht ins Maul) das Ergebnis einer Art „Wettrüsten“ zwischen Pferden und Gräsern. Das Urf Pferdchen, das in Wäldern lebte und zarte Blätter und Früchte fraß, hatte diese auffälligen Zähne noch nicht.

Eine besondere Form der Symbiose ist die **Endosymbiose**, bei der Organismen in einen anderen Organismus aufgenommen werden und dort weiterleben. So leben z. B. unzählige Darmbakterien in unserem Körper, die uns wichtige Dienste bei der Verdauung leisten. Es gibt Schneckenarten, die Algen fressen, ohne diese zu verdauen. Stattdessen befördern sie diese an unpigmentierte Stellen ihres Körpers, wo die Algen Fotosynthese betreiben und so zur Ernährung der Schnecken beitragen. So ähnlich stellen sich Forscher die Entstehung des höheren Lebens vor. Urbakterien (die wie alle Bakterien keine spezialisierten Zellorganellen besitzen) schlossen sich mit sauerstoffatmenden Bakterien zusammen, die die „neue“ Zelle mit Energie versorgten. Aus diesen sauerstoffatmenden Bakterien entwickelten sich die Mitochondrien, die heute in jeder differenzierten (nichtbakterien-Zelle) die „Kraftwerke“ der Zelle sind. Sie enthalten noch heute eine eigene DNA, was Biologen als weiteren Beleg dafür werten, dass sie einmal eigenständige Lebewesen waren. Gleiches gilt für die Chloroplasten, in denen die Fotosynthese stattfindet. Ähnlich wie bei der Schnecke, gehen Forscher davon aus, dass Cyanobakterien (die als erstes die Fotosynthese entwickelt hatten) endosymbiotisch von anderen Zellen aufgenommen wurden und sich im Laufe der Evolution zu Chloroplasten (die ebenfalls eine eigene DNA enthalten) umbildeten. Die sogenannte **Endosymbiontentheorie** ist die nach heutigem Forschungsstand gültige Theorie zur Entwicklung des höheren Lebens.



1>2 höher entwickelte Zelle (mit Zellkern) nimmt späteres Mitochondrium auf. 3>4 Zelle mit Mitochondrium + Zellkern nimmt späteren Chloroplasten auf.

4a. Tierische Zelle (mit Mitochondrium + Zellkern, ohne Chloroplast). 4b. Pflanzenzelle (mit Zellkern, Mitochondrium und Chloroplast)

VI. Tarnung im Tierreich Evelina, Finn S., Hannah, Jannick S.

In der Natur finden sich eine Vielfalt von **Schutztrachten**, mit denen sich Tiere (und manchmal auch Pflanzen) durch optische Eigenschaften wie Farbe, Form und Bewegung vor Fressfeinden schützen. Solche Schutztrachten haben sich im Laufe der Evolution vor allem bei wehrlosen Tieren durchgesetzt, weil sie die Überlebenschancen und somit die Möglichkeit der Fortpflanzung erhöhen. Diese Trachten sind ein Beleg für Selektion. Der Räuber frisst die schlechter getarnten Individuen, so dass die genetischen Baupläne der besser getarnten Individuen in die nächste Generation getragen werden. Der Räuber, der am besten in der Lage ist Tarnungen zu erkennen (zum Beispiel aufgrund von besonders guten Augen), gibt diese Fähigkeit ebenfalls an seine Nachkommen weiter. Es findet so zu sagen ein Wettrüsten zwischen Tarnung und Erkennen statt.

Die einfachste Form der Schutztracht ist eine **Tarntracht**, bei der Tiere in ihrem Erscheinungsbild (vor allem Färbung) der Umgebung angepasst sind. Ein Feldhase und ein Schneehase sind ihrer Umgebung gut angepasst und (vor allem bei Bewegungslosigkeit) kaum wahrzunehmen. Gleiches gilt z.B. auch für den Birkenspanner (vgl. Referat Selektion). Auch die scheinbar auffällige Färbung von z.B. Zebras (oder Tigern) verschmilzt durch die Bewegung der warmen Savannenluft mit der Umgebung. Ein besonderes Tarnvermögen haben Tiere, die wie ein Tintenfisch oder ein Chamäleon ihre Farbe wechseln können und sich so auf verschiedenen Untergründen tarnen können.

Eine andere Form der Schutztracht liegt bei der **Nachahmungstracht (Mimese)** vor. Hierbei werden Gegenstände des Lebensraums nachgeahmt. So ahmen Raupen und Heuschrecken Äste nach. Manche Schmetterlinge ähneln Blättern. Lebende Steine sind Pflanzen, die in Trockengebieten leben und die Form von Steinen nachahmen. Die Nachahmer werden von ihren Fressfeinden zwar wahrgenommen, aber nicht als Beutetiere erkannt.



Mimese bei Heuschrecken und lebenden Steinen

Eine andere Strategie wenden Tiere mit **Schrecktrachten** an. Viele Schmetterlinge zeigen bei Bedrohung durch das Spreizen ihrer Flügel augenähnliche oder anderweitig auffällige Zeichnungen. Angreifer sind für einen Moment irritiert und die Schmetterlinge nutzen diese Schrecksekunde zur Flucht.

Vor allem wehrhafte Insekten (aber auch z.B. Pfeilgiftfrösche) wie giftige oder ungenießbare Tiere (z.B. Marienkäfer) oder wehrhafte Arten (z.B. Wespen) warnen ihre Fressfeinde. Diese Tiere sind nicht getarnt, sondern im Gegenteil sehr auffällig. Ihre Fressfeinde meiden sie aber häufig instinktiv (angeborenes Verhalten) oder nach negativen Erfahrungen. Dieses Phänomen nennt man **Warltracht**. Voraussetzung für eine Warltracht ist, dass die angegriffenen Tiere die Angreifer nicht töten können, da sonst kein Lerneffekt beim Angreifer eintreten kann.

Einige harmlose Arten ahmen die Warltracht ähnlicher Lebewesen nach und werden so ebenfalls nicht angegriffen. Beispiele sind u.a. die Schwebfliege die Wespen nachahmt. Ein Hornissenschwärmer ist ein Schmetterling, der eine Hornisse nachahmt. Bei Korallenschlangen gibt es eine Besonderheit: Zu diesen auffällig gefärbten tropischen Schlangen gehören hochgiftige, weniger giftige aber sehr aggressive und ungiftige Exemplare. Forscher fanden heraus, dass sowohl hochgiftige als auch ungiftige Arten die leichtgiftigen Arten nachahmen. Offensichtlich möchte die hochgiftige Art ihr wertvolles Gift nicht für die Selbstverteidigung verschwenden. Die ungiftige Korallenschlange verhält sich wie eine Schwebfliege. Eine solche **Scheinwarltracht** ist ein Beispiel für **Mimikry**, die Nachahmung eines anderen Lebewesens zum eigenen Vorteil und auf Kosten des Nachgeahmten. Neben der Voraussetzung, dass die nachgeahmte Spezies nicht tödlich für den Angreifer sein darf (siehe oben), ist es wichtig, dass die Nachahmer in der Unterzahl

sind, da sonst negative Erfahrungen für die Angreifer die Ausnahme sind und sie nicht lernen die auffällige Beute zu meiden.



Mimikry bei Korallenschlangen und beim Hornissenschwärmer

Eine besondere Form der Mimikry ist der **Brutparasitismus** von europäischen **Kuckucken**. Diese entfernen ein Ei aus dem Gelege der Wirtsvögel und verspeisen dieses (was eine zusätzliche Energiequelle für die Kuckucksmutter ist). Während die Kuckuckseier im Aussehen denen der Wirtsvögel stark gleichen, sind die Küken völlig unterschiedlich. Offensichtlich besteht der Selektionsdruck für die Kuckucke nur darin ein möglichst ähnliches Ei zu produzieren. Die Wirtsvögel sind dann erfolgreich, wenn sie Kuckuckseier erkennen und entfernen. Das Kuckucksküken macht sich in der Folge daran andere Eier und seine Stiefgeschwister aus dem Nest zu werfen, so dass es schließlich alleine gefüttert wird.

Findet ein Kuckucksweibchen bereits ein Kuckucksei im Nest, wird dieses entfernt, denn der zuerst schlüpfende Kuckuck würde auch das zweite Kuckucksei hinauswerfen. Dieses Verhalten der Kuckucksmutter ist ein Hinweis, dass nicht etwa wie von manchen Wissenschaftlern unterstellt, die Arterhaltung bei der Evolution im Vordergrund steht, denn es wird ja ein Ei der eigenen Art vernichtet. Stünde die Arterhaltung (und nicht die Maximierung des eigenen Nachwuchses, man nennt dies Genegoismus) im Vordergrund, würde die zweite Kuckucksmutter ihr Ei in ein anderes Nest legen.

Der Klimawandel bedroht mancherorts die Vermehrungsstrategie von Kuckucken. Diese sind Zugvögel und kehren immer zur gleichen Zeit in ihr Brutrevier zurück. Aufgrund des Klimawandels beginnen viele ihrer Wirtsvögel aber bereits früher mit dem Brutgeschäft. Sind die Küken der Wirtsvögel beim Eintreffen der Kuckucke schon geschlüpft, kann dieser seine Eier nicht mehr in fremden Nestern unterbringen.

Ähnlich wie Kuckucke verhalten sich afrikanische **Witwenvögel**. Ihr Brutparasitismus ist aber weniger schädlich für die Wirtsvögel, weil ihre Jungvögel ihre Stiefgeschwister nicht aus dem Nest werfen. Die Wirtseltern müssen also lediglich ein zusätzliches Küken ernähren. Dafür sind die Wirtseltern offensichtlich kritischer bezüglich des Nachwuchses, denn im Gegensatz zu den Kuckucken sind auch die Küken der Witwenvögel ihren Stiefgeschwistern zum Verwechseln ähnlich. Offensichtlich herrscht also auch ein Selektionsdruck bezüglich des Aussehens der Küken.



Bachstelze, die ein Kuckucksküken füttert;



Gelege mit einem Kuckucksei

VII. Die Evolution geht weiter Moritz, Justin, Mathias, Lara

Insel der Pizzlybären

Schmilzt das arktische Eis, finden neue Partner zueinander. Eisbär (= Polarbär) und Grizzly machen es vor. In Kanada sind erste Mischlinge aufgetaucht.

Zunächst waren es nur ein weißer und ein brauner Punkt auf dem Eis, welche die zwei Studenten von der University of Alberta im Hubschrauber stutzen ließen: ein Grizzly, der mit einem Eisbären umherzog – und das hier 500 Kilometer vom kanadischen Festland entfernt, wo die Grizzlys gewöhnlich leben.

Auch der Eisbär schien seltsam: Über seinen Rücken zog sich ein dunkler Streifen, die Schnauze wirkte schmutzig der Schädel war auffällig massig, und hinter den Schultern erhob sich ein Höcker wie Braunbären ihn üblicherweise haben. Die Pfoten sahen aus als trüge er Strümpfe.

Die Studenten hatten einen seltenen Mischling entdeckt, der viele Namen trägt. Grolar-Bär, Greisbär, Pizzly oder Nanulak, ein Mix aus den beiden Inuitwörtern für die Eltern: Eisbär (Nanuk) und Grizzly (Aklak). (...)

Immer mal wieder verirren sich Braunbären in den hohen Norden. Dass sie dort bleiben ist ungewöhnlich, noch seltsamer aber, dass sie mit Polarbären für Nachwuchs sorgen.

Zwar waren Mischlinge aus Zoos bekannt; über ihr Vorkommen in der Wildnis aber wurde lange nur spekuliert. Nicht, dass Eis- und Braunbär sich nie begegnen würden; doch reagieren sie meist aggressiv aufeinander.

2006 schoss dann ein Amerikaner auf Nelson Head einen Eisbären, der seltsam aussah und der seit seiner DNA-Analyse als erster Pizzly in freier Wildbahn gilt. 2010 folgte auf Victoria Island der zweite Abschuss. Diesmal war die Sensation noch größer: Die Mutter war bereits ein Mischling gewesen, die Jägerbeute folglich ein Pizzly der zweiten Generation.

Eis- und Braunbär gelten als zwei Arten (...). Erst vor 600000 Jahren ist der Eisbär vom Stammbaum der Braunbären abgezweigt. Der Eisbär ist also, wenn man so will, ein weißer Braunbär.

Fünf gemeinsame Nachkommen wurden bis jetzt gemeldet. Alle lebten auf dem Archipel um die Victoria-Inseln. Dort hat sich eine kleine Gruppe Grizzlys niedergelassen. Wahrscheinlich folgten die Bären im Winter, als das Meer zugefroren war, ein Paar Rentieren. Als die Eisbrücke im Sommer schmolz, blieben sie. Es gibt dort alles was Sie brauchen, und die Sommer werden länger.

Klimawandel und Umweltzerstörung, erwarten Forscher, werden künftig zu mehr Mischlingen führen. Das Schmelzen der Schollen zwingt Eisbären öfter an Land; Straßen- und Bergbau in Kanadas Süden treiben die Grizzlys nach Norden.

Drastisch wie nie zuvor ist in diesem Sommer das arktische Meereis abgeschmolzen. Biologen fürchten, dass das die Hybridbildung (Mischlingsbildung) befördere. 2010 zählte ein Essay im Fachblatt „Nature“ 34 Arten auf, die dafür in Frage kämen. Populationen, die bislang von Eismassen getrennt lebten, könnten sich vermischen: Belugas mit Narwalen, Langharrobben mit Seehunden, Grönlandwale mit Pazifischen Nordkappern. „Hybridisierungen werden die polare Artenvielfalt gefährden“ schrieben die Autoren.

Doch warum sollte es unnatürlich sein, wenn Eis- und Braunbär sich paaren, nur weil der eine weiß ist und der andere braun? Zumal Tiere schon mal ihre Partner verwechseln; so wurde vor Island ein Finn- Blauwal Hybride gefangen, der trächtig war von einem Blauwal. Beunruhigend sei die Häufigkeit mit der es inzwischen passiere, argumentieren die Wissenschaftler. (...)

Am Ende bleibt womöglich nur die Mischform übrig. Das geschieht derzeit in Amerika zwischen Kojoten und Wölfen.

Zwar gilt in der Evolution: Nicht jeder Irrtum muss ein Fehler sein. Allerdings sind Hybriden ihren Eltern meist unterlegen, weil sie schlechter angepasst sind. Dafür spricht der Fall zweier Pizzlybären, die 2004 im Zoo von Osnabrück zur Welt kamen. Ihr Fell war Karamellfarben, und in vielem waren sie eine Mischung aus Vater und Mutter. So machen sie Bewegungen wie Eisbären, wenn sie Robben fangen. Doch schwimmen die Hybriden weniger gut, der Hals ist verkürzt, und ihre langen Krallen sind fürs Eis schlecht geeignet.

Der Kanadier Derocher glaubt nicht daran, dass die Pizzlys eine Gefahr für die Eisbären darstellen. Dafür kämen sie zu selten vor. Außerdem, sagt er, unterlägen sie einem ganz speziellen Druck: Mischlinge stehen nicht unter Schutz, weil sie nicht als Eisbären gelten. Für die Jäger sind sie gerade wegen ihrer Seltenheit eine besonders begehrte Trophäe.

(nach u. teilweise verändert: Der Spiegel 40/2012, S. 120)



Ein Pizzlybär



ein Polarbär



ein Grizzlybär

a. **Gib die wichtigsten Informationen des Textes Insel der Pizzlybären wieder. Arbeite hierbei vor allem die Merkmale der Mischlinge heraus.**

b. *In der Biologie gibt es sogenannte Isolationsmechanismen die verhindern, dass unterschiedliche Arten sich miteinander vermehren. Unter anderem gibt es:*

Geografische Isolation: Populationen werden durch eine geografische Barriere getrennt. Z.B. leben sie auf unterschiedlichen Kontinenten, Inseln, sind durch Flüsse oder Gebirge getrennt.

Ethologische (Verhaltens) Isolation: Unterschiedliche Verhaltensmuster verhindern Annäherung zwischen den Arten. Z.B. Anderes Balzverhalten, aggressives Verhalten zwischen den Arten etc. .

Zeitliche Isolation: Paarung findet zu unterschiedlichen Zeiten (Jahres- oder Tageszeit) statt. Z.B. nachtaktive und tagaktive Arten „begegnen“ sich nicht.

Mechanische Isolation: Größe und Form der Geschlechtsorgane verhindern eine Kopulation. Z.B. bei einigen Insekten „passen“ die Geschlechtsorgane wie Schlüssel und Schloss zusammen.

Hybridsterblichkeit: Der Mischling verstirbt frühzeitig.

Hybridsterilität: Mischlinge können sich aufgrund von Sterilität nicht fortpflanzen. Z.B. Maultiere.

Überprüfe die Isolationsmechanismen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Isolation von Polar- und Grizzlybär.

c. *In der Biologie werden verschiedene Artbegriffe benutzt, unter anderem die beiden Folgenden:*

Morphologischer Artbegriff: Alle Individuen, die in ihren wesentlichen äußerlichen Merkmalen übereinstimmen, gehören zu einer Art.

biologischer Artbegriff: Alle Individuen, die sich fruchtbar (d.h. auch ihre Nachkommen sind fruchtbar) fortpflanzen können, gehören zu einer Art.

Überprüfe mit diesen beiden Artbegriffen ob Grizzly und Polarbär zwei Arten oder zwei Rassen einer Art sind.

d. **Nenne Gründe, warum trotz steigender Wahrscheinlichkeit von Mischlingen zwischen Polar- und Grizzlybären, die beiden Ursprungsarten (aller Voraussicht nach) nicht von den Mischlingen verdrängt werden.**