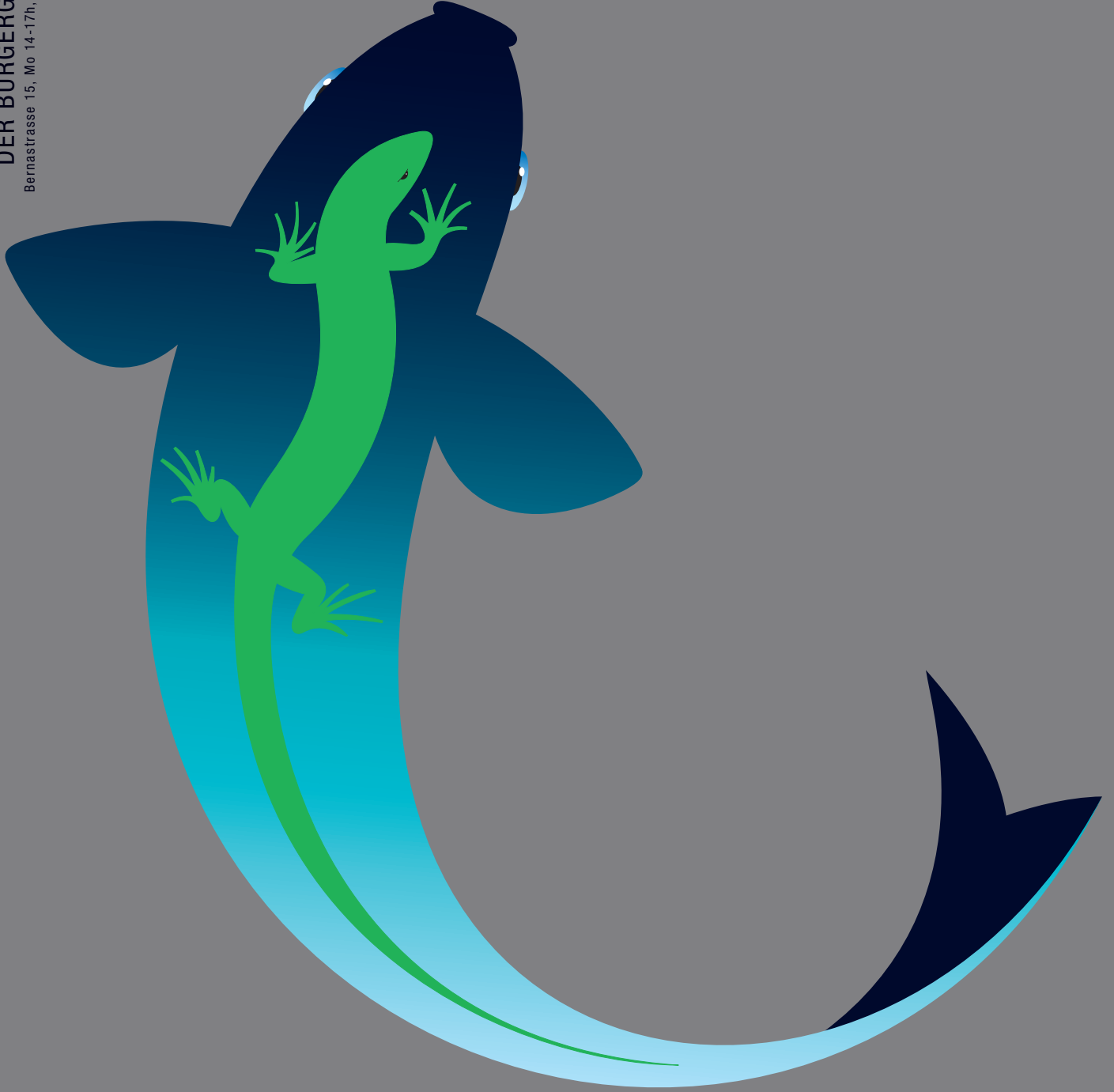


**FLOSSEN FÜSSE FLÜGEL**  
Der Werdegang der Wirbeltiere

**NATURHISTORISCHES MUSEUM  
DER BÜRGERGEMEINDE BERN**  
Bernstrasse 15, Mo 14-17h, Di-Fr 9-17h, Sa+So 10-17h



Didaktisches Material zur Ausstellung und  
zum Evolutionsmobil



## Inhalt

Aufbau und Nutzung des Evolutionsmobils	4
Übersicht über Material des Evomobils	5
Was bedeutet eigentlich.....?	8
Wie arbeiten Naturwissenschaftler?	9
Wie arbeiten Naturwissenschaftler? Arbeitsblatt	10
Naturwissenschaftliches Arbeiten	11
Entwicklungsgeschichte der Erde	12
Entwicklungsgeschichte der Erde - Material	14
Die Erde im Wandel der Zeit	17
Information über neue Systematik	18
Der Werdegang der Wirbeltiere	19
Kieferlose	20
Packen, beissen, kauen	21
Moderne Fische	22
Fleischflosser	23
Eine besondere Flosse	24
Landgang der Wirbeltiere	25
Frühe Landbewohner	26
„Brave new amniotes world“	27
Fischsaurier	28
Die Geschichte mit dem Vogel	29
Exkurs - Ursprung und Evolution der Federn	30
Säugetiere	31
Menschenaffen und Mensch - ein Vergleich	32



Primaten	33
Humanevolution - Schädel	34
Humanevolution - Schädel / Information	35
Humanevolution mit Humor	38
Welche Geschichte erzählen Fundstücke?	39
Welche Geschichte erzählen Fundstücke? - Material	40
„Wer gehört zu wem?“ bei den Tieren	41
„Wer gehört zu wem?“ - Materialliste	43
Homologie, Analogie, Konvergenz, Divergenz	44
Ein direkter Vorfahre oder nicht?	45
Homologie und Analogie	46
Der Tod erzählt	48
Wow!	49
Lösungen	50



## Aufbau und Nutzung des Evolutionsmobils

Im Evolutionsmobil finden Sie Rakokisten mit unterschiedlichem Material. Die Titel an den Kisten beziehen sich auf die dazugehörigen Arbeitsblätter der hier vorliegenden didaktischen Unterlagen. Aufgabenblätter und Kisten werden den Schülerinnen und Schülern ausgehändigt und möglichst selbstständig bearbeitet. In jeder Kiste finden sich noch einmal die Arbeitsblätter, die Lösungen sind auf dessen Rückseite. In manchen Aufgaben wird die „Du“ Form verwendet (ab Ende Z3 nutzbar), bei anderen Aufgaben die „Sie“ Form (eher für Gym geeignet).

Die Arbeitsblätter sprechen viele aber nicht alle Bereiche der Evolutionstheorie an. Hauptsächlich werden Themen aufgegriffen welche einen Bezug zu unseren Ausstellungen haben.

Die Aufgaben der Mappe beziehen sich nicht nur auf die Ausstellung „Flossen Füsse Flügel“, auch andere Bereiche des Museums werden mit einbezogen.

In der rechten oberen Ecke der Arbeitsblätter finden Sie Informationen, wo im Haus die Aufgaben gelöst werden können. „Frei im Haus“ sind Aufgaben, deren Material sich im Evolutionswagen befindet und nicht speziell auf eine einzige Ausstellung angelegt ist.

Neben der Ortsangabe finden Sie auch Angaben über die Klassenstufe für welche die Arbeitsblätter eher geeignet sind.

Oftmals finden sich sehr viele Aufgaben auf einem Blatt. Es steht Ihnen frei - und ist von uns auch erwünscht -, diese Blätter nach Ihren Wünschen und Anforderungen zu gestalten. Eine pdf- Version der Unterlagen ist auf unserer Homepage abrufbar.

Das Evolutionsmobil ist eine stete Baustelle. Fortlaufender Ausbau und Verbesserungen sind geplant.

Möchten Sie das Evomobil nutzen, wenden Sie sich bitte an Bildung und Vermittlung (pica@nmbe.ch, 031 350 72 70).

Die Materialien für die Arbeitsblätter zur Humanevolution (Schädel) befinden sich in einer separaten Kiste. Alle Schäden, die während der Nutzung auftreten, gehen zu Lasten der Versicherung des Nutzers.



## Übersicht über Material des Evomobils

Nr.	Inhalt, Auftrag und Material	Klassenstufe
Kiste 1	Entwicklungsgeschichte der Erde Zeitschnur mit Karten und Bildern von Tieren zum Anlegen an die Schnur	ab Z3 Sek, Gym
Kiste 2	Die Erde im Wandel der Zeit Bilder der unterschiedlichen Lage der Kontinente im Laufe der Erdentwicklung (Tektonikkarten)	ab Ende Z3, Sek, Gym
Kiste 3	Kieferlose verschiedene Bilder Kieferloser aus unterschiedlichen Erdepochen	ab Ende Z3, Sek, Gym
Kiste 4	Packen - beissen - kauen Karten zur Entwicklung des Kiefers, Radiation der Fische, Arbeitsblatt zu einheimischen Fischen.	ab Ende Z3, Sek, Gym
Kiste 5	Landgang der Wirbeltiere Einfache Schemakarten zur Entwicklung des Schultergürtels und des Beckens, Knochenstruktur in der Brustflosse von <i>Tiktaalik</i> , <i>Ichtyostega</i> und Kabeljau, Bild <i>Tiktaalik</i> , Übersicht über zeitliches Auftreten verschiedener früher Fleischflosser und amphibi-scher Vierfüsser.	ab Ende Z3, Sek, Gym
Kiste 6	Frühe Landbewohner Schemazeichnung Fischeier (Anamnier) und Vogelei (Amniota), Bilder von Fisch und Amphibienei, Vogelnest, Eidechse und Echsenhaut (Handschuh), Verteilung der Kontinente zur Zeit des späten Karbon, Mappe mit Texten zur „Brave new reptilian world“).	Gym
Kiste 7	Fischsaurier Bild eines Fossils mit Jungtiere im Bauch und „Geburt“.	ab Ende Z3, Sek, Gym
Kiste 8	Die Geschichte vom Vogel Skelettbilder von <i>Compsognathus</i> , <i>Archaeopteryx</i> , Krähe; Gummimodelle von <i>Deinonychus</i> , <i>Archaeopteryx</i> , <i>Velociraptor</i> (mit Federn!), Text Exkurs zu Federn	ab Ende Z3, Sek, Gym
Kiste 9	Säugetiere Bild Entwicklung des primären Kiefergelenks zu Ohrknöchelchen, Rekonstruktionsbilder von frühen Säugetieren	Gym

Kiste 10	Ein direkter Vorfahre oder nicht Bilder verschiedener heutiger Krokodile, Rekonstruktionszeichnung Krokodilsaurier, Detailansicht Krokodilsaurierschädel	Gym
Kiste 11	Homologie und Analogie Text Definition, Schemazeichnungen von Vorderextremitäten, Bild Hornisse und Hornissenschärmer, Höhlenblindheit, Aufbau Fingernagel und Pferdehuf, echter Pferdehuf. Zusätzliche Materialien finden sich Skelettmobil. Bei Bedarf bitte bei der Reservation angeben.	Gym
Kiste 12	„Wer ist wer?“ bei den Wirbeltieren Kiste mit zur Zeit 44 Gummitieren (ausgestorbene Tiere und heutige Tiere) zur systematischen Ordnung unter Berücksichtigung von Homologie und Analogie. Mappe mit den Informationen zu den einzelnen Tieren.	ab Z3, Sek, Gym
Kiste 13	Humanevolution Kiste 13a: Zeitschiene, Bilder verschiedener Menschenformen, Unterlage für die Schädel Kiste 13b: Rekonstruktionen einiger Hominini-Schädel	ab Z3, Sek, Gym
Kiste 14	Was Funde uns erzählen können Kiste mit Material (Bilder, Gartenzwerg, Handy...) um das Thema Interpretation von Funden anzugehen. Buch: Das Motel der Mysterien.	ab Ende Z3, Sek, Gym
Kiste 15	C'est la vie Kiste mit Material für die Arbeitsblätter WOW! und Der Tod erzählt. Ausstellung nicht mehr aktuell, als Ideengeber	----
Kiste 16	Was bedeutet eigentlich ...? Arbeitsblatt, 12 Begriffskarten, Infoblatt	Gym
Kiste 17	Naturwissenschaftliches Arbeiten Arbeitsblatt, 11 Aussagekarten	ab Ende Z3, Sek, Gym
Kiste 18	Wie arbeiten eigentlich Naturwissenschaftler? Arbeitsblatt, 20 Karten, Taschenlampe, Batterien, Glühbirne	ab Ende Z3, Sek, Gym

## Lehrplanbezug

### NMG 2.5 a-f

Die Schülerinnen und Schüler können Vorstellungen zur Geschichte der Erde und der Entwicklung von Pflanzen, Tieren und Menschen entwickeln.

### RZG 1.3

Die Schülerinnen und Schüler können Naturphänomene und Naturereignisse erklären.

### NMG 9.1

Die Schülerinnen und Schüler können Zeitbegriffe aufbauen und korrekt verwenden, Zeit als Konzept verstehen und nutzen sowie den Zeitstrahl anwenden

### NT 1.1

Die Schülerinnen und Schüler können Wege zur Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse beschreiben und deren kulturelle Bedeutung reflektieren.

### NT 8.1

Die Schülerinnen und Schüler können Artenvielfalt in Beziehung zur Evolutionstheorie setzen.

Grundlagenfach Biologie GYM1 / GYM2

Grundlagen der Evolution

Systematik

Grundlagenfach Biologie GYM3

Evolution: Belege, Mechanismen, Humanevolution

Schwerpunktfach Biologie Chemie (GYM 3/4)

Evolution: Theorien, Verhaltensbiologie

Ergänzungsfach (GYM3/4)

Evolution: Theorien, Verhaltensbiologie



## Was bedeutet eigentlich.....?

In der Biologie werden oft Fachbegriffe genutzt. Die Bedeutung dieser Begriffe zu lernen, gleicht ein wenig dem Vokabeln üben.

Es gibt aber auch sehr viele Begriffe aus dem alltäglichen Leben die in den Naturwissenschaften gebraucht werden. Jeder hat eine bestimmte Vorstellung über die Bedeutung dieser Wörter. Aber verstehen wir wirklich alle dasselbe unter diesen Begriffen?

### Aufgaben

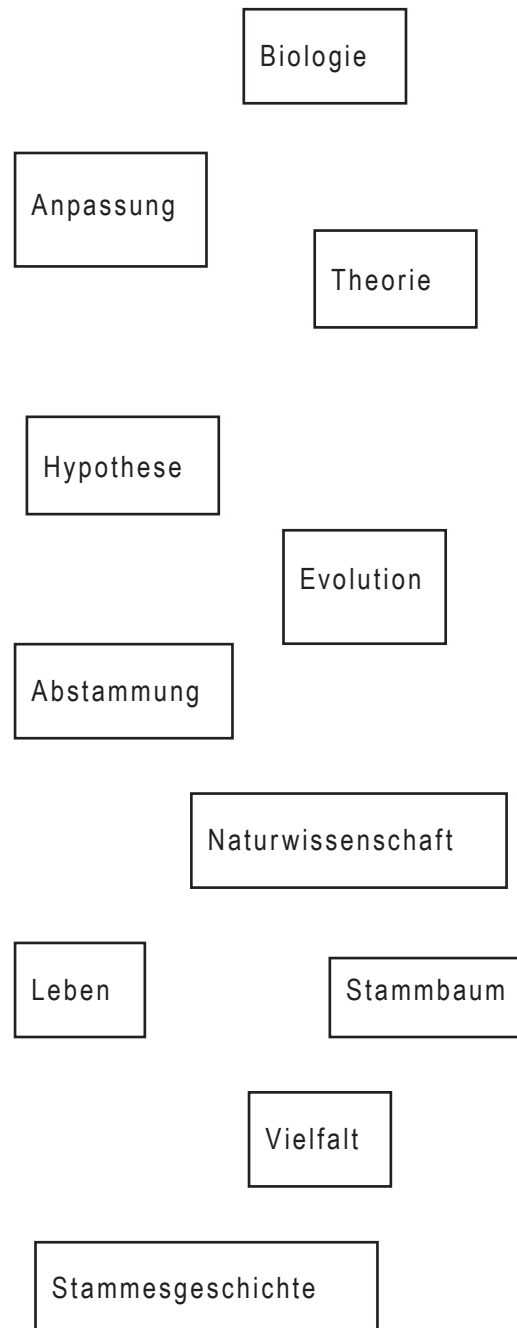
1. Nimm die Kiste „Was bedeutet eigentlich?“ aus dem Wagen. Du findest darin verschiedene Karten. Auf jeder Karte steht ein Wort. Notiere, was du unter diesen Begriffen verstehst.

2. Vergleiche deine Erklärungen mit denen deiner Kollegin und Kollegen. Wo gibt es Unterschiede, wo sind die Erklärungen nicht genau genug?

3. Informiere dich wie andere Definitionen lauten.

3. Informiere dich, was Naturwissenschaftler unter diesen Begriffen verstehen.

4. Wo könnte es zu Verwechslungen, Missinterpretationen und Missverständnissen kommen?



Lösung Seite 50



## Wie arbeiten Naturwissenschaftler?

Denkt man an Naturwissenschaftler, hat mancher vielleicht das Bild eines weltfremden, zertreten Professors mit wilden Haaren vor Augen. Manchmal mag das sogar stimmen. Eines haben aber sicher alle Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen gemeinsam: Sie sind neugierig und stellen viele Fragen!

Mit welchen Methoden werden diese Fragen bearbeitet und welche Gesetzmässigkeiten muss man dabei beachten?



1. Nimm die Kiste „Wie arbeiten Naturwissenschaftler?“ aus dem Wagen. Darin findest du unter anderem eine Taschenlampe. Nimm sie und schalte sie an. Notiere dir, welche **Beobachtung** du machen kannst?

2. Wie löst du das auftretende Problem? Schreibe jeden einzelnen Schritt, den du zur Lösung des Problems durchführst, auf.

3. Nimm die verschiedenfarbigen Karten aus der Kiste und sortiere sie. Starte mit der blauen Karte. Versuch die grünen Karten in der richtigen Reihenfolge anzulegen.

4. Lege jetzt die gelben Karten dazu. Was ist die Beobachtung, was die Frage? Notiere dein Ergebnis.

6. Hast du selber schon einmal Beobachtungen in der Natur gemacht und dich gefragt, was dort geschieht? Benutze das Muster des Arbeitsblattes um wie die Wissenschaftler die Frage zu bearbeiten.

Beispielbeobachtungen: Wenn mir kalt ist, bekomme ich Gänsehaut. Im Winter sehen Vögel immer so dick aus. Raubtiere haben die Augen nach vorn gerichtet. Beutetiere haben ihre Augen eher an der Seite.

Die Vorgehensweise über

Beobachtung  
Frage  
Hypothese  
Vorhersage  
Überprüfung  
Bestätigen oder verwerfen der Hypothese

ist ein in allen Naturwissenschaften  
angewendetes Grundprinzip!

# Wie arbeiten Naturwissenschaftler? Arbeitsblatt

Beobachtung:

Frage:

Hypothese:

Vorhersage:

Überprüfung:

Überprüfung bestätigt  
Hypothese nicht:

Neue Hypothese:

Vorhersage:

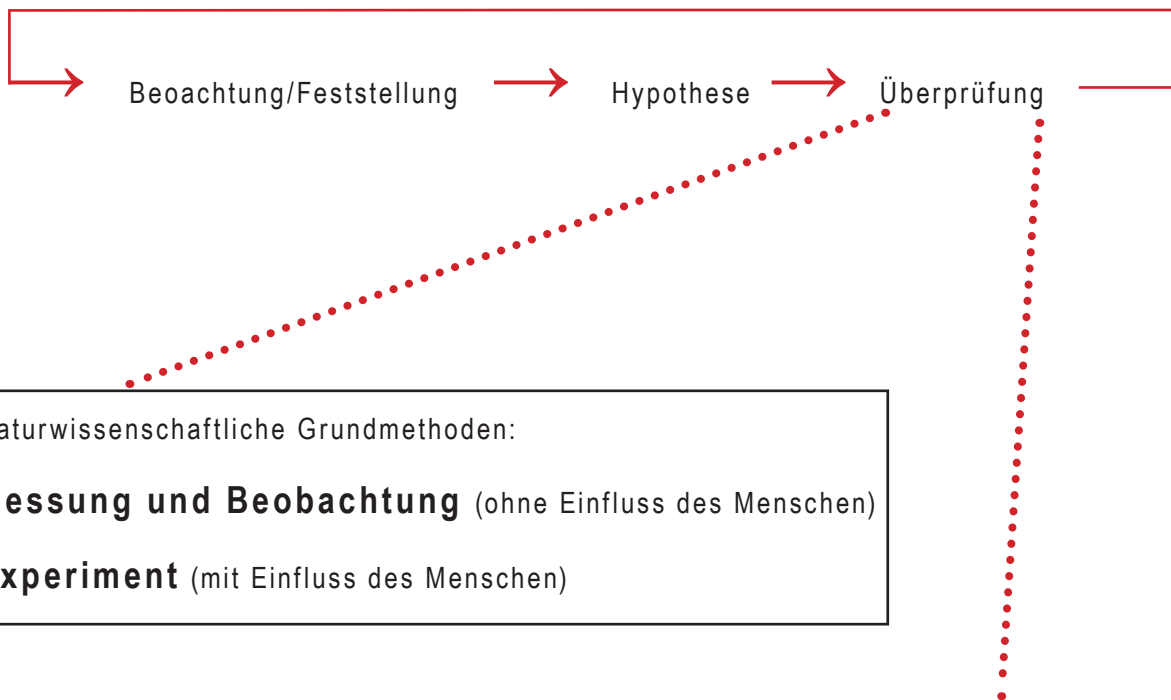
Überprüfung:

Überprüfung bestätigt Hypothese:



# Naturwissenschaftliches Arbeiten

Wissenschaftler haben eine Beobachtung gemacht und eine Hypothese aufgestellt. Bei der Überprüfung der Hypothese müssen sie sich an einige Grundlagen des naturwissenschaftlichen Arbeitens halten.



Naturwissenschaftliche Grundmethoden:

**Messung und Beobachtung** (ohne Einfluss des Menschen)

**Experiment** (mit Einfluss des Menschen)

Naturwissenschaftlicher Anspruch:

## Objektivität

Messungen und Experimente müssen von anderen Personen bei Anwendung der selben Methoden nachvollzogen werden können (dieselben Ergebnisse liefern).

## Aufgabe

Nimm die Karten aus der Kiste „Naturwissenschaftliches Arbeiten“. Welche sind deiner Meinung nach richtig welche falsch? Welcher Ansicht sind deine Kollegen? Begründet eure Aussagen.

Findet mit Hilfe eurer Lehrkraft / Im Plenum die richtigen Antworten und notiert diese.

# Entwicklungsgeschichte der Erde

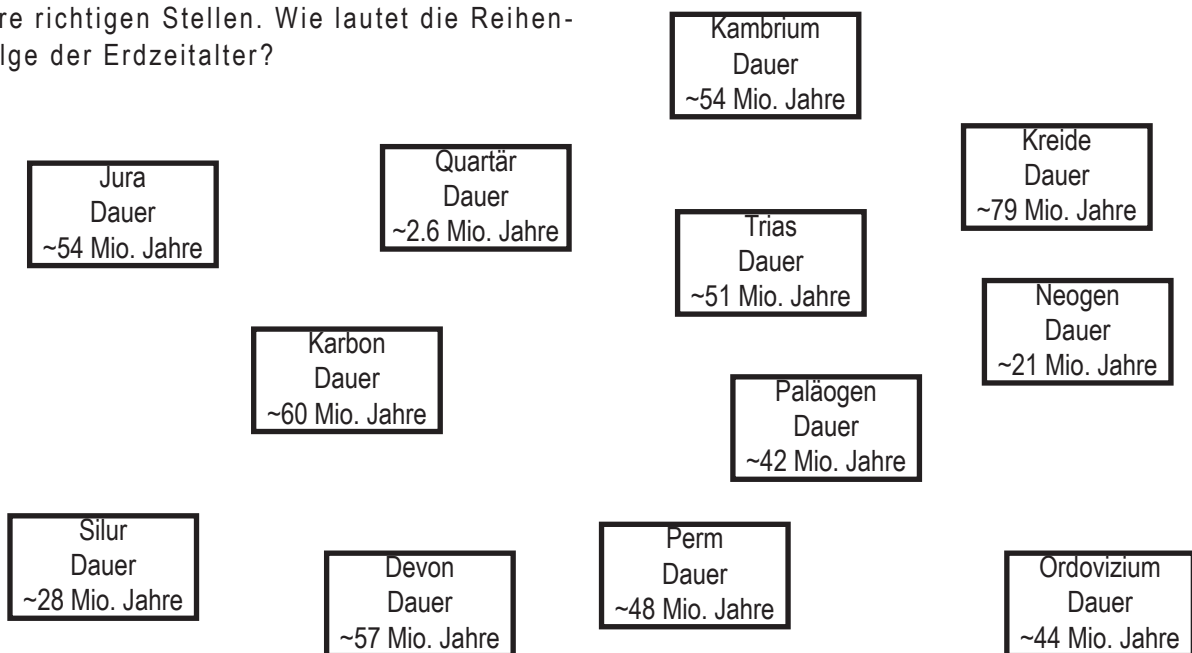
Man schätzt das Alter der Erde auf unvorstellbare 4,2 bis 4,55 Milliarden Jahre. Mit Hilfe der in der Kiste bereit liegenden Zeitschnur kann das Ausmass dieser Zeitspanne besser verständlich und vorstellbar werden. Die Zeitschnur besteht aus einem 42 m langen Seil. Ein Zentimeter auf der Schnur entspricht einer Million Jahre. Das auf einer Rolle gelagerte Seil ist an unterschiedlichen Stellen mit Ringen markiert. An diese könnt ihr die Karten aus den beiliegenden Kartensätzen (siehe Infoseite) montieren. Der zweite Ring, markiert mit einem Faden, kennzeichnet das Jetzt.

## Aufgaben

1. Rolle die Zeitlinie auf die volle Länge aus. Klipse die orangen Karten mit den Jahreszahlen in Millionen der Reihe nach an die Zeitschnur an.

Nebstehend findest du die Namen der einzelnen **Zeitabschnitte** der Erdgeschichte mit der Angabe ihrer Dauer in Millionen Jahren. Verteile die in der Kiste beiliegenden gelben Karten mit den Namen der Zeitabschnitte an ihre richtigen Stellen. Wie lautet die Reihenfolge der Erdzeitalter?

2. Versuche aus den Anfangsbuchstaben der Zeitalter einen Satz für eine Eselsbrücke zu entwerfen.



3. In der Kiste findest du kleine rote, blaue, grüne und beige Karten. Grüne Karten nennen z.B. **Ereignisse oder Namen** von Pflanzen (z.B. „erste Pflanzen an Land“).

Suche die folgenden Karten heraus:

- Erste Kieferlose,
- Eustenopteron*,
- Ichthyostega*,
- Seymouria*,
- Archaeopteryx*,
- Homo sapiens* (moderner Mensch)

a. Informiere dich in der in der Ausstellung Flossen Füsse Flügen, was für Lebewesen sich hinter den Namen verbergen.

b. Wo an der Zeitlinie würdest du die Karten anlegen?

Notiere, bei welchen Zeiten du die Karten abgelegt hast.

c. War deine Einschätzung richtig?

Überprüfe deine Zeitangaben mit Hilfe der Ausstellung „Flossen•Füsse•Flügel“. Wo kam es zu den grössten Unstimmigkeiten?

4. Nimm die Karte „**erstes Leben/Einzeller**“ aus der Kiste. Wo würdest du diese Karte auf der Zeitlinie ablegen? Wie lange in etwa dauerte es von der Entstehung der Erde bis zum Auftreten dieses Lebewesens?

5. Wie sahen die ersten Lebewesen auf der Erde wohl aus?

6. Nimm die Karte „**erste mehrzellige Lebewesen**“ und lege sie an die Zeitschnur an. Wie lange dauerte es vom Auftreten der ersten Lebewesen bis zum Auftreten erster mehrzelliger Lebewesen?

Informationen für Lehrpersonen

An der Zeitschnur kann man auch mit den Gummimodellen aus der Kiste 12 „Wer ist wer?“ bei den Wirbeltieren arbeiten. Bei den Materialien finden Sie auch Bilder mit Tieren und Landschaftsbilder aus den verschiedenen Erdzeitaltern.

Lösung Seite 50

# Entwicklungsgeschichte der Erde - Material

## Kiste 1 Inhalt

Das Material aus Kiste 1 (Entwicklungsgeschichte der Erde) ist kombinierbar mit den Tektonikkarten aus Kiste 2 (Die Erde im Wandel der Zeit).

### Zeitschnur

42 m, 1 cm = 1 Mio. Jahre; von einer Rolle abwickelbar, diverse Ringe zur Befestigung von Karten. Das „Jetzt“ ist mit einem Faden markiert.

### Kartensatz Periode

12 gelbe Karten; Präkambrium, Kambrium, Ordovizium, Silur, Karbon, Devon, Perm, Trias, Jura, Kreide, Paläogen, Neogen, Quartär

### Kartensatz Millionen Jahre

11 orange Karten mit Clips für die Ringe an der Schnur: 542 Mio., 488 Mio., 444 Mio., 416 Mio., 359 Mio., 299 Mio., 251 Mio., 200 Mio., 146 Mio., 66 Mio., 2.6 Mio.

### „Ereigniskarten“

pink P1	erstes Leben/Einzeller	vor ~ 3800 Mio. Jahren (Präkambrium)
pink P2	erste Trilobiten	vor ~ 540 Mio. Jahren (Kambrium)
pink P3	erste Tiere mit harten Schalen	vor ~ 540 Mio. Jahren (Kambrium)
pink P4	erste Pfeilschwanzkrebse	vor ~ 440 Mio. Jahren (Silur)
pink P5	erste Stromatolithen	vor ~ 3600 Mio. Jahren (Präkambrium)
pink P6	erste Ammoniten	vor ~ 410 Mio. Jahren (Devon)
pink P7	erste mehrzellige Tiere	vor ~ 560 Mio. Jahren (Präkambrium)
pink P9	erste Gliederfüsser an Land	vor ~ 420 Mio. Jahren (Silur)
pink P8	erste fliegende Insekten	vor ~ 315 Mio. Jahren (Karbon)
pink P10	erste Insekten	vor ~ 410 Mio. Jahren (Devon)
pink P11	Ediacara Fauna	vor ~ 580-540 Mio. Jahren (Präkambrium)
pink P12	Aussterben der Ammoniten	vor ~ 65 Mio. Jahren (Kreide/Tertiär Grenze)
pink P13	Aussterben der Trilobiten	vor ~ 210 Mio. Jahren (Trias)
grün Gr1	erste Pflanzen an Land	vor ~ 475 Mio. Jahren (Ordovizium)
grün Gr2	erste Pflanzen/Algen	vor ~ 560 Mio. Jahren (Präkambrium)
grün Gr3	erste Blütenpflanzen (Bedecktsamer, Angiosperme)	vor ~ 100 Mio. Jahren (Kreide)
grün Gr4	Karbonwälder	vor ~ 305 Mio. Jahren (Karbon)
blau B1	<i>Eustenopteron</i>	vor ~ 410 Mio. Jahren (Devon)
blau B2	erste Kieferlose	vor ~ 500 Mio. Jahren (Kambrium)
blau B3	erste Fische mit Kiefer	vor ~ 444 Mio. Jahren (Ende Ordovizium - frühes Silur)
blau B4	„Quastenflosser“	seit ~410 Mio. Jahren (Devon)
gelb G1	erste Wirbeltiere an Land	vor ~ 375 Mio. Jahren (Devon)
gelb G2	erste „Amphibien“ (Lissamphibia)	vor ~ 250 Mio. Jahren (Devon)
gelb G3	<i>Ichtyostega</i>	vor ~ 380 Mio. Jahren (Devon)
gelb G4	<i>Tiktaalik</i>	vor ~ 375 Mio. Jahren (Devon)
gelb G5	<i>Seymouria</i>	vor ~ 290 Mio. Jahren (Perm)
gelb G6	<i>Branchiosaurus</i>	vor ~ 290 Mio. Jahren (Perm)
gelb G7	<i>Hylonomus</i>	vor ~ 300 Mio. Jahren (Karbon)



gelb G8	<i>Tyrannosaurus rex</i>	vor ~ 70 -65 Mio. Jahren (Kreide)
gelb G9	<i>Plateosaurus</i>	vor ~ 210 Mio. Jahren (Trias)
gelb G10	<i>Megalosaurus</i>	vor ~ 175 - 160 Mio. Jahren (Jura)
gelb G11	erste Dinosaurier	vor ~ 235 Mio. Jahren (Trias)
gelb G12	erste Schildkröten	vor ~ 215 Mio. Jahren (Trias)
gelb G13	Fischsaurier	vor ~ 250 - 90 Mio. Jahren (Trias bis Kreide)
gelb G14	<i>Archaeopteryx</i>	vor ~ 145 Mio. Jahren (Jura)
gelb G15	erste Amniota	vor ~ 320 Mio. Jahren (Karbon)
gelb G16	erste Vögel	vor ~ 145 Mio. Jahren (Jura)
gelb G17	<i>Deinonychus</i>	vor ~ 125 - 100 Mio. Jahren (Kreide)
gelb G18	„säugetierähnliche“ Reptilien	vor ~ 270 - 170 Mio. Jahren (Perm - Jura)
gelb G19	Aussterben der Dinosaurier	vor ~ 65 Mio. Jahren (Grenze Kreide/Tertiär)
gelb G20	erste Flugsaurier	vor ~ 210 Mio. Jahren (Trias)
gelb G21	erste Säugetiere	vor ~ 210 Mio. Jahren (Trias)
gelb G23	erste <i>Homo sapiens</i>	vor ~ 200 000 Jahren (Quartär)
gelb G22	<i>Australopithecus afarensis</i>	vor ~ 4-3 Mio. (Neogen)
rot R1	Beginn der letzten grossen Vergletscherung in der Schweiz	vor ~ 115 000 Jahren (Quartär)
rot R2	Ende der letzten Eiszeit	vor ~ 12 000 Jahren (Quartär)
blau B5	Burgess Shale (Lebensgemeinschaft, benannt nach ihrem Fundort in Kanada)	vor ~ 510 – 500 Mio. Jahren (Kambrium)

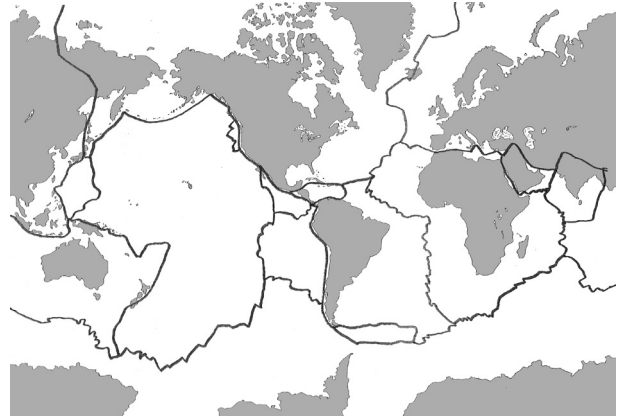
## Bilder von Tieren, Pflanzen und Lebensräumen der verschiedenen Perioden der Erdgeschichte

Präkambrium	Mikroorganismen der Gunflint Formation (Fundort), 1.9 Mio. Jahre alt (PK 1); 3.5 Milliarden alte versteinerte Mikroorganismen (Fundort Barbaton Formation, Südafrika) (PK2); Abbildungen von Stromatolithen: rezent und fossil (PK3); Ediacarafauna: fossil und Rekonstruktion (PK4).
Kambrium	<i>Pikaia</i> (frühes Chordatier, Bild des Fossils und Rekonstruktionszeichnung) (KM1+2); <i>Orthrozanclus reburus</i> (ca. 1 cm langes Tier mit langen Stacheln): Fossil und Rekonstruktion (KM3), Burgess Shale (Fundort); Lebensbild einer Burgess Shale Fauna (KM4), Trilobiten (KM5+6), Bild Kieferloser (KM7)
Ordovizium	Lebensbild Ordovizium (O1); Fossil eines Seeskorpions <i>Eurypterus remipes</i> (O2); <i>Crinoideen</i> (Haarsterne, Stachelhäuter) (O3); <i>Nautiloideen</i> (Kopffüsser) (O4); Kieferloser (O5); Trilobit (O6)
Silur	Lebensbild Silur (Land und marin) (S1, S2, S3); Seelilie (Fossil) (S4); <i>Cooksonia</i> , eine der ersten Landpflanzen aus dem Silur (S5)
Devon	Fossil von <i>Osteolepis macrolepidorus</i> (Osteolepiformes, Fleischflosser) (D1); Devonische Pflanzen ( <i>Rhynia minor</i> , <i>Swadonia spinosissima</i> , <i>Duisbergia mirabilis</i> ) (D2); Devonischer Farn <i>Sphenophyllum</i> (D3); Devonische Landschaft (Land und marin) (D4+5); Fischfauna mit Fleischflossern, Panzerfischen, Kieferlosen, Strahlenflossern und Stachelhaien (D6); Fischfauna mit Panzerfischen, Lungenfischen und kleinen Strahlenflossern (D7); Rekonstruktion von <i>Ichtyostega</i> (FFF, Stammgruppe der Tetrapoda) (D8), Bild Eustenopteron (Fleischflosser) (D9)
Karbon	2 Lebensbilder mit Schuppenbäumen, Baumfarne, Riesenlibellen, Skorpionen (KB 1+2); Arthropoden: <i>Namurotypus</i> und <i>Arthropleura</i> (KB3); Bärlappgewächse: Schuppenbaum <i>Lepidodendron</i> , <i>Sigillaria</i> (KB4); <i>Hylonomus</i> (Sauropsida, eines der ältesten sicheren „Reptilien“) (KB5); Tiktaalik (KB6)
Perm	<i>Branchiosaurus</i> (Schnittwirbler, „Amphib“ mit Aussenkiemen) (P1); Uferzone im Perm mit zwei „säugetierähnlichen Reptilien“ (P2); „säugetierähnliches Reptil“ <i>Dicynodon paradiiceps</i> (P3); <i>Seymouria</i> (Amnioten Stammgruppe) fossil und Rekonstruktion (FFF) (P4+5);
Trias	Mastodonsaurus (Dachschädlerlurch) (Tr1); <i>Eudimorphodon</i> (Flugsaurier, fossil und Rekonstruktion) (Tr2+3); <i>Saurosuchus</i> (Archosauria) (Tr4), Pflasterzahnsaurier (Tr5), Nothosaurier (Tr6)
Jura	Fischsaurier <i>Stenopterygius</i> (J1); Flugsaurier (fossil) (J2); frühes Säugetier (J3); Diverse Dinosaurier: <i>Apatosaurus</i> (J4); <i>Allosaurus</i> (J5); <i>Brachiosaurus</i> (J6); <i>Compsognathus</i> (J7); <i>Diplodocus</i> (J8); <i>Kentrosaurus</i> (J9).
Kreide	Diverse Dinosaurier: <i>Protoceratops</i> (K1); <i>Stegosaurus</i> (K2); <i>Triceratops</i> (K3); <i>Ankylosaurus</i> (K4); <i>Tyrannosaurus rex</i> (K5); <i>Gigantosaurs</i> (K6); Bilder <i>Archaeopteryx</i> (K7); Riesenammonit (K8); Samenpflanzen (K9);
Paläogen	<i>Paraceratherium</i> (Nashorn-Verwandter, 15 - 20 t Gewicht, Schulterhöhe 5.5 m, Länge 8 m) (PG1)
Neogen	<i>Deinotherium</i> (Hauerelefant) (NG1); <i>Thylacosmilus</i> (Beuteltier) (NG2); <i>Macrauchenia</i> (südamerikanisches Huftier) (NG3)
Quartär	Verschiedene Menschenformen (teilweise noch aus dem Neogen) (Q1) Riesenhirsch <i>Megaloceros</i> (Q2)



## Die Erde im Wandel der Zeit

Das Antlitz der Erde hat sich im Laufe der Zeit immer wieder stark verändert. Kontinente bewegten sich aufeinander zu, kollidierten oder brachen auseinander. Damit änderten sich auch die klimatischen Verhältnisse. Waren Gebiete mal mit einer Wüste bedeckt, konnten sie Millionen Jahre später ein tropisches Gebiet mit Palmen und Lagunen beherbergen.



### Aufgaben

1. Nimm die Tektonikkarten aus der Kiste und verteile sie entsprechend ihrem Alter an der Zeitschnur. In welchem Zeitabschnitt bildeten alle Kontinente einen gemeinsamen Grosskontinent (Pangäa)?
2. Nenne einige Beispiele von Tieren und eventuell Pflanzen, die auf dem Grosskontinent lebten. Beispiele finden sich in der Ausstellung „Flossen Füsse Flügel“.
3. Beuteltiere finden sich in Australien in sehr vielen verschiedenen Ausprägungen. Warum haben Sie sich wohl vor allem auf dem australischen Kontinent so ausgebildet? Warum lebten dort vor der Ankunft des Menschen keine Plazentatiere?

Kiste 2: Die Erde im Wandel der Zeit

Inhalt: 12 beschriftete Karten mit Abbildungen der Kontinente über den Zeitraum von vor 600 Mio. Jahren bis heute, eine Karte mit Europa um die Zeit von vor 250 000 Jahren.

Kiste 2 anwendbar mit Kiste 1 (Zeitschnur)

Lösung Seite 51

## Information über Systematik

Die klassische Einteilung in „Stamm, Klasse, Ordnung, Familien, Gattung und Art“ wird heute so nicht mehr verwendet. Zum einen wird eine so nicht existierende Hierarchie suggeriert, zum anderen entsprechen die so gebildeten Gruppen nicht mehr den tatsächlichen Verwandtschaftsverhältnissen der Arten.

Ziel ist es Gruppen zu bilden die auf einer tatsächliche Verwandtschaft beruhen: monophyletische Taxa. Das bedeutet, dass alle Nachkommen einer Stammart in dem Taxon enthalten sind. Krokodile, Dinosaurier und Vögel stammen von einer Stammart ab und gehören damit in ein gemeinsames Taxon (Archosauria). Die Vögel sind Nachfahren einer Dinosauriergruppe und werden daher zu diesen in das Taxon Dinosauria eingeordnet. Ein kurze Übersicht der Einteilung der heutigen (rezenten) Wirbeltiere (Schädeltiere, Craniota) sehen Sie in Abbildung 1. Erkennbar ist, dass z.B. Lungenfische bis Plazentatiere das Taxon Sarcopterygii (Fleischflosser) bilden, da alle von einer gemeinsamen Stammart (mit fleischigen Flossen) abstammen.

Allerdings ist gerade für jüngere Schüler die Einteilung in Fische, Amphibien (Lurche), Reptilien (Kriechtiere), Vögel und Säugetiere einfacher nachvollziehbar. Und so lange man diese klassische Einteilung nicht für eine systematische Einteilung verwendet, spricht nichts gegen diese Bezeichnung. Daher wird für die Sek I an der klassischen Einteilung festgehalten. Um deutlich zu machen, dass diese Gruppen keine systematische Charakterisierung darstellt, werden sie nicht als Klassen bezeichnet und in Anführungszeichen gesetzt.

Gerade die Beziehung zwischen Dinosauriern und Vögeln eignet sich auf dieser Stufe um die stete Erneuerung in der Systematik hinzuweisen.

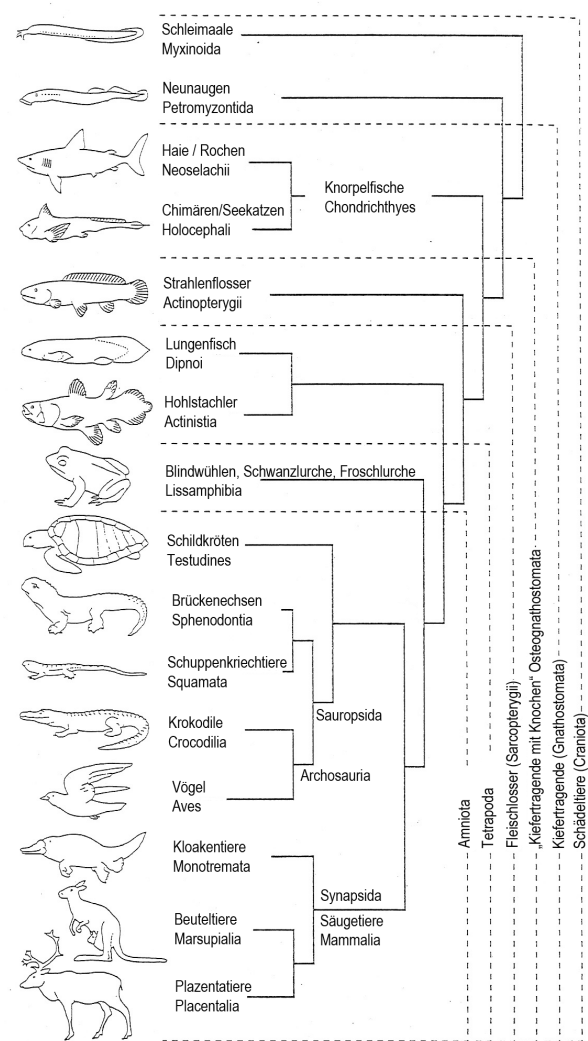


Abb. 1 Phylogenetisch-systematische Grossgliederung der rezenten Craniota (nach H.P. Schultze, Berlin; aus W. Westheide, R. Rieger, Spezielle Zoologie, 2004).

Assoziierte Arbeitsblätter und Kisten  
Wer ist wer bei den Wirbeltieren  
Die Geschichte mit dem Vogel  
Homologe und Analogie  
Ein direkter Vorfahre oder nicht  
Kisten: 8, 9,10, 11, 12

# Der Werdegang der Wirbeltiere

Gleich nach dem Eintritt in die Ausstellung lädt dich ein blaues Rondell zum Betreten ein. Das im Glas befindliche Meeresneunauge ist ein Kieferloser und symbolisiert unsere entfernten Vorfahren.

## Aufgabe

Stell dich auf das Feld „Ihr Standort“ und betrachte die Zeitlinie welche vom kieferlosen Meerneunauge bis zu dir verläuft. Was stimmt an diesem Werdegang der Wirbeltiere so nicht?



Siehe auch Kiste 3 „Kieferlose“

Lösung Seite 51

# Kieferlose

Von der ehemals grossen Gruppe der Kieferlosen sind heute nur noch zwei Gruppen erhalten: Die Neunaugen und die Schleimaale. Rechts neben dem Rondell sind den heute noch vorhandenen Kieferlosen einige fossile Vertreter gegenüber gestellt.



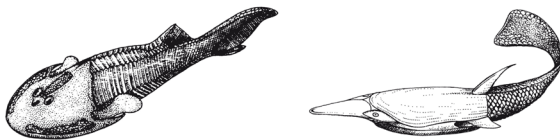
Evolutionsmobil  
Flossen•Füsse•Flügel

?

Sek II

## Aufgaben

1. Beim Vergleich der heute noch lebenden Kieferlosen und den fossilen Vertretern fallen einige Unterschiede auf. Welche?
2. Neben den Fossilien finden Sie Rekonstruktionszeichnungen. Basierend auf diesen Zeichnungen, wie haben diese Tiere Ihrer Meinung nach gelebt?

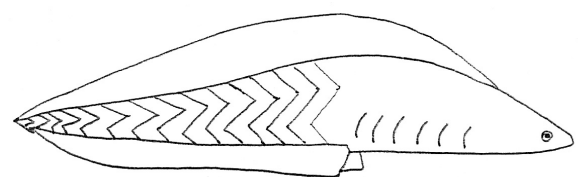
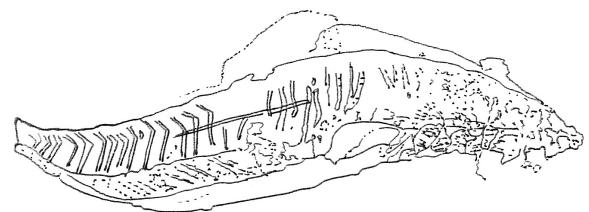


3. Viele Kieferlose waren stark gepanzert. Warum? Ein Bild in der Kiste kann dir einen Hinweis geben.

5. Was könnten Kieferlose gefressen haben?

6. Ein Blick ins Maul des Meeresneunauge in der langen Glassäule offenbart eine ganze Anzahl von Raspelzähnen. Was machen die Meeresneunaugen deiner Meinung damit?

7. In der folgenden Abbildung siehst du eine Skizze des Fossils und eine Rekonstruktionszeichnung von *Myokinmingia*, einem sehr frühen Kieferlosen. Sein Alter wird auf 530 Mio. Jahre geschätzt. Informiere dich in der Ausstellung, ab wann man Tiere mit einem Kiefer nachweisen kann und wie diese heissen. Wie lange verging seit dem Auftreten von *Myokinmingia* bis zu den ersten Tieren mit Kiefer?



## Kiste 3

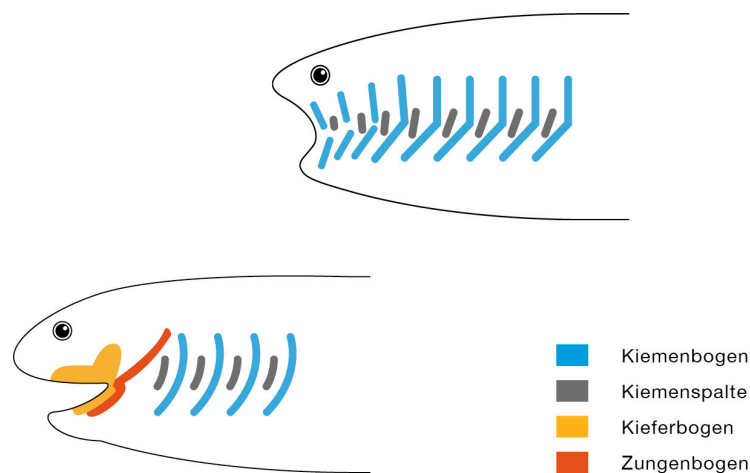
Bilder: *Myokinmingia* (Rekonstruktion und Fossil), verschiedene Kieferlose in Rekonstruktion oder als Fossil, Bild eines Seeskorpions.

Lösung Seite 51

Kieferlose konnten Nahrung einsaugen oder abraspeln. Zupacken, beißen und kauen ist aber nur mit einem Kiefer möglich. Fische waren die ersten Tiere mit einem Kiefer. Nach dem Auftreten des Kiefers kam es zu einer rasanten Entwicklung verschiedener Fischformen.

## Aufgaben

1. In den folgenden Abbildungen sind Schemazeichnungen eines Kieferlosen (oben) und eines Fisches mit Kiefer (unten) dargestellt. Erkläre anhand der Abbildungen, wie man sich die Entwicklung eines Kiefers vorstellt.



2. Die Flossenstachler gehören zu den ersten Fischen mit einem Kiefer. Sie können bis in die Zeit von vor 444 Mio. Jahren belegt werden.

Notiere die Daten der anderen, nach der Entwicklung des Kiefers aufgetreten Fischgruppen.

Panzerfische:

Flossenstachler:

Knorpelfische:

Knochenfische:

3. Der ausgestellte Panzerfisch *Dunkleosteus* hat einen beeindruckenden Kiefer. Statt Zähnen trug er grosse Knochenplatten im Maul.

Auf der Schädeloberseite hat er eine Verletzung. Spekuliere: woher könnte diese stammen?

Kiste 4:

Bild (farbig) Kieferentwicklung, Bild eines Stachelhais und verschiedenen Knorpelfischen.

Lösung Seite 52

Ein Grossteil der heute auf der Erde lebenden Wirbeltiere sind Fische. Die Gruppe der Knochenfische ist dabei am erfolgreichsten: Über 95% aller Fischarten sind Knochenfische.

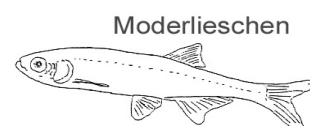
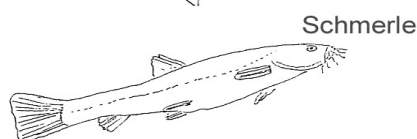
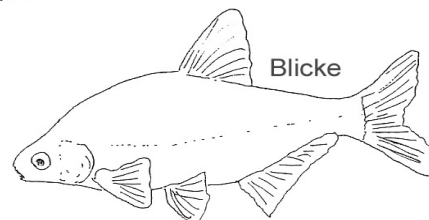
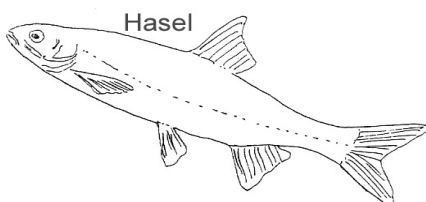
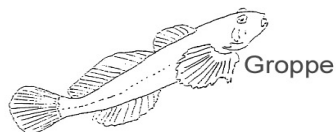
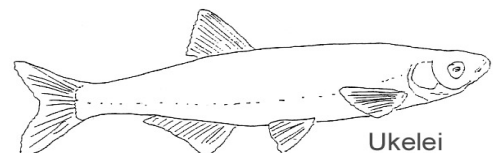
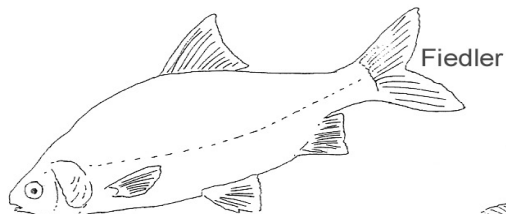
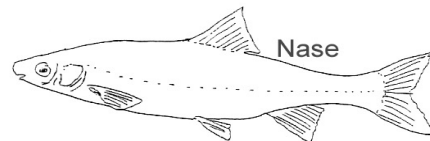
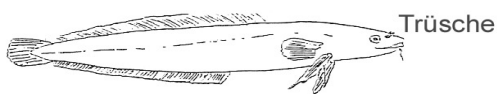
In der Schweiz gibt es ca. 70 Fischarten. Eine kleine Auswahl ist in der Vitrine „Fische der Schweiz“ ausgestellt.

## Aufgaben

1. Welcher von den ausgestellten Fischen war ursprünglich nicht in der Schweiz heimisch?

2. Welche Probleme können durch eingewanderte oder hier ausgesetzte, fremde Tier- und Pflanzenarten entstehen?

3. Welcher der unten schwimmenden Fische ist ein „Fake“?



Lösung Seite 52

Im Devon entwickelte eine Gruppe von Fischen 4 paarige Flossen mit besonderen Knochen und Muskeln: Die Fleischflosser. Für die Aufnahme von Sauerstoff verwendeten sie sowohl Kiemen als auch Lungen. Fleischflosser aus der Gruppe der Osteolepiformes gelten als Vorfahren aller Vierfüsser (Tetrapoda, Landwirbeltiere).

Als Fleischflosser werden übrigens nicht nur die ausgestorbenen Fische mit fleischigen Flossen bezeichnet. In dieses Taxon gehören auch die Lungenfische (Dipnoi), der „Quastenflosser“ *Latimeria sp.* als auch alle von den Fleischflossern abstammenden Tetrapoda. Der Mensch ist somit auch ein Fleischflosser!



## Aufgaben

1. Knochen der frühen Fleischflosser *Eustenopteron* und *Panderichthys* fanden sich in Brack- und Süswasserablagerungen. Welchen selektiven Vorteil haben kräftige Flossen und eine Ausstattung mit Kiemen und Lungen in solch einem Lebensraum womöglich gehabt?
2. Sind diese Tiere mit ihren Flossen an Land „gelaufen“? Begründe deine Antwort.
3. Neben der Rekonstruktion eines *Latimeria* zeigt ein Film dieses in tiefen Meeresgebieten lebende Tier. Beschreibe das Bewegungsmuster der Flossen. Welche Tiere bewegen ihre Extremitäten ähnlich?
4. *Latimeria* gilt als „lebendes Fossil“. Was verstehst du darunter? Vergleiche deine Antwort mit der deiner Kolleg:innen. Prüft nach, welche Erklärung stimmt.
5. Wie ist es möglich, dass sich Lebewesen über einen Zeitraum von Millionen Jahren kaum verändern?

## Exkurs Lungen

Lungen sind entwicklungsgeschichtlich älter als man oftmals vermutet. So weisen schon Panzerfische aus dem Devon welche in Süswasserablagerungen gefunden worden, Ausstülpungen am Kiemendarm auf. Diese werden als primitive Lungen angesehen. Wahrscheinlich sind für die Entwicklung der Lungen als zusätzliche Atmungsorgane Sauerstoffmangel im Wasser und/oder periodische Trockenheiten mit verantwortlich. Die Schwimmblase (ebenfalls eine Ausstülpung des Kiemendarms) ist entwicklungsgeschichtlich jünger und tritt nur bei Knochenfischen auf.

## Kiste 5:

Karte mit zeitlichem Auftreten verschiedener Fleischflosser und Tieren am Übergang zum Landgang, Fossilbild *Tiktaalik*, Schemazeichnung Schulter- und Beckengürtel bei *Ichtyostega* und Fleischflosser (einfach), Schultergürtel bei Fleischflosser und *Tiktaalik*, Flossenanatomie bei *Tiktaalik* und *Ichtyostega*

Lösung Seite 52

# Eine besondere Flosse

Über Millionen von Jahren hat sich das Leben auf der Erde im Wasser abgespielt. Vor 390 Millionen Jahren erscheinen die ersten Fleischflosser (Sarcopterygii) im Meer. Heute leben nur noch sieben Arten, die den frühen „fischigen“ Fleischflossern ähneln: ein „Quastenflosser“ (Actinistia, Latimeria) und sechs Lungenfischarten. Die Flossen der Fleischflosser und der Strahlenflosser (z.B. Forellen, Hecht, Thunfisch) unterscheiden sich wesentlich im Aufbau.

## Aufgabe


1. Unten sehen Sie eine Zeichnung der Knochenanordnung in der Vorderflosse von *Eustenopteron* aus dem Devon. Skizzieren Sie in der nebenstehenden Spalte den Flossenenaufbau eines heutigen Strahlenflossers. Beispiele finden Sie in den Ausstellungen „Flossen•Füsse•Flügel“ und „Die grosse Knochenschau“ (z.B. Kabeljau in Vitrine 10 Nr. 13 oder Vitrine 6 Nr. 2).

Notieren Sie die Unterschiede zwischen den beiden Flossen (H=Humerus, R=Radius, U=Ulna).

Was ist das Besondere an der Flosse von *Eustenopteron*?

Kiste 5: Foto Knochenaufbau Brustflosse heutige Knochenfische, Bild Knochenanordnung in Flosse von *Tiktaalik* und *Ichthyostega*, Skizze mit Knochenfischflosse.

Lösung Seite 53

<i>Eustenopteron</i>	Heutiger Strahlenflosser
	Empty space for student drawing



In der Ausstellung finden Sie das Fossil eines devonischen Fleischflossers (*Osteolepis macrolepidotus*) und eine Rekonstruktion eines *Ichthyostega*. *Osteolepis* und andere frühen Fleischflosser waren vom Körperbau und von den Sinnesorganen an ein Leben im Wasser angepasst. *Ichthyostega* trägt Merkmale von Fischen und „Amphibien“ und zählt zu den ersten „landgängigen“ Tetrapoden. Er lebte vor ca. 380 Mio. Jahren. Vor ein paar Jahren fand man mit *Tiktaalik roseae* einen weiteren „Landgänger“. Sein Alter wird auf 375 Mio. Jahren geschätzt.



## Aufgaben

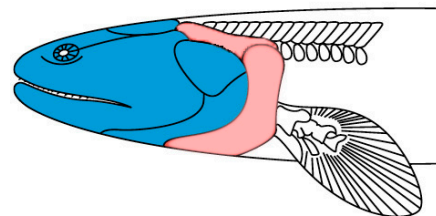
1. Betrachte die nebenstehenden Abbildungen. Sie zeigen schematisch den vorderen Körperabschnitt eines Fleischflossers und *Tiktaalik*.

Beschreibe die Unterschiede zwischen den beiden Körperaufbauten.

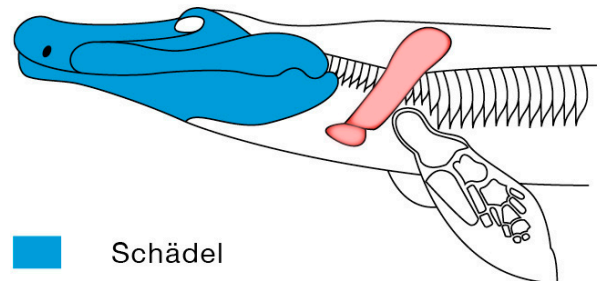
2. An Land herrschen offensichtlich andere Umweltbedingungen als im Wasser. Welche Anpassungen bei den Sinnesorganen brachten bei einem Übergang von Wasser zu Land einen Selektionsvorteil? Nenne mindestens 3 Beispiele.

3. Wie könnten sich *Tiktaalik* und *Ichthyostega* an Land bewegt haben? Betrachte dazu die 385 Mio. Jahre alte Spur in der Ausstellung. Beschreibe oder skizziere das wahrscheinliche Bewegungsmuster.

Quastenflosser



Tiktaalik



■ Schädel  
■ Schultergürtel

## Kiste 5

Schemazeichnung Schultergürtel bei Fleischflosser und *Tiktaalik*.

Der in der Ausstellung zu sehende *Seymouria sanjuanensis* aus dem Perm gilt als eines der ersten terrestrischen Lebewesen. Er trägt sowohl „amphibische“ als auch Merkmale „Reptilien“-artiger Landwirbeltiere. Er war wahrscheinlich deutlich weniger an das Wasser gebunden als seine Vorfahren.



## Aufgaben

1. Kein Lebewesen kann ohne Wasser leben. „Amphibien“ sind aber deutlich abhängiger vom Wasser als viele andere Landbewohner. Nennen Sie drei Faktoren, die die Abhängigkeit der „Amphibien“ vom Wasser aufzeigen (Trinken ausgenommen).

2. Wenn Sie sich Dinosaurier und Eidechsen vor Augen führen: Welche Veränderungen wurden durch die Selektion auf trockenere Standorte begünstigt und erlaubten ihnen ein weitgehend vom Wasser unabhängigeres Leben?

3. *Hylonomus lyelli* mit einem Alter von ca. 315 Mio. Jahren (spätes Karbon) gilt als eines der ersten „Reptilien“. Seine Überreste wurden an der Kanadischen Ostküste (Joggins Formation) im versteinerten Baumstumpf eines grosser Bärlappgewächses gefunden. Im Karbon begann die Bildung der Landmasse Pangäa, die alle Kontinente in sich vereinigte. Spekulieren Sie, inwieweit diese Umweltbedingungen die Entwicklung der „Reptilien“ (Amniota) gefördert haben könnten?

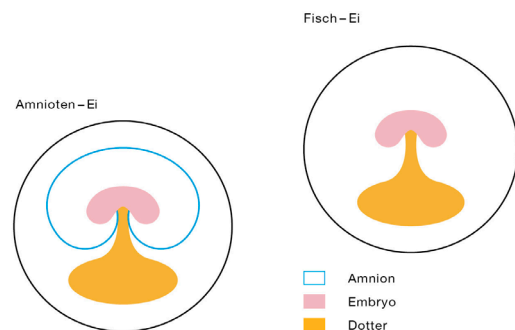
4. Zwischen den ersten zaghaften Landgängen von *Ichthyostega* und der Entstehung der Amniota liegen nur ca. 55 Mio. Jahre. Manche finden es sei eine kurze Zeit für so eine Entwicklung.

Informieren Sie sich über die verschiedenen Entwicklungen der Zeitspanne von vor 55

Mio. Jahren bis heute. Wer kann mehr Ereignisse aufzählen?

5. In der unten stehenden Abbildung sehen sie ein Fisch-Ei und ein Amnioten-Ei. Welche Unterschiede bestehen zwischen den beiden Eiern?

Inwieweit bringt das Amnioten-Ei unter trockenen Umweltbedingungen einen Selektionsvorteil?



## Kiste 6

Bilder von Amphibienlaich, Bild mit Echse und Handschuh, Schemazeichnung Aufbau eines Fischeis und eines Amnioteneis, Nest mit Eiern, Tektonikkarte aus dem Karbon mit Fundort von *Hylonomus lyelli*, zwei englische Artikel zu frühen Amniotenfussspuren (318 Mio. Jahre).

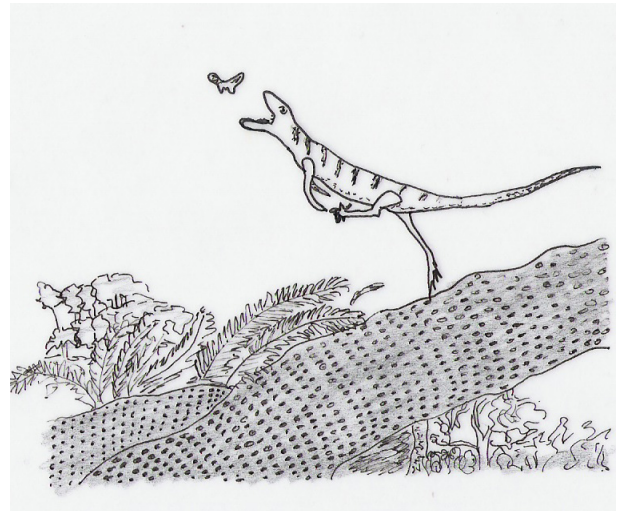
Lösung Seite 53

# „Brave new amniotes world“

Vor über 300 Mio. Jahren war die sich bildende Kontinentalmasse Pangea am Äquator von grossen tropischen Wäldern aus Bärlapp und Schachtelhalmbäumen bedeckt. Der Sauerstoffgehalt lag höher als heute und erlaubte riesigen Insekten den Flug durch die Wälder.

Am Ende des Karbons änderten sich die Verhältnisse: Wechselnde Eis- und Warmzeiten wirkten sich auch auf die tropischen Wälder aus. Innerhalb dieser Epoche entwickelten sich auch die ersten Amnioten.

Eines der frühesten „Reptilien“fossilien ist aus der Joggins-Formation in Ostkanada: *Hylonomus lyelli*.



## Aufgaben

1 a. In der Kiste „Frühe Landbewohner“ finden Sie eine Mappe mit englischen Texten. Lesen Sie den Text „Brave new reptilian world“.

b. Fassen Sie zusammen: Welchen Einfluss hatten die Klimaänderungen auf die damaligen Wälder in Joggins?

2. Beschreiben Sie wie sich die Zusammensetzung der Tiergemeinschaft änderte.

3 a. Lesen Sie den Artikel „Earliest evidence for reptiles“.

Die Fussabdrücke sollen von den ersten Reptilien stammen. Welche Merkmale geben die Autoren an um zu beweisen das es keine Amphibienspuren sind?

b. Betrachten Sie die Vorderbeine von heutigen „Reptilien“ (Vitrine am Ende des Ganges) und Amphibien (Vitrinen hinter den „Fuchsaugen“, ausserhalb der Ausstellung). Was für Strukturen kann man an den Händen und Füssen von „Reptilien“ finden, nicht aber an den Händen und Füssen von „Amphibien“?

c. Können Sie Abdrücke dieser Strukturen bei den versteinerten Fussspuren ausmachen?

Lösungen Seite 54

## Links und Literatur

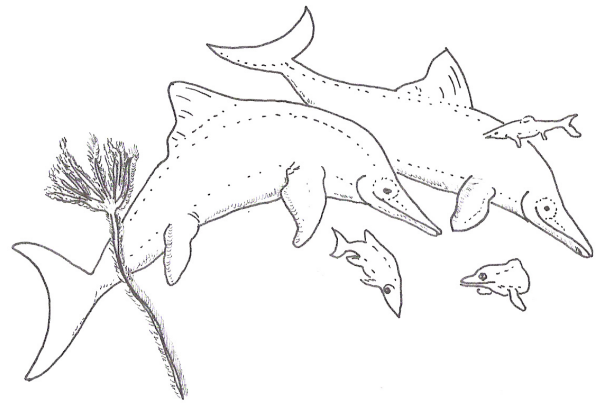
[www.sflorg.com/sciencenews/scn101707\\_01.html](http://www.sflorg.com/sciencenews/scn101707_01.html) (Earliest evidence for reptiles)

[/www.cbc.ca/technology/story/2010/07/30/reptile-footprints.html](http://www.cbc.ca/technology/story/2010/07/30/reptile-footprints.html)  
(Ancient reptile tracks found in N.B.)

<http://planetearth.nerc.ac.uk/features/story.aspx?id=885>  
(Brave new reptilien world)

Falcon-Lang H.J. et al. (2007) Ecology of earliest Reptiles inferred from basal Pennsylvanian trackways, Journal of the geological Society London, Vol. 164, pp 1113-1118

**Fischsaurier (Ichthyosauria) waren bestens an ein Leben im Wasser angepasst. Mächtige senkrechte Schwanzflossen trieben die bis zu 15 m langen und stromlinienförmigen Tiere im Wasser voran. In der Ausstellung „Flossen•Füsse•Flügel“ ist das Fossil eines *Stenopterygius sp.* aus dem Lias (Jura, vor 183 Mio. Jahren) zu sehen.**



## Aufgaben

1. Betrachten Sie das Fossil: Warum handelt es sich bei diesem Skelett nicht um ein Fischskelett? Nennen Sie so viele Unterscheidungsmerkmale wie möglich.

Wenn die fossilen Fischskelette in der Ausstellung „Flossen•Füsse•Flügel“ Ihnen nicht genug Hinweise geben, helfen Ihnen die Skelette in der Ausstellung „Die grosse Knochenschau“ vielleicht weiter.

2. Ichthyosaurier waren Saurier (Sauropsida) und diese legen normalerweise Eier mit Eihüllen (Amnion, Chorion) und kalkhaltigen Schalen. Der Embryo ist auf einen Sauerstoffaustausch durch die Schale angewiesen. Würden die Ichthyosaurier ihre Eier einfach ins Wasser ablegen, würden die Jungen ersticken.

Welche zwei Lösungsmöglichkeiten sind für dieses Problem denkbar?

3. Ihrer Meinung nach, welche Möglichkeit kam bei den Ichthyosauriern vor? Begründen Sie Ihre Meinung?

Kiste 7  
Bild eines Fischsauriers

Lösung Seite 54

In der Ausstellung finden Sie Fossilien und Rekonstruktionszeichnungen eines *Archaeopteryx*, eines *Confuciusornis* *sanctus* und des Raubsauriers *Microraptor gui*. *Microraptor gui* ist, wie der aus „Jurassic Park“ bestens bekannte *Velociraptor*, ein Dromaeosauridae. Diese Dinosauriergruppe ist nah mit den Vögeln verwandt.



*Confuciusornis*, einer der ersten richtigen Vögel und *Compsognathus*, ein leicht gebauter, zweibeiniger Vorfahre der Vögel.

## Aufgaben

1. Betrachte in der Ausstellung die Rekonstruktionszeichnung von *Microraptor gui* und *Archaeopteryx*. Finde und notiere mindestens 3 Unterschiede zwischen den beiden?
2. Nimm die Skelettkarten von *Compsognathus* und *Archaeopteryx* aus der Kiste zur Hand. Finde und notiere 5 Gemeinsamkeiten im Skelettbau und so viele Unterschiede wie möglich.
3. Nimm die Skelettkarten von *Archaeopteryx* und der Krähe aus der Kiste. Finde und notiere mindestens 5 Gemeinsamkeiten und so viele Unterschiede wie möglich.
4. Nimm das Gummimodell von *Velociraptor* aus der Kiste. Ist dieser Dinosaurier deiner Meinung nach ein guter aktiver Flieger gewesen? Begründe deine Antwort.
5. Nimm die Gummