

Bio 6 Wirbeltiere

(gemäßigte Variante nach LehrplanPLUS)

Die Gliederung dieses Unterrichtsplans orientiert sich weitgehend an der Formulierung des LehrplanPLUS, fasst aber die Kapitel „Biodiversität bei Wirbeltieren“ und „Verwandtschaft der Wirbeltiere und Evolution“ zusammen. Insgesamt ist dieser Vorschlag zu umfangreich für die vorgesehenen etwa 36 Unterrichtsstunden, muss also hier und dort gekürzt werden.

Die Vorlagen für die mit [LINK](#) gekennzeichneten Arbeitsblätter bzw. Praktikums-Anleitungen finden Sie bei www.bio-nickl.de unter „Materialien“ bei „Wirbeltiere“. ALP bezieht sich auf den Praktikumsordner „Bio? – Logisch!“, Akademiebericht Dillingen 506

Ab Dezember **Lernprogramm „Vogelstimmen“** durchführen [LINK](#),
ALP Blatt 08_2_v21: Vogelstimmen

Während der gesamten Unterrichtssequenz ggf. auf einem **AB** eine Reihe von einheimischen Tierarten (mit Schwerpunkt auf Tiere an Gewässern) vorstellen, die im Folgenden thematisiert werden. Ggf. Steckbriefe durch Schüler ergänzen lassen.

Inhalt:

1 Was sind Wirbeltiere?	2
2 Aktive Bewegung	2
2.1 Fortbewegung an Land	2
2.2 Fortbewegung im Wasser	4
2.3 Fortbewegung in der Luft	7
3 Der Stoffwechsel	10
3.1 Wiederholung: Mensch	10
3.2 Räuber beschaffen sich Beute	11
3.3 Vegetarier	12
3.4 Die Körpertemperatur	13
3.5 Atem holen	16
4 Nachwuchs	18
5 Die Sinne – Fenster zur Umwelt	22
6 Nutztiere und Heimtiere	23
7 Ordnen nach Ähnlichkeit	25
7.1 Die engere Verwandtschaft	25
7.2 Die fünf Klassen der Wirbeltiere im Vergleich	27
8 Evolution: Erklärung für die Ähnlichkeit	29
8.1 Ähnlichkeit – erklärt durch Angepasstheit	29
8.2 Ähnlichkeit – erklärt durch Verwandtschaft	29
8.3 Wie sich Tierarten verändern: Evolution	30

1 Was sind Wirbeltiere?

Skelette und Vollpräparate bzw. Modelle aus allen 5 Wirbeltierklassen; menschliches Skelett; große Molluskenschalen u. a.

Wirbeltiere besitzen ein Innenskelett aus Knochen (**Wdh.**: aufgebaut aus Knochenkalk und Knorpel); am Rücken befindet sich in der Mitte die Wirbelsäule (**Wdh.**: aufgebaut aus Wirbelknochen und Bandscheiben)

Die Körperbedeckung von Wirbeltieren kann unterschiedlich gestaltet sein:

Wirbeltier-Klasse	Körperbedeckung
Säugetiere	Haare
Vögel	Federn
Reptilien = Kriechtiere	Schuppen aus Hornstoff
Amphibien = Lurche (der Lurch)	feuchte, nackte Haut
Fische	Schuppen aus Knochen

Zuordnung von Beispielen (Präparat, Modell, Abbildung)

im Folgenden immer wieder Benennung einzelner Knochen am Skelett

Ausschluss der Zuordnung zu Wirbeltieren von Beispielen ohne Innenskelett aus Knochen (z. B. Muscheln, Schnecken, Krebse, Quallen)

Wdh.: Anforderungen an Lebewesen (am besten mit **Ikons**, die ggf. bereits am Anfang der 5. Klasse eingeführt und beim Menschen sowie bei den Samenpflanzen angewendet worden sind)

- Sinne und Nervensystem: Informations-Aufnahme, Informations-Verarbeitung und Reaktion
- aktive Bewegung
- Stoffwechsel: Stoffaufnahme (Sauerstoff, Nahrung), Stoffumwandlung (z. B. Verdauung, Zellatmung), Stoffabgabe (Kohlenstoffdioxid usw.); Energie-Umwandlung; Versorgung des Körpers mit Baustoffen und Zell-Energie; Strategien für den Winter
- Nachwuchs: Fortpflanzung, Wachstum und Entwicklung

Die Erläuterungen nach dem Doppelpunkt werden am besten nach und nach ergänzt.

Angepasstheit

Klärung des Begriffs „Angepasstheit“ (vgl. Arbeitsblätter dazu) [LINK](#)

Dauerprojekt: Vogelstimmen

vgl. Skript zum Lernprogramm, das immer wieder einen Teil der Unterrichtsstunde umfasst; von Dezember bis Ende Februar, so dass die Schüler die Stimmen der Vögel bereits kennen und benennen können, bevor im Frühling draußen ihr Gesang einsetzt. [LINK](#)

2 Aktive Bewegung

2.1 Fortbewegung an Land

AB mit Beinskeletten

2.1.1 Der Mensch

Wdh.: – der Muskel, die Sehne, Gegenspieler-Prinzip
– das Gelenk (Stelle, an der sich zwei Knochen gegeneinander bewegen)

aufrechter Gang auf zwei Beinen (selten, auch Laufvögel wie Strauße)

2.1.2 Das Rind

Vierbeiner, nur 2 Zehen pro Bein, Hufe aus Hornstoff: der Paarhufer

geringe Berührungsfläche auf dem Boden => Angepasstheit an schnellen Sprint bei der Flucht vor Fressfeinden (vgl. Sprinter beim Mensch: läuft nur auf Zehen)

Hufe schützen Zehenspitzen vor Schnittwunden usw.

2.1.3 Das Pferd

wie Rind, aber nur 1 Zehe pro Bein: der Unpaarhufer

längere Beine als das Rind => Angepasstheit an Laufen über große Strecken

weitere Paar- und Unpaarhufer auf AB bzw. nach Fotos zuordnen

2.1.4 Das Känguru

geht nicht, sondern springt (beide Hinterbeine stoßen sich gleichzeitig vom Boden ab)

lange Abschnitte der Hinterbeine (stark verlängerte Mittelfußknochen), Z-förmig angeordnet in Ruhe, werden plötzlich gestreckt => Angepasstheit an das Springen

2.1.5 Die Eidechse

ggf. **AB** mit Bewegungsablauf; Filmsequenz

verdreht bei jedem Schritt ihren Körper (schlängelnd); Beine sitzen seitlich am Körper => Muskeln benötigen viel Energie, um den Körper vom Boden wegzudrücken

=> Angepasstheit an kurzen, schnellen Sprint (Flucht vor Fressfeinden), aber kein Dauerläufer

2.1.6 Das Krokodil

wie Eidechse, nur größer

im kurzen Sprint so schnell, dass ein Mensch, der nahe beim Krokodil steht, meist nicht flüchten kann; Krokodile können aber keine längere Strecke schnell laufen, weil es zu viel Energie kostet, den Körper anzuheben

2.1.7 Die Ringelnatter

Kennzeichen von Schlangen: Hornschuppen, keine Beine, sehr lange Wirbelsäule

Kennzeichen der Ringelnatter: helle halbmondförmige Flecken am Hinterkopf

Umgang mit Ringelnattern: nicht giftig, bei Biss trotzdem zum Arzt, weil beim Biss Krankheitskeime übertragen werden können

schlängelnde Fortbewegung (wie auf Schienen): mäßig schnell, geräuschlos => Anpasstheit an Engstellen auf dem Weg, sehr energiesparend

2.1.8 Der Grünfrosch (Wasserfrosch)

Kennzeichen der Grünfrösche: hellgrüner Streifen auf dem Rücken

AB mit Skelett und mit Abfolge der Sprungbewegung

springende Fortbewegung

kumulatives Arbeiten: Vergleich mit Känguru

stark verlängerte Mittelfußknochen => lange Abschnitte der Hinterbeine, in Ruhe Z-förmig zusammengelegt, zum Springen gleichzeitig gestreckt => Anpasstheit an das Springen

evtl. kognitiver Konflikt: Die Hinterbeine tragen Häute zwischen den Zehen, die mit dem Springen nichts zu tun haben können. (Bleibt vorläufig offen.)

2.1.9 Vergleich

Körpermerkmal	Anpasstheit an	Beispiel
wenig Berührungsfläche auf dem Boden (z. B. nur 1-2 Zehen; auf Zehenspitzen gehen)	schnelles Laufen	Pferd Rind
Hinterbeine mit 3 langen Abschnitten	Springen	Känguru Grünfrosch
Beine unter dem Körper => Körper muss nicht durch Muskelarbeit von Boden weggedrückt werden	Gehen oder Laufen über lange Strecken	Mensch Rind Pferd

2.2 Fortbewegung im Wasser

2.2.1 Der Grünfrosch

AB mit Abfolge der Schwimmbewegung; Filmsequenz

Lösung des kognitiven Konflikts: Schwimmhäute an den Hinterbeinen; wenn sie im Wasser gleichzeitig gestreckt werden und wenn dabei auch die Zehen gespreizt werden, stößt sich der Frosch mit der großen Fläche ab und schießt schnell nach vorne => Anpasstheit an stoßweises Schwimmen

2.2.2 Modellversuch

V Modellversuch zur Absinkgeschwindigkeit unterschiedlich geformter Körper; Modellkritik (ALP, Blatt 08_1_v04: Stromlinienform 1)

zuvor Hypothesen aufstellen lassen

Beobachtung: Am schnellsten sinkt der stromlinienförmige Körper.

Erklärung: Er bietet dem Wasser am wenigsten Widerstand.

Skizzen mit Strömungslinien um einen stromlinienförmigen Körper und um einen Würfel.

2.2.3 Die Forelle

Präparat, Filmsequenz, Wandkarte ...

Die Forelle ist stromlinienförmig => Anpasstheit an schnelles Schwimmen im Wasser bzw. an Dauerschwimmen gegen die Strömung eines Baches

Die Flossen haben unterschiedliche Aufgaben (Skizze):

Flossentyp	Aufgabe
2 Brustflossen	lenken, bremsen
2 Bauchflossen	lenken, bremsen
1 Afterflosse	stabilisieren
1 Rückenflosse	stabilisieren
1 senkrechte Schwanzflosse	Antrieb

Die Flächen der Flossen bieten dem Wasser einen Widerstand => Anpasstheit an Stabilisierung, Lenken, Bremsen und Antrieb (vgl. Schwimmflossen beim Mensch)

Aufbau der Flossen: Die Flächen werden durch viele feine Knochenstrahlen aufgespannt.

Antrieb: Die Schwanzflosse schlägt nach links und rechts aus. Die Muskeln für diese Bewegung sitzen seitlich entlang des gesamten Körpers („Fisch-Filet“).

2.2.4 Die Ringelnatter

Filmsequenz

schlängelnde Bewegung etwa so wie an Land; wie auf Schienen => bietet dem Wasser sehr wenig Widerstand => Angepasstheit an Bewegung im Wasser, die kaum Wellen erzeugt und wenig Energie benötigt

2.2.5 Die Stockente

Kennzeichen von Enten: flacher, breiter Schnabel ohne Zähne

Kennzeichen der Stockente: violetter Flügelspiegel (bei beiden Geschlechtern)

kumulatives Arbeiten: Schwimmhäute an den Beinen bieten große Fläche zum Abstoßen vom Wasser => Angepasstheit an das Schwimmen (Watschelgang an Land zeigt: schlechte Angepasstheit an die Fortbewegung an Land)

2.2.6 Der Fischotter

stromlinienförmiger, schmaler Körper mit sehr kurzen Beinen => Angepasstheit an schnelles und ausdauerndes Schwimmen

Hinweis: Fischotter sind in Deutschland vom Aussterben bedroht; früher wurden ihre Felle oft zu Kleidungsstücken verarbeitet; seit 1968 ist die Jagd auf Fischotter verboten (vorher wurden sie gejagt, weil sie als Fischjäger ein Konkurrent des Menschen sind); heute wird ihr Lebensraum verbaut und Umweltgifte im Wasser bedrohen sie

2.2.7 Das Krokodil

liegt meist still unter der Wasseroberfläche; stößt bei der Jagd blitzschnell zu

stromlinienförmiger Körper, kurze Beine => geringer Wasserwiderstand

Antrieb durch muskulösen Schwanz und schlängelnde Bewegung durch seitliche Muskeln am Körper

=> Angepasstheit an plötzliche, schnelle Bewegung im Wasser, aber auch an energiesparende langsame Fortbewegung über längere Strecken (Krokodile sind viel besser an die Fortbewegung im Wasser angepasst als an die Fortbewegung an Land)

2.2.8 Der Delfin

sieht äußerlich aus wie ein Fisch, aber seine Schwanzflosse ist waagrecht, nicht senkrecht; seine Haut ist glatt (ohne Haare, ohne Schuppen)

stromlinienförmiger Körper und kurze Flossen => geringer Wasserwiderstand

Antrieb: Die Schwanzflosse schlägt auf und nieder, bewegt durch kräftige Muskeln im hinteren Teil des Körpers

=> Angepasstheit an ausdauerndes und schnelles Schwimmen

2.2.9 Der Pinguin

Ein Pinguin sieht etwas plump aus, hat einen zahnlosen Schnabel und eine Körperbedeckung aus kleinen, eng anliegenden Federn

stromlinienförmiger Körper und kurze Flossen => geringer Wasserwiderstand

Antrieb: Vorderflossen (Arme) werden auf und ab bewegt (Pinguine „fliegen“ im Wasser), bewegt durch kräftige Brustmuskeln

=> Anpasstheit an ausdauerndes und schnelles Schwimmen

2.2.10 Vergleich

Angepasstheiten an eine schnelle Fortbewegung im Wasser:

- stromlinienförmiger, meist schlanker Körper
- kurze Körperanhänge (Flossen, Beine)
- breite Flächen beim Antriebsorgan

Unterschiede bei den genannten Tieren, die sich nicht durch Anpasstheit an das Wasserleben erklären lassen:

- unterschiedliche Körperbedeckung
- Fischotter, Pinguin, Delfin, Ringelnatter usw. müssen in kurzen Abständen auftauchen, um Luft zu atmen

Bionik: Kunstwort aus „Biologie“ und „Technik“; technische Konstruktionen ahmen Anpasstheiten aus der Natur nach

- U-Boot: stromlinienförmiges Boot mit kurzen Anhängen; Antrieb durch die Flächen der Schiffsschraube
- Ribletfolie ahmt die raue Haihaut nach, deren Hautzähne die Reibung stark vermindert

2.3 Fortbewegung in der Luft

2.3.1 Luft ist nicht nichts

Praktikum zum Vogelflug (Eigenschaften der Luft) [LINK](#)

Wdh.: Zusammensetzung der Luft (8 Zehntel Stickstoff, 2 Zehntel Sauerstoff, sehr wenig andere Gase wie z. B. Kohlenstoffdioxid)

Luftwiderstand, hohe Energie bewegter Luft (Sturm)

Luftdruck: Man empfindet ihn nicht, er ist aber stärker als man glaubt (vgl. Versuch mit dem umgedrehten, wassergefüllten Becher)

2.3.2 Die Vogelfeder

Praktikum zur Vogelfeder [LINK](#)

Ergebnis: Die (Struktur-)Feder hat eine geschlossene Fläche (einfach reparierbar), ist sehr leicht, sehr stabil, undurchlässig für Luft und für Wasser.

Federtypen:

Federtyp	Struktur	Aufgabe
die Schwungfeder	ziemlich starr, flexibel. schmale und breite Seite	bildet die Tragfläche
die Deckfeder	ziemlich starr, flexibel, beide Fahnenhälften gleich breit	deckt den Körper ab, lässt kein Wasser durch
die Daunenfeder (Flaumfeder)	weich, kurzer Kiel, Äste nicht zu einer Fläche verbunden, ähnlich wie Watte	Isolierung (darf nicht nass werden)

Der Aufbau von Federn:

Material = der Hornstoff (Eiweißstoff)

der Federkiel (Röhre in der Mitte)

die Fahne aus Federästen, welche Haken- und Bogenstrahlen tragen (funktionieren wie ein Reißverschluss)

=> Angepasstheit an das Fliegen (geringes Gewicht, hohe Stabilität, geschlossene Fläche, die leicht reparierbar ist, wenn sie einen Riss bekommen hat)

2.3.3 Der Mäusebussard

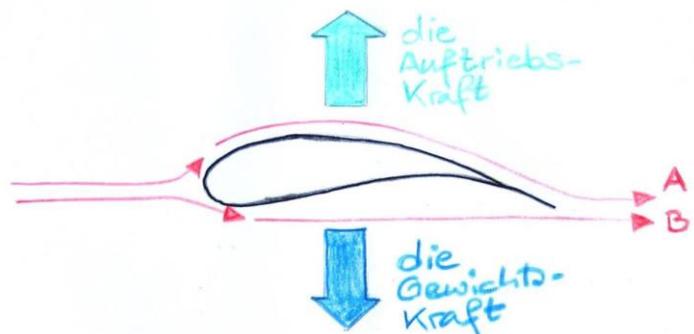
Präparat, Filmsequenzen

Gleitflug: Fliegen ohne Flügelschlag ohne zu sinken

Frage: Warum fällt der Vogel nicht vom Himmel, obwohl er viel schwerer ist als Luft?

Gewichts- und Auftriebskraft am Flügelprofil, Skizze mit Luftströmungen

A längerer Weg => höhere
Geschwindigkeit der Luft =>
geringerer Druck
B kürzerer Weg => geringere
Geschwindigkeit der Luft =>
höherer Druck



Erklärung der Auftriebs-Kraft:

- je schneller die Luft über einen Gegenstand fließt, desto weniger Druck übt sie auf ihn aus
- „Spielregel“: Die Luft, die von vorne auf die Flügelkante trifft, muss in der gleichen Zeit am Flügel entlang streichen.
- Die Luft, die auf der Oberseite des Flügels entlang streicht, muss der Wölbung folgen und hat damit den längeren Weg.
- Die Luft, die auf der Unterseite des Flügels entlang streicht, kann den geraden und damit kürzeren Weg nehmen.
- Deshalb fließt die Luft auf der Oberseite des Flügels schneller als auf der Unterseite.
- Deshalb drückt die Luft schwächer auf die Oberseite und stärker auf die Unterseite des Flügels.
- Insgesamt drückt die bewegte Luft den Flügel nach oben. Die Kraft, die dabei auftritt, heißt die Auftriebs-Kraft.

ggf. Magdeburger Kugeln: Ausmaß des Luftdrucks

Modellversuch zum Flügelquerschnitt; Modellkritik

AB Flügelskelett

Das Flügelskelett:

- nur drei stark verkümmerte Finger
- Die Tragfläche wird vor allem durch die Schwungfedern aufgespannt.

Angepasstheiten der Arme an das Fliegen:

- sehr große, leichte Fläche durch die Schwungfedern, undurchlässig für die Luft
- nach oben gewölbte Fläche erzeugt Auftriebskraft

2.3.4 Die Fledermaus

Filmsequenzen, Abbildungen, Flügelskelett

Flatterflug, kein Segelflug;

Tragfläche: Vier stark verlängerte Finger spannen eine Flughaut auf.

Angepasstheiten der Arme an das Fliegen:

- große, leichte Tragfläche, undurchlässig für Luft
- nach oben gewölbte Fläche erzeugt Auftriebskraft

2.3.5 Der Flugsaurier

z. B. Pteranodon oder Rhamphorhynchus

Tragfläche: ein einziger stark verlängerten Finger (der 4. Finger) spannt eine Flughaut auf

2.3.6 Vergleich

Angepasstheiten bei allen aktiven Fliegern:

- große, leichte Tragfläche
- nach oben gewölbte Fläche erzeugt Auftriebskraft

Unterschiede:

- Die Tragfläche wird bei Flugsaurier und Fledermaus von einer Flughaut gebildet, beim Mäusebussard von Schwungfedern
- Die Flughaut wird bei der Fledermaus von 4, beim Flugsaurier von nur 1 stark verlängerten Finger aufgespannt.

Bionik:

- Flugzeugkonstruktion mit stromlinienförmigem Rumpf und vogelflügelartigen Flügeln (historische Konstruktionen von Gleitern und Motorflugzeugen haben sich direkt an den Vögeln orientiert)
- Paragleiter mit großer, gewölbter Tragfläche; geflogen im Aufwind

3 Der Stoffwechsel

3.1 Wiederholung: Mensch

Stoffwechsel bedeutet:

- Stoff-Aufnahme (Sauerstoff mit der Lunge, Nahrung mit dem Mund)
- Stoff-Umwandlung (Nährstoff-Moleküle werden im Darm bei der Verdauung in ihre Baustein-Moleküle zerlegt; Sauerstoff und Traubenzucker werden in der Zellatmung umgewandelt in Kohlenstoffdioxid und Wasser)
- Stoff-Abgabe (Kohlenstoffdioxid in der Lunge, Abfallstoffe im Kot und Urin)

Nahrungsbestandteile:

- Nährstoffe (in großen Mengen): Kohlenhydrate, Fette, Eiweißstoffe
- weitere Bestandteile (in kleinen Mengen): Mineralsalze, Vitamine

Gasaustausch in der Lunge:

- Sauerstoff geht von der Luft im Lungenbläschen an den Lungenkapillaren ins Blut
- Kohlenstoffdioxid geht an den Lungenkapillaren aus dem Blut in die Luft im Lungenbläschen

Stoffaustausch an den Organen (z. B. Muskel):

- Sauerstoff, Traubenzucker, Aminosäure usw. gehen an den Körperkapillaren aus dem Blut in die Zellen des Organs
- Kohlenstoffdioxid und Abfallstoffe gehen an den Körperkapillaren aus den Zellen des Organs ins Blut

Die Zellatmung:

- die Stoffumwandlung bei der Zellatmung
- die Energieumwandlung bei der Zellatmung
- die Verwendung der Zell-Energie (für die Muskelbewegung, zum Heizen, zum Denken, zum Aufbau von Stoffen usw.)

3.2 Räuber beschaffen sich Beute

3.2.1 Der Hund

Hund und Wolf gehören zur gleichen Tierart, deshalb wird die wichtigste Jagdweise des Wolfes thematisiert.

Der Hund wird gefüttert, der Wolf muss sich seine Nahrung selbst beschaffen (vgl. aktuelle Diskussion zu den Bedingungen über den Abschuss von Wölfen), d. h. er muss seine Beute finden, sie erreichen, packen, töten und zerkleinern.

Beute finden: v. a. **Geruchssinn**; sehr lange Schnauze hat Platz für eine sehr große Riechschleimhaut (Geruchs-, „Bild“ beim Hund im Vergleich zum optischen Bild beim Menschen: fördert den Perspektivenwechsel, der in diesem Alter gerade beginnt, also das Vermögen, sich in andere hinein zu versetzen)

in zweiter Linie **Gehörsinn**, hört auch viel höhere Töne als der Mensch (Ultraschall; vgl. Hundepfeife) => Angepasstheit an das Auffinden weit entfernter Beute, die sich bewegt

Beute erreichen: lange Beine, Zehengänger (geringe Kontaktfläche auf dem Boden) => Angepasstheit an schnelles und ausdauerndes Gehen und Laufen; breiter Brustkorb => große Lunge => sehr gute Versorgung mit Sauerstoff => viel Energie für ausdauerndes Laufen; Fachbegriff: der **Laufjäger** (Hetzjäger: echte Hetzjagden über längere Strecken sind beim Wolf selten)

Fleischfresser-Gebiss: dolchartige Eckzähne zum Festhalten und Töten der Beute, spitze, scharfkantige Backenzähne („hochgebirgsartig“) zum Zerschneiden (nicht: Kauen!) von Fleisch, kleine meißel-förmige Schneidezähne zum Abnagen von Knochen; ggf. Vergleich mit dem menschlichen Gebiss (Vorwissen aus der 5. Klasse) => Angepasstheit an die Jagd auf schnelle Beutetiere

lange Schnauze (Jägersprache: der „Fang“) => Angepasstheit an das Packen und ggf. Festhalten der Beute aus dem Laufen heraus

Füße: nicht einziehbar, stumpfe Krallen und derbe Trittballen, Zehengänger => Angepasstheit an schnelles Laufen in unterschiedlichem Gelände

lebt in Gruppen (Rudel, meist Elternpaar und Jungtiere), jagt auch im Rudel:

Rudeljäger => Angepasstheit an die Jagd auch auf Beute-Tiere, die viel größer sind als der Wolf selbst (z. B. Elch, Bison, Hirsch)

Das Rudel beansprucht ein großes **Revier**, dessen Grenzen der Leitwolf mit Urin markiert und die er regelmäßig abschreitet => lange Beine, große Lunge als

Angepasstheit an ausdauerndes Laufen; die Beutetiere im Revier sind damit vor anderen Wölfen geschützt, das **vermeidet Nahrungs-Konkurrenz**

Fachbegriff: der **Räuber** (Raubtier)

ggf. den wertenden Beigeschmack dieses Begriffes hinterfragen (ein menschlicher Räuber begeht eine Straftat, ein Tier nicht)

3.2.2 Die Katze

Vergleich mit dem Hund: Was ist gleich, ähnlich, anders?

ebenfalls **Fleischfresser-Gebiss**, aber mit weniger Backenzähnen wegen kurzer Schnauze (sonst wie beim Hund)

Hauptsinne sind **Gehörsinn** (Tütenohren) und **Sehsinn** (die Pupille kann ihre Größe in sehr großem Umfang verändern; ggf. Tapetum lucidum: die hinterste Augenschicht, die das Licht zurückwirft, so dass es zwei Mal durch die Sehsinneszellen in der Netzhaut geht => Lichtverstärker => **Dämmerungsjäger**); Angepasstheit: In der Dämmerung sehen viele Beutetiere viel schlechter als die Katze.

weitere Angepasstheiten an die Dämmerungsjagd: schmaler Körper, der lautlos durch engen Durchschlupf passt; breiteste Stelle am Körper sind die Schnurrhaare an der Schnauze (Tastsinn)

Füße: einziehbare, sehr spitze Krallen, sehr weiche Fußballen => **Schleichjäger**; spitze Krallen als Angepasstheit an das Festhalten der Beute (die immer kleiner ist als die Katze selbst)

Einzeljäger, Räuber

3.2.3 Der Mäusebussard

Beute entdecken: vom Ansitz aus oder im Segelflug; Angepasstheit: extrem scharfer **Sehsinn** (erkennt eine Maus aus drei Kilometern Höhe); in den beiden Sehgruben acht Mal schärferes Bild als beim Menschen aufgrund einer sehr hohen Anzahl von Sehsinneszellen; weitere Angepasstheit: Knochen über dem Auge tritt hervor (Überaugenwulst) und beschattet das Auge

sich der Beute nähern: sehr schneller Sturzflug

Beute packen und töten: mit den „Fängen“, mit denen hier die Beine bezeichnet werden, die mit langen, kräftigen und sehr spitzen Krallen ausgestattet sind

Beute zerteilen: mit dem scharfkantigen Schnabel aus Hornstoff (Greifvogel-Schnabel)

3.3 Vegetarier

3.3.1 Das Rind

Bezeichnungen: das Rind, -er (als Oberbegriff), der Stier, -e (männlich), die Kuh, -e (weiblich), das Kalb, -er (Jungtier), der Ochse, -n (kastrierter Stier, nicht fortpflanzungsfähig und zahm) (*Diese Begriffe kennen die Kinder oft nicht!*)

Grasfresser-Gebiss (der Ausdruck ist viel präziser als „Pflanzenfresser-Gebiss“, weil es auch Früchtefresser und Nektarsauger gibt, deren Mundwerkzeuge komplett anders aussehen): flache Backenzähne mit Schmelzfalten zum Zermahlen der kargen Nahrung; Schneidezähne und Eckzähne nur unten und völlig gleichartig meißelförmig zum Absäbeln von Grasbüscheln; ggf. Wiederholung des Zahn-Grundbauplans und Vergleich mit dem Menschen

Fachbegriffe: **Weidegänger** (Wiederholung des Begriffs „Weide“ als Grünland, das von Tieren abgefressen wird, aus der 5. Klasse); ggf. **Pflanzenfresser** als Oberbegriff zu Grasfresser

Verbesserung der Nahrungsnutzung durch die **Mikroorganismen** im Pansen („Gärkammer“) und das **Wiederkäuen** (*Hinweis: Auf eine genauere Besprechung der vier Mägen kann verzichtet werden, wichtiger sind die beiden genannten Grundprinzipien. Allenfalls kann die Rolle des Blättermagens thematisiert werden, in dem eine enorme Oberflächenvergrößerung dafür sorgt, dass der Speisebrei stark eingedickt wird, bevor er in den Labmagen kommt.*) Streng genommen ernährt sich das Rind durch die Verdauung der Mikroorganismen, die es mit Gras füttert und in seinem Pansen hegt.

Angepasstheiten an das Leben als Grasfresser: harte Schmelzfalten in den Backenzähnen zum Zerkleinern; sehr lange Backenzähne die auch nach jahrelangem Abrieb noch funktionieren; Mikroorganismen als Verdauungs-Helfer, sehr langer Darm zum Verdauen eines möglichst großen Anteils der wenig ergiebigen Nahrung; Konkurrenzvermeidung, weil nur wenige Tiergruppen mit der problematischen Nahrung Gras zurecht kommen

3.3.2 Das Pferd

Grasfresser-Gebiss: kurzer Vergleich mit dem Gebiss des Rindes (Backenzähne praktisch gleich); Hinweis darauf, dass das Pferd in Amerika und das Rind in Eurasien unabhängig voneinander entstanden sind, beide nutzen Gras als Nahrung, das wenig Nährstoffe enthält, mit seinen feinen Kristallen die Zähne abreibt, so dass es kaum Nahrungskonkurrenz zu anderen Tieren in der gleichen Region gibt (hier lässt sich die Idee der konvergenten Entwicklung bereits anbahnen); **Weidegänger**

Die Verdauungshilfe durch **Mikroorganismen** erfolgt im riesigen Blinddarm (aber kein Wiederkäuen).

ggf. auch Vergleich bei Vögeln: Anpasstheiten von Vogelschnäbeln an die Ernährungsweise; Modellversuch [LINK](#), ALP Blatt 08_2_v22: Vogelschnäbel

3.4 Die Körper-Temperatur

Tabelle/Diagramm: Atemfrequenz beim Frosch in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (z. B. in M. Schmidt, Hrg.: Natur und Technik 6 / Biologie, Buchner 2018, Seite 110); **AB** Temperatur und Energiebedarf [LINK](#) (bei „Wirbeltiere allgemein“)

Diagramm beschreiben und erklären

mehr Atemvorgänge pro Minute => größere Aufnahme von Sauerstoff => höhere Bereitstellung von Zell-Energie durch die Zellatmung

Ursache: Je höher die Umgebungstemperatur ist, desto höher ist beim Frosch die Körpertemperatur und desto schneller laufen die Lebensvorgänge in seinen Zellen ab, desto mehr Zell-Energie verbraucht er.

Bei einer Katze oder einem Mäusebussard ist das nicht so.

3.4.1 Zwei unterschiedliche Gruppen

Säugetiere und Vögel verwenden einen Teil ihrer Zell-Energie zum Heizen. Sie haben deshalb unabhängig von der Umgebungstemperatur immer (ungefähr) die gleiche Temperatur (z. B. Mensch: 37 °C; Singvögel: etwas über 40 °C). Durch eine ziemlich hohe Körpertemperatur laufen die Lebensvorgänge ziemlich schnell ab, deshalb sind Säugetiere und Vögel auch zu kalten Tages- und Jahreszeiten voll aktiv; in kalten Zeiten können sie ihre Nahrung suchen, müssen aber viel Zell-Energie für die Heizung aufwenden. Solche Tiere nennt man mit einem Adjektiv **gleichwarm** (weil ihre Temperatur immer gleich ist) oder mit einem Nomen **Thermoregulatoren** (weil sie ihre Körpertemperatur selbst regeln).

Fische, Amphibien und Reptilien können ihren Körper nicht aufheizen. Deshalb haben sie etwa die Temperatur ihrer Umgebung. Je kälter die Umgebungstemperatur ist, desto kälter sind ihre Körper, desto langsamer laufen ihre Lebensvorgänge ab. Deshalb müssen sie in kalten Zeiten Verstecke aufsuchen, weil sie in der Kältestarre vor Fressfeinden nicht oder nicht schnell genug fliehen können. Sie können in kalten Zeiten zwar keine Nahrung suchen, verbrauchen aber auch nur sehr wenig Zell-Energie. Solche Tiere nennt man mit einem Adjektiv **wechselwarm** (weil ihre Temperatur wechselt, je nach Umgebungstemperatur) oder mit einem Nomen **Thermokonforme** (weil ihre Körpertemperatur konform, d. h. gleich ist wie die der Umgebung).

Amphibien und Reptilien sind im Winter nicht zu sehen, weil sie dann meist in Erdhöhlen in **Kältestarre** liegen. Fische leben im Wasser, haben deshalb immer eine Temperatur über 0 °C und bewegen sich auch im Winter. Hilfe für Thermokonforme: Haufen aus Zweigen und Laub anlegen, in denen sie frostfrei überwintern können.

In der warmen Jahreszeit lassen sich thermokonforme Land-Wirbeltiere gerne von der Sonne aufheizen. Eidechsen, Frösche und Schlangen liegen in den frühen Vormittagsstunden gerne auf sonnen-beschienenen Steinen.

3.4.2 Energie sparen bei Thermoregulatoren

Versuch: Abkühlung im unbedeckten bzw. trocken bzw. nass umwickelten Gefäß

Gleichwarme Tiere müssen im Winter viel Zell-Energie für das Heizen aufwenden. Gleichwarme Tiere, die im Wasser leben, das viel kälter ist als sie selbst, könnten sehr schnell sehr viel Wärme-Energie verlieren.

Angepasstheiten:

a) Isolation durch Fett oder unbewegte Luft

- dicke Fettschicht (z. B. Wale, Robben)
- Fell: wasserabweisende Grannenhaare halten die locker darunter liegenden Flaumhaare trocken; zwischen den Flaumhaaren ist viel Luft, die sehr gut isoliert (Winterfell beim Wolf, Pferd)
- Federn: wasserabweisende Deckfedern halten die locker darunter liegenden Flaumfedern trocken, zwischen denen viel Luft ist

b) Energiespar-Modus

- **Winterschlaf:** Manche Säugetiere fressen sich im Herbst eine Fett-Reserve an, suchen ein frostsicheres Versteck auf und schlafen mehrere Monate lang. Dabei senken sie aktiv ihre Körpertemperatur stark ab => der Bedarf an Zell-Energie sinkt sehr stark => sie müssen seltener atmen und das Herz schlägt seltener (vgl. z. B. Tabelle in M. Schmidt, Hrg.: Natur und Technik 6 / Biologie, Buchner 2018, Seite 120). Wenn es zu kalt wird, heizen sie sich auf und werden für kurze Zeit wieder wach.
Beispiele: die Fledermaus, der Igel, der Siebenschläfer, das Murmeltier
- **Winterruhe:** Manche Säugetiere schlafen in gleicher Weise im Winter, aber sie heizen sich immer wieder auf und werden wach, um Nahrung aufzunehmen, weil ihnen der Winterspeck alleine nicht genügt.
Beispiele: der Dachs, der Braunbär, das Eichhörnchen (das im Herbst an mehreren Stellen Eicheln und Nüsse vergräbt, die es im Winter frisst), der Maulwurf (der in seinen unterirdischen Gängen Regenwürmer sammelt, denen er die Köpfe abbeißt)

c) Umziehen

- Viele Vögel ziehen im Winter in den Süden, wo es wärmer ist und sie mehr Nahrung finden: **Zugvögel**. Im Frühling kommen sie wieder zu uns zurück, weil dann bei uns die Tage länger sind und sie dadurch mehr Zeit haben, Nahrung für ihre Jungvögel zu suchen. Die Wanderstrecken können dabei zum Teil sehr lang sein (bis über 8000 km).

Kartenarbeit: Wanderwege einzeichnen; Vögel meiden das offene Meer, weil es nur an der Küste oder über Land Aufwinde gibt (Wdh. Auftriebs-Kraft)

Erkenntnisgewinnung: Aufklärung der Wanderwege durch Beringung

digitale Arbeit: animal tracker / Vogel-BISA / Beobachtungen an einer Futterstelle

3.5 Atem holen

3.5.1 Die Lungen-Atmung

Alle Säugetiere, zu denen auch der Mensch gehört, atmen mit Lungen.

Alle Vögel atmen mit Lungen, die aber viel komplizierter gebaut sind, um noch mehr Sauerstoff aus der Luft ins Blut zu befördern (Fliegen kostet viel Energie).

Alle Reptilien atmen mit Lungen. Die sind aber viel einfacher gebaut als bei Säugetieren (geringere Oberflächen-Vergrößerung). Deshalb können Reptilien auch weniger Sauerstoff ins Blut aufnehmen und sind deshalb nicht so leistungsfähig.

AB Vergleich verschiedener Lungentypen

3.5.2 Fische: Atmen im Wasser

Eingangsimpuls: Warum erstickt ein Fisch im Wasser nicht, warum aber an der Luft?

Kompetenztraining (Erkenntnisgewinnung): Auf einem Arbeitsblatt [LINK](#) erhalten die Schüler Informationen über die Menge an Sauerstoff, die 1 L Luft bzw. 1 L Wasser maximal bei unterschiedlicher Temperatur enthält, und formulieren daraus die Problemstellung, dass im Wasser erheblich weniger Sauerstoff enthalten ist als in Luft. Weil der Wasserwiderstand sehr hoch ist, wird für die Fortbewegung pro Meter Strecke im Wasser auch viel mehr Energie benötigt als in Luft. Ein schnell schwimmender Fisch muss also nicht nur Energie sparen, sondern auch möglichst viel Sauerstoff aus dem Wasser in seinen Körper überführen.

Als Hausaufgabe zeichnen die Schüler ein Diagramm zur Abhängigkeit des maximalen Sauerstoffgehalts von Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur und überlegen, ohne sich anderweitig Informationen zu holen, mögliche Strategien für einen möglichst effektiven Gasaustausch unter Wasser.

Die Erfahrung zeigt, dass dabei oft sehr interessante Lösungen zutage treten, die zwar manchmal physikalisch nicht möglich sind (wie eine Vielzahl enger Röhren, durch die das Atemwasser fließen soll), manchmal nicht bei Fischen, aber bei anderen Wassertieren verwirklicht sind (wie äußere Kiemen), manchmal aber sehr realistisch sind. Es lohnt sich, die Vorschläge der Schüler präsentieren zu lassen und sie zu diskutieren. Wesentlich dabei ist die Erkenntnis, dass

eine bedeutende **Oberflächenvergrößerung** die Grundlage für effektiven Gasaustausch bildet.

Dann werden die **Kiemenblättchen** mit ihren Kapillaren vorgestellt (ggf. Skizze, die auch den Gasaustausch zeigt). Daraus ergibt sich das Problem, sie platzsparend und effizient anzuordnen: **Kiemenbögen**.

Ein weiterer Effekt zur Erhöhung des Gasaustauschs besteht darin, dass das Atemwasser stets in der gleichen Richtung über die Austauschflächen läuft („**Einbahnstraße**“), also immer frisch auf sie trifft – im Gegensatz zur Lungenatmung, bei der in der Hälfte der Zeit verbrauchte Luft auf die Austauschflächen trifft.

Daraus ergibt sich die Frage nach dem **Weg** des Atemwassers und seinem Antrieb. Erst wenn dies erarbeitet ist, können die Schüler das Blockbild eines teilweise aufgeschnittenen Fisches verstehen, in dem die Atemmechanik dargestellt ist.

Die Kiemenreuse kann dabei unberücksichtigt bleiben oder im Anschluss besprochen werden: Sie hält Nahrungs-Krümel von den empfindlichen Kiemenblättchen fern und befördert sie gewinnbringend in die Speiseröhre.

Rückgriff auf den Eingangsimpuls: Verkleben der Kiemenblättchen an der Luft. Dazu **Modellversuch** ALP Blatt 08_1_v07: Modellversuch Kiemenatmung im Wasser und in der Luft

Ggf. kann fakultativ der **Blutkreislauf** bei Fischen behandelt werden (Transport der Atemgase). Das Kreislaufsystem ist im Lehrplan beim Vergleich der Wirbeltierklassen allerdings nicht als Kriterium vorgesehen. Wenn dieses Thema aber kumulativ aufgegriffen werden soll, dann eignet sich die Klasse Fische dafür am besten.

Einfacher Kreislauf mit einfachem Herz beim Fisch: Vorkammer > Herzkammer > Kiemen > Körper (durch das Herz fließt nur sauerstoffarmes Blut).

Wiederholung der Begriffe Vene, Arterie, Kapillare und der Farbsymbolik von blau und rot. Es ist Geschmacksfrage, ob man für die Verbindung zwischen Kiemenkapillaren und Körperkapillaren den Fachbegriff „Pfortader“ extra einführen will.

3.5.3 Erwachsene Frösche

Abb. Vergleich verschiedener Lungen

Frösche besitzen sehr einfache **Lungen** mit sehr wenig Oberflächen-Vergrößerung. Sie haben keinen beweglichen Brustkorb und müssen die Luft schlucken (Schluck-Atmung). Das macht nur den kleinsten Teil der Atmung aus.

Noch mehr Sauerstoff nehmen die Frösche über die Schleimhaut in ihrem riesigen Mund auf (**Mundhöhlen-Atmung**).

Etwa die Hälfte des Sauerstoffs nehmen die Frösche mit ihrer dünnen, feuchten Haut auf (**Haut-Atmung**).

3.5.4 Angepasstheiten an das Landleben

vom Wasser aufs Land [LINK \(bei „Amphibien“\)](#)

vom Feuchtraum in den Trockenraum [LINK \(bei „Reptilien“\)](#)

3.5.5 Vergleich

- Je mehr ein Tier leisten muss, desto mehr Zellatmung muss es betreiben, desto mehr Sauerstoff braucht es. Vögel müssen extrem viel leisten, wenn sie sich durch Flügelschlagen in der Luft halten => Sie haben die aufwendigsten Lungen und die höchste Körpertemperatur. Fische müssen sehr viel leisten, wenn sie schnell durch Wasser schwimmen; außerdem enthält ein Liter Wasser sehr viel weniger Sauerstoff als ein Liter Luft => Die Einbahnstraße der Kiemenatmung holt sehr viel Sauerstoff aus dem Wasser.
- Tiere, die keine Zell-Energie zum Heizen verwenden, viel ruhen und sich nur selten schnell bewegen, brauchen weniger Sauerstoff. Ihre Atemorgane sind einfacher und holen weniger Sauerstoff ins Blut (Eidechse, Frosch).

4 Nachwuchs

4.1 Wiederholung: Mensch

Bei der Befruchtung verschmelzen **Eizelle** und **Spermienzelle** zu einer neuen Zelle, der **Zygote**, in der die eine Hälfte der Erb-Information von der Mutter und die andere Hälfte vom Vater stammt.

Durch viele Zellteilungen entsteht aus der Zygote der **Embryo** und wächst zum **Säugling** heran, der nach insgesamt neun Monaten geboren wird. Meist bekommt eine Frau nur 1 Kind auf einmal.

Der Säugling wird gesäugt, d. h. er ernährt sich von den Nährstoffen in der **Muttermilch** (daher der Name Säugetiere). Es dauert viele Jahre, bis der junge Mensch selbständig ist. Bis dahin wird er von seinen Eltern versorgt: sehr großer **Elternaufwand**.

4.2 Der Hund

Nur zu bestimmten Zeiten im Jahr ist eine Hündin bereit zur Paarung („läufig“). Alles verläuft ähnlich wie beim Menschen, aber die Tragzeit (Schwangerschaft) ist kürzer (2 Monate), eine Hündin bekommt mehrere Jungtiere (der Welpen, -n) auf einmal (= der Wurf; Hund: 3-12 Welpen; Wolf: 4-6 Welpen). Angepasstheit:

Eine Hündin hat mehrere Paare von Milchdrüsen => mehrere Welpen können gleichzeitig gesäugt werden.

Großer Elternaufwand durch aufwendige **Brutpflege**. Die Befruchtung findet im Körper des Weibchens statt: **innere Befruchtung**.

4.3 Der Mäusebussard

Er baut ein großes Nest weit oben in einem Baum => Anpasstheit: Es gibt sehr wenige Fressfeinde, die dort oben die Eier oder die Jungtiere rauben könnten.

Großer Elternaufwand: Die meist 2-3 hartschaligen Eier werden über einen Monat lang bebrütet, die Jungvögel bleiben 6-7 Wochen im Nest und werden von den Eltern gefüttert.

Nesthocker: die Jungvögel schlüpfen nackt und blind aus dem Ei, können sich zunächst noch nicht fortbewegen, bleiben lang im Nest, bekommen erst nach einiger Zeit Federn.

4.4 Die Stockente

Im Herbst bekommt das Männchen (der Erpel, -) ein **Prachtkleid**: metallisch schillernd grüner Kopf mit weißen Halsband. Bei der **Balz** zeigt es auch seinen rautenförmigen violetten Fleck am Flügel, den Spiegel (er bleibt das ganze Jahr über). Bei der Balz finden sich Männchen und Weibchen, die sich im Frühjahr paaren. Die Befruchtung findet im Körper des Weibchens statt: innere Befruchtung.

Sie baut ein sehr einfaches Nest (z. B. eine Mulde im Gras) nahe bei einem Gewässer und legt 7-16 hartschalige Eier hinein, die etwa vier Wochen lang bebrütet werden.

Nestflüchter: Die Jungvögel schlüpfen mit Flaumfedern aus dem Ei, können sofort sehen und nach wenigen Stunden laufen und schwimmen, verlassen sehr bald das Nest und begleiten ihre Mutter bei der Nahrungssuche. Der Elternaufwand ist also groß, aber kleiner als beim Mäusebussard, weil die Jungvögel ihre Nahrung selbst suchen.

4.6 Das Haushuhn

Praktikum Hühner-Ei [LINK](#), ALP Blätter 08_2_v01 bis 08_2_v18

AB Längsschnitt durch ein Hühner-Ei [LINK](#)

AB; Inhalte: *sieh dort*

Entstehung der Eier im Huhn: Längsschnitt vom Eierstock bis zur Kloake, Ort der Befruchtung (direkt nach der Dotterbildung), Eiweiß-Drüse, Kalk-Drüse

4.7 Die Eidechse

Nach der Balz erfolgt eine innere Befruchtung. Die 5-14 weichschaligen Eier werden im Sand vergraben und nur durch die Sonne gewärmt => je wärmer die Tage sind, desto schneller wachsen die Jungtiere in den Eiern heran.

Der Elternaufwand endet mit der Ei-Ablage, ist also gering.

4.8 Der Grasfrosch

Im März wandern die Tiere zu einem Gewässer. Balz: Das Männchen knurrt leise mit Hilfe von inneren Schallblasen. Das Männchen setzt sich auf den Rücken des Weibchens. Bald gibt das Weibchen in der Wasser meist weit über 1000 Eier (= der Laich) ab, die nur wenige Millimeter groß, durchsichtig und ohne Schale sind. Über die Laichballen gibt das Männchen seine Spermienzellen ab, so dass die Befruchtung im Wasser stattfindet: **äußere Befruchtung**.

AB zur Entwicklung des Grasfroschs

Die Gallerte der Eier wirkt wie eine Linse und lenkt die Sonnenstrahlen auf den Keim, die ihn erwärmen. Die Jungtiere schlüpfen je nach Temperatur nach wenigen Tagen bis vier Wochen. Sie sehen völlig anders aus als die Elterntiere: So ein Jungtier nennt man allgemein eine **Larve** (die Larve, -n), beim Frosch heißt die Larve: die **Kaulquappe**, -n. Sie hat einen Flossensaum zum Schwimmen und zum Atmen, einen langen Schwanz und anfangs äußere Kiemen, aber noch keine Beine. Mit der Zeit ziehen sich die Kiemen nach innen zurück (innere Kiemen), dann wachsen die Hinter-, danach die Vorderbeine. Am Schluss wird der Schwanz immer kürzer und der Flossensaum wird zurück gebaut. Gleichzeitig verwandelt sich der kleine, runde Larvenmund in ein breites Froschmaul. So eine Entwicklung nennt man: **die Metamorphose**.

Angepasstheit: Die Kaulquappen schaben mit ihrem kleinen Mund z. B. Algen von Steinen; die erwachsenen Tiere ernähren sich von Insekten. Auf diese Weise machen sie sich gegenseitig keine Konkurrenz.

Der Elternaufwand endet mit der Ei-Ablage, ist also gering.

4.9 Die Erdkröte

Vergleich:

Merkmal	Frosch	Erdkröte
Haut	glatt	mit „Warzen“
Regenbogenhaut im Auge	grün	gelb
Hinterbeine	kräftig für weite Sprünge	weniger kräftig (hoppeln)

Ähnlich wie beim Grasfrosch, aber Ablachen etwas später und nicht in Laichballen, sondern in Laichschnüren, die um Pflanzenstängel gewickelt werden.

Der Elternaufwand endet mit der Ei-Ablage, ist also gering.

Kompetenztraining – Erkenntnisgewinnung: Untersuchungen zur Entwicklung bei Erdkröten [LINK](#)

besondere Gefährdung von Amphibien:

- Vernichtung der Laichgewässer und Jagdgebiete
- Kontaktgifte aus der Landwirtschaft werden von der nackten Haut leicht aufgenommen; große Oberfläche
- Gefährdung durch den Straßenverkehr bei den Wanderungen

Schutzmaßnahmen:

- Krötenzaun und Krötentunnel
- Neuanlage von Kleingewässern
- Verzicht auf landwirtschaftliche Gifte (Öko-Landbau); wird gefördert durch den Kauf ökologischer Nahrungsmittel

4.10 Der Lachs

Fische legen sehr viele kleine Eier, die ähnlich aussehen wie bei Amphibien. Äußere Befruchtung im Wasser. Lachse wandern vom Meer die Flüsse hinauf und legen ihren Laich am Boden von Gebirgsbächen ab. Danach sind sie meist so entkräftet, dass sie sterben.

Kompetenztraining – Erkenntnisgewinnung: Die Schüler werden darüber informiert, dass es heißt, Lachse wandern aus dem Meer zum Ablaichen in den Bach zurück, aus dem sie selbst stammen. Sie sollen ein Untersuchungs-Konzept entwickeln, mit dem diese Hypothese überprüft werden kann. Anschließend sollen sie eine Hypothese aufstellen, woran sich die Lachse bei ihrem Aufstieg orientieren, und ein Untersuchungs-Konzept entwickeln, wie diese Hypothese überprüft werden kann. [LINK](#)

Bei diesem Thema ist es sinnvoll, auf die Gefährdung von Wanderfischen durch Talsperren einzugehen. Lösung: **Fischtreppe**.

4.11 Vergleich

4.11.1 Angepasstheiten bei der Nachkommenzahl

- Je größer der Elternaufwand ist, desto weniger Nachkommen hat ein Weibchen.
- Je größer die Gefahr für den Nachwuchs ist, desto mehr Nachkommen hat ein Weibchen.

Lachs: großer Elternaufwand durch die lange und sehr anstrengende Wanderung, keine Brutpflege, große Gefahr für die Jungtiere => viele Eier

Stockente: großer Elternaufwand (Brut, Begleitung der Jungtiere), mittlere Gefahr für die Jungtiere => 7-16 Eier

Mäusebussard: sehr großer Elternaufwand (aufwendiger Nestbau, Brut, lange Fütterung), geringe Gefahr für die Jungtiere => 2-3 Eier

Wolf: sehr großer Elternaufwand durch Brutpflege, mittlere Gefahr für die Jungtiere => Wurf mit 4-6 Welpen

4.11.2 Angepasstheiten an den Lebensraum

- im Wasser: viele kleine Eier ohne Schale, meist äußere Befruchtung
- an Land: wenige große Eier mit Schale, die u. a. vor Austrocknung schützt, wegen der Schale immer innere Befruchtung
- Säugetiere: Jungtiere wachsen im Mutterleib heran (in der Gebärmutter), wo sie geschützt sind und durch den Körper der Mutter versorgt werden; danach intensive Brutpflege (Milchdrüsen)

4.11.3 Einen Partner finden

Vergleich von Balztrachten bzw. auffälligen Körperteilen, die in der Balz eingesetzt werden: grün schillernder Kopf beim Stockenten-Erpel, lange Schwanzfedern mit Augenflecken beim Pfau, Geweih beim Rothirsch, roter Bauch beim Stichling ...

Vergleich von Balzzeiten: Die unterschiedlichen Balzzeiten von Braun- und Grünfröschen verhindern, dass sich die „falschen“ Arten paaren. – Die Balz liegt bei Säugetieren zeitlich so, dass am Ende der Tragzeit für das Jungtier die besten Lebensbedingungen vorliegen (Reh).

Vergleich von Balzverhalten: Rufe, Tänze usw.

5 Die Sinne – Fenster zur Umwelt

Die Inhalte des Abschnitts „Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung und Reaktion“ sind teilweise in den anderen Abschnitten integriert (z. B. bei Hund, Katze und Mäusebussard).

5.1 Unterschiede beim Sehsinn

- Menschen sehen den Bereich der „Regenbogenfarben“: rot, orange, gelb, grün, blau, violett.
- Hunde sehen auch Farben, aber nicht den roten Bereich.
- zum Scharfsehen: vgl. Mäusebussard (Abschnitt 3.2.3)

5.2 Besondere Sinne

Wichtig hierbei ist der Perspektivwechsel für den Schüler: Der Mensch orientiert sich vor allem an einem optischen Bild (Augentier), der Hund an

einem geruchlichen Bild (Nasentier), die Fledermaus an einem Ultraschall-Bild (Ohrentier), die Forelle an einem Geruchs- und einem Vibrations-Bild.

5.2.1 Ultraschall-Ortung

Fledermäuse orientieren sich nicht mit dem Sehsinn, sondern mit Ultraschall. Sie stoßen kurze, sehr hohe Töne aus, die von Gegenständen wie Hindernissen, aber auch Beutetieren (z. B. Nachtfalter) zurückgeworfen werden. Die großen Ohren fangen diesen Schall auf. Aus diesen Informationen konstruiert das Gehirn eine genaue räumliche Wahrnehmung.

Beobachter von Fledermäusen verwenden ein Gerät, das die sehr hohen Töne verwandelt in tiefere Töne, die der Mensch hören kann.

5.2.2 Das Seitenlinienorgan

Fische besitzen auf beiden Körperseiten ein Seitenlinienorgan. Das ist ein unter der Haut verlaufender Kanal, der in regelmäßigen Abständen Öffnungen nach außen hat. In dem Kanal sitzen Sinneshärchen, die Bewegungen im Wasser feststellen können. Weil jede Seite ein eigenes Seitenlinienorgan besitzt, kann der Fisch damit die Richtung des Objekts bestimmen, von dem die Bewegung ausgeht. Damit können Hindernisse, Fressfeinde und Beute voneinander unterschieden werden.

5.2.3 Das Grubenorgan

Viele Schlangen besitzen ein Grubenorgan, das Infrarot-Strahlung feststellt, das bedeutet: Wärmestrahlung. Die Schlangen nehmen damit ein Infrarot-Bild wahr, das wie ein Schwarz-Weißbild aussieht. Sie können damit v. a. kleine Säugetiere erkennen, deren Körpertemperatur deutlich über der Umgebungs-Temperatur liegt.

6 Nutztiere und Heimtiere

6.1 Der Hund – ein Heimtier

6.1.1 Die Hunderassen

Einblick in die enorme Vielfalt der Hunderassen bezüglich Körpergröße, Fellfärbung usw.

wesentliche Erkenntnis: Innerhalb einer Tierart sind nicht alle Tiere gleich, sondern sie unterscheiden sich. Bei der Tierart Hund sind diese Unterschiede besonders groß.

6.1.2 Die Entstehung der Hunderassen

Der Hund stammt vom Wolf ab. Weil der Wolf in Rudeln lebt, ist es für ihn nicht schwer, den Menschen als Rudelführer anzuerkennen => er kann sich dem Menschen gut unterordnen und ist gut dressierbar. Bereits in der Eiszeit (verlässliche Jahreszahlen liegen derzeit nicht vor) hat der Mensch Wölfe (vermutlich Jungtiere) bei sich aufgenommen.

Künstliche Auswahl (künstliche Auslese): Der Mensch hat darauf geachtet, dass sich immer nur solche Wölfe paaren, die erwünschte Eigenschaften hatten wie z. B. geringe Aggressivität. Mit der Zeit entstanden dabei Tiere, die dem Wolf immer weniger ähnlich waren.

Später wurden für die Fortpflanzung die Tiere ausgewählt, die eine gefundene Beute nicht gleich zerlegten, sondern davor stehen blieben und bellten. Daraus entstanden Jagdhunde wie der Setter.

Andere Tiere waren besonders klein und behielten ihre kindlichen Merkmale wie Hängeohren, kurze Schnauze und Ringelschwänzchen. Daraus entstanden Schoßhunde wie der Mops oder der Chihuahua.

Weitere Nutzung von Hunden:

- der Blindenhund: führt einen blinden Menschen, beachtet dabei Hindernisse, die für den Hund ohne Bedeutung sind, gegen die der Mensch aber stoßen könnte.
- der Wachhund: bewacht die Wohnstätte und meldet Eindringlinge
- der Hütehund: bewacht eine Herde von Schafen, hält sie zusammen, treibt sie zu einem bestimmten Ort
- der Spürhund: entdeckt mit seinem geschulten Geruchssinn z. B. Drogen in Reisegepäck oder Sprengstoff

6.1.3 Haltung und Pflege

Tiergerechte Haltung: regelmäßiger Auslauf, nicht zu lange alleine lassen, nicht lange in der Hitze lassen (Hunde schwitzen nur auf der Zunge und den Fußballen), artgerechte Ernährung (keine gesalzenen Speisen, keine Süßspeisen, keine splitternden Röhrenknochen) usw.

6.2 Die Katze – ein Heimtier

Die Hauskatze stammt von der in Afrika lebenden Falbkatze ab. Auch bei der Hauskatze gibt es viele verschiedene Formen. Die Falbkatzen wurden vermutlich deshalb vom Menschen gezähmt, weil sie die Mäuse jagten, die in den Getreidespeichern die Vorräte fraßen. Diese Aufgabe war so wichtig, dass es im Alten Ägypten sogar eine als Katze dargestellte Göttin gab: Bastet.

Auch hier betrieb der Mensch künstliche Auswahl (künstliche Auslese): Nur die Tiere mit den erwünschten Eigenschaften durften sich fortpflanzen, z. B. die sanftesten (dem Menschen gegenüber), später auch Tiere mit bestimmter Fellfärbung, bestimmter Haarlänge usw.

Artgerechte Haltung: Katzen sind Einzelgänger, unterwerfen sich deshalb nicht so einfach und sind bei Weitem nicht so gut zu dressieren wie ein Hund. Katzen können problemlos viele Stunden allein gelassen werden. Sie brauchen einen Gegenstand, an dem sie ihre Krallen schärfen können (Kratzbaum). Keine Essensreste vom Tisch.

6.3 Das Hausrind – ein Nutztier

Vor etwa 9000 Jahren begann der Mensch, den Auerochs oder Ur an sich zu binden. Daraus entstand das **Hausrind**. Im Jahr 1627 starb der letzte Auerochs, eine Kuh. Im Münchner Tierpark Hellabrunn sind Tiere zu sehen, die so ähnlich aussehen wie Auerochsen; sie wurden durch Kreuzung verschiedener Hausrinder-Rassen gezüchtet. Bei der Auswahl der Tiere für die Fortpflanzung achtete der Mensch auf verschiedene Gesichtspunkte: möglichst sanftes Verhalten (außer beim spanischen Kampfrend), Produktion von viel Fleisch (Fleischrind) oder viel Milch (Milchrind).

Artgerechte Tierhaltung: Das Rind ist ein Weidegänger und sollte deshalb frei herumgehen können (Laufstall), es lebt in Herden und sollte deshalb in Gruppen zusammenleben; es bildet ein Winterfell aus und bleibt in kühler, trockener Luft gesünder als in feucht-warmer Luft (Stall, bei dem eine Seite meist offen bleibt, auch im Winter).

6.4 Das Hauspferd – ein Nutztier

Das **Hauspferd** stammt vom Wildpferd ab, von dem es heute noch eine Form gibt: das Przewalski-Pferd.

Artgerechte Haltung: Pferde sind Weidegänger und Herdentiere (vgl. Rind), sie können problemlos länger im Stall stehen, müssen sich aber regelmäßig bewegen können.

6.5. Das Haushuhn – ein Nutztier

Es stammt vom Bankiva-Huhn ab, das in Asien lebt. Das Bankiva-Huhn legt seine Eier in eine versteckte flache Mulde, die es mit Gras oder Blättern auskleidet. Deshalb sollte man dem Haushuhn die Möglichkeit geben, seine Eier an einem versteckten, flachen Platz abzulegen.

Artgerechte Haltung: **Bewertung** von Käfighaltung, Bodenhaltung, Freilandhaltung, Biohaltung

7 Ordnen nach der Ähnlichkeit

7.1 Die engere Verwandtschaft

In diesem Abschnitt werden die Begriffe Art, Gattung, Familie und Ordnung eingeführt, die im LehrplanPLUS der 6. Klasse nicht verlangt werden, die ich aber für sinnvoll halte.

7.1.1 Verwandte der Hauskatze

- die Sandkatze als weitere **Art** der selben **Gattung** Kleinkatzen (*Felis*) [Hinweis: Die Hauskatze wird inzwischen nicht mehr als eigene Art geführt, sondern gehört u. a. mit der Falbkatze und der europäischen Wildkatze zur gleichen Art.]
- der Luchs vertritt die Gattung Luchse (*Lynx*)
- der Löwe, der Tiger, der Leopard und ggf. der Jaguar als Vertreter der Gattung Pantherkatzen (*Pánthera*)
- der Gepard als einziger Vertreter der Gattung Geparde (*Acinónyx*: „der die Krallen nicht bewegen kann“), der „Hund unter den Katzen“ mit hohen Beinen und Sprintjagd => *Angepasstheiten thematisieren*
- zusammengefasst zur **Familie** Katzenartige (*Félidae*)

didaktische Hinweise:

Den Schülern werden Bilder der genannten Arten gezeigt und diese mit ihren Namen benannt. Die meisten Arten sind den Schülern bekannt (das ist der Grund, warum ich die Systematik mit den genannten Beispielen einführe).

Die Schüler erhalten den Auftrag, die Arten nach Ähnlichkeit zu ordnen. Erfahrungsgemäß wählen sie dazu die Kriterien Körpergröße und Fellfärbung. Ein Blick auf unterschiedliche Rassen der Hauskatze zeigt aber sofort, dass die Fellfärbung innerhalb einer Art sehr stark variieren kann, und die Erinnerung an Hunderrassen, dass dies auch für die Körpergröße gilt. Die Lehrkraft führt als valides Kriterium die Ausprägungen des Körperbaues ein. Mit etwas Einhilfe erkennen die Schüler, dass der Luchs mit seinen Pinselohren und seinem Stummelschwanz nicht zu Hauskatze und Sandkatze passt, aber auch, dass sich der Gepard mit seinen langen, schlanken Beinen von den übrigen großen Katzen unterscheidet, so dass (z. B. durch Verschieben von Folienschnipseln) die Arten in vier Gruppen eingeteilt werden können (Gattungen). Das katzenartige Aussehen aller Arten in diesen vier Gruppen führt zum Oberbegriff der Familie. Ich verwende im Unterricht konsequent bei allen Familien das Suffix „-artige“ zur Kennzeichnung dieser Kategorie (entsprechend dem Suffix „-idae“), auch wenn das bei Wikipedia gelegentlich anders steht.

*Die Sicherung erfolgt auf einem Arbeitsblatt [LINK](#). Selbstverständlich müssen die Schüler die wissenschaftlichen Bezeichnungen wie *Felis silvestris* nicht lernen,*

*aber es gibt immer wieder welche, die sie wissen wollen. Dagegen ist es bei mir Lernstoff zu wissen, dass auf den **groß** geschriebenen Gattungsnamen der **klein** geschriebene Artnamen folgt.*

7.1.2 Verwandte des Haushundes

- der Koyote als weitere **Art** der selben **Gattung** Hunde (*Canis*) [Hinweis: Der Wolf wird inzwischen nicht mehr als eigene Art geführt, sondern gehört mit dem Haushund zur gleichen Art *Canis lupus*]
- der Rotfuchs als Vertreter einer weiteren Gattung (*Vulpes*)
- zusammengefasst zur Familie der Hundeartigen (*Cánidae*)
- ergänzt um zwei weitere Familien: Hermelin und Dachs als Vertreter der Marderartigen (*Mustélidae*) sowie der Braunbär als Vertreter der Bärenartigen (*Úrsidae*)
- zusammengefasst zur Ordnung der Fleischfresser (*Carnivora*), die als kennzeichnendes Merkmal über ein Raubtiergebiss verfügen

didaktische Hinweise:

Die Vorgehensweise ist die selbe wie schon bei den Verwandten der Katze. Die ergänzenden Arten werden nicht näher besprochen, sondern dienen nur der Ergänzung in der Systematik. Die übrigen drei Familien der Raubtiere werden weggelassen, weil sie kaum bekannt sind.

Die Bezeichnung „Carnivora“ bedeutet wörtlich: Fleischfresser. Dieser Ausdruck führt bei Schülern aber zu der Fehlvorstellung, dass es zwei Ordnungen gäbe, nämlich die Fleisch- und die Pflanzenfresser. Der Ausdruck „Raubtiere“ ist auch nicht glücklich gewählt, denn ein Raub ist eine unrechtmäßige Aneignung – und das kann auf Tiere nicht zutreffen.

Es ist sinnvoll, mit der Einführung der weiteren systematischen Kategorien noch zu warten, bis sich die ersten vier bei den Schülern gesetzt haben. Zu viel auf einmal ist ineffektiv!

Die Sicherung erfolgt auf einem Arbeitsblatt. [LINK](#)

7.2 Die fünf Klassen der Wirbeltiere im Vergleich

7.2.1 Klasse: Säugetiere

Körperbedeckung: Haare aus Hornstoff

Körpertemperatur: gleichwarm / Thermoregulator

Atmung: Lungen mit starker Oberflächenvergrößerung

Fortpflanzung und Entwicklung: winzige Eizellen, innere Befruchtung, der Embryo wächst in der Gebärmutter heran, hoher Elternaufwand durch intensive Brutpflege (Milchdrüsen)

Beispiele für Säugetier-Ordnungen:

- Raubtiere: Hund, Katze, Marder, Fischotter, Braunbär
- Paarhufer: Rind, Schaf, Ziege, Schwein
- Unpaarhufer: Pferd, Nashorn
- Herrentiere: Schimpanse, Gorilla, Pavian, Mensch
- Wale: Delfin, Blauwal
- Flattertiere: Fledermaus

7.2.2 Klasse: Vögel

Körperbedeckung: Federn aus Hornstoff (an den Beinen: Hornschuppen)

Körpertemperatur: gleichwarm / Thermoregulator

Atmung: Lungen mit sehr starker Oberflächenvergrößerung (plus Hilfsorgane)

Fortpflanzung und Entwicklung: innere Befruchtung, große Eier mit Kalkschale, durch die Körperwärme der Altvögel ausgebrütet; Nestflüchter oder Nesthocker; sehr hoher Elternaufwand durch Brüten und Füttern der Jungvögel (Brutpflege)

7.2.3 Klasse: Reptilien = Kriechtiere

Körperbedeckung: Hornschuppen aus Hornstoff

Körpertemperatur: wechselwarm / Thermokonforme (heute lebende Arten)

Atmung: Lungen mit mittelgroßer Oberflächenvergrößerung

Fortpflanzung und Entwicklung: innere Befruchtung, große Eier mit weicher Schale, durch die Umgebungs-Wärme ausgebrütet; geringer Elternaufwand

Beispiele für Reptilien-Ordnungen:

- Schuppenkriechtiere: Echsen (Eidechse), Schlangen (Ringelnatter)
- Schildkröten
- Krokodile
- Dinosaurier, ausgestorben: Beine unter dem Körper, vermutlich gleichwarm; Vorfahren der Vögel auch mit Federn
- Flugsaurier, ausgestorben: Vorderbeine umgewandelt zu Flügeln
- Fischeosaurier, ausgestorben: Beine zu Flossen umgewandelt, senkrechte Schwanzflosse, lebten im Meer

Fragebogen zu Reptilien des Erdmittelalters [LINK](#)

AB Übersicht Erdzeitalter [LINK](#) (bei „Wirbeltiere allgemein“)

7.2.4 Klasse: Amphibien = Lurche

Körperbedeckung: feuchte, nackte Haut

Körpertemperatur: wechselwarm / Thermokonforme

Atmung: Jungtiere mit Kiemen; Alttiere mit Haut-, Mundhöhlen-, Lungenatmung

Fortpflanzung und Entwicklung (bei Frosch oder Kröte): äußere Befruchtung der vielen kleinen, schalenlosen Eier im Wasser; geringer Elternaufwand

Ordnungen der Amphibien:

- Froschlurche (ohne Schwanz): Frösche, Kröten
- Schwanzlurche (mit Schwanz): Molche, Salamander

Bestimmungsübungen mit dichotomem Schlüssel [LINK](#)

7.2.5 Klasse: Fische

Körperbedeckung: schleimige Haut mit Knochenschuppen (Knochenfische, z. B. Forelle) oder trockene Haut mit Hautzähnen (Knorpelfische, z. B. Hai)

Körpertemperatur: wechselwarm / Thermokonforme

Atmung: Kiemen mit sehr starker Oberflächenvergrößerung, Einbahnstraße für das Atemwasser

Fortpflanzung und Entwicklung: äußere Befruchtung der vielen kleinen, schalenlosen Eier im Wasser; meist geringer Elternaufwand (manche Fischarten betreiben aber Brutpflege)

8 Erklärungen für Ähnlichkeiten

8.1 Ähnlichkeit – erklärt durch Anpasstheit

Tiere, die an ähnliche Bedingungen angepasst sind, sind körperlich ähnlich. Beispiel: Alle Tiere, die sich im Wasser schnell fortbewegen, haben einen spindelförmigen Körper, kurze Körperanhänge und eine große Fläche beim Antriebsorgan.

Diese Merkmale finden wir bei Fischotter, Pinguin, Krokodil, Molch und Forelle.

Die Körperbedeckung dieser fünf Tiere ist aber sehr unterschiedlich. Sie kann nicht durch Anpasstheit erklärt werden.

8.2 Ähnlichkeit – erklärt durch Verwandtschaft

AB Erdzeitalter [LINK](#) (bei „Wirbeltiere allgemein“)

Der Fischotter hat Haare aus Hornstoff, genauso wie Hund, Katze, Rind, Pferd oder Mensch. Daraus folgt, dass diese Tiere von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen, der ebenfalls Haare aus Hornstoff hatte. Er lebte im späten Erdaltertum (Perm-Zeit) und war ein säugetierähnliches Reptil.

Der Pinguin hat Federn aus Hornstoff, genauso wie der Mäusebussard, die Amsel oder der Strauß. Daraus folgt, dass diese Tiere von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen, der ebenfalls Federn aus Hornstoff hatte. Er lebte im Erdmittelalter (Jura-Zeit) und war ein zweibeiniger Raubdinosaurier (der vermutlich auch schon Federn trug).

Das Krokodil hat Hornschuppen, genauso wie die Ringelnatter oder die Eidechse. Daraus folgt, dass diese Tiere von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen, der ebenfalls Hornschuppen hatte. Er lebte im späten Erdaltertum (Carbon-Zeit) und hatte gleichzeitig noch einige Eigenschaften von Amphibien.

8.3 Wie sich Tierarten verändern: Evolution

vgl. auch Abschnitt „7 Entstehung der Vielfalt der Wirbeltiere“ im Skript zur systematisch Orientierten Variante

Die Tiere, die zur gleichen Art gehören, sind nicht alle völlig gleich, sondern sie zeigen Unterschiede bei allen Merkmalen: längere oder kürzere Beine, hellere oder dunklere Färbung, spitzere oder stumpfere Zähne usw.

Ein Tier mit längeren Beinen kann schneller laufen, ein Tier mit kürzeren Beinen kann besser in einen schmalen Tunnel kriechen. Ein helles Fell ist auf hellem Untergrund schlechter zu entdecken, auf einem dunklen besser. Mit spitzen Zähnen lässt sich die Beute gut packen, mit stumpfen Zähnen kann die Nahrung gekaut werden.

Jedes Tier ist deshalb in der einen Disziplin besser, in der anderen schlechter.

Welches Tier nun die besseren Chancen hat, sich besser zu ernähren bzw. sich vor Fressfeinden besser zu schützen, das hängt von den äußeren Einflüssen ab, zum Beispiel:

- Wenn der Untergrund hell ist, dann findet der Fressfeind ein dunkleres Tier leichter als ein helles und umgekehrt.
- Wenn der Strömungswiderstand groß ist (wie im Wasser), dann kann sich ein Tier mit Stromlinienform schneller und energie-sparender bewegen.
- Wenn der Fressfeind Geräusche macht, dann kann das Beutetier schneller fliehen, das den feineren Gehörsinn hat.

Die äußeren Einflussgrößen bestimmen also, welcher Typ von Tier in welcher Anzahl vorkommt, indem sie die einen Lebensformen bevorzugen, die anderen benachteiligen (vgl. Grünland: Die Anzahl der Mähvorgänge entscheidet darüber, welche Pflanzen auf der Wiese wachsen und sich vermehren.) Wenn sich die äußeren Einflüsse verändern, verändern sich auch die Chancen für die unter-

schiedlich gestalteten Tiere. Die Tiere mit der besten Anpasstheit an die veränderten Einflüsse sind besser ernährt, werden weniger oft von Fressfeinden getötet und bekommen deshalb mehr Nachkommen, die mit den nicht so guten Anpasstheiten werden mit der Zeit immer weniger. Wenn solche Auswahl-Prozesse über eine sehr lange Zeit laufen, dann verändern sich die Arten, es entstehen neue Arten.

Die äußeren Einflüsse (Temperatur, Verhalten der Fressfeinde, Nahrungs-Konkurrenten) bestimmen, welche Tiere die besseren Chancen haben. Diesen Effekt nennt man: die **natürliche Auswahl** (Auslese) oder die **Selektion**.

Der Vorgang der Arten-Veränderung über lange Zeiträume heißt: **die Evolution**. Der Mann, der das entdeckt hat, heißt: Charles Darwin.

Th. Nickl, August 2018, überarbeitet Januar 2019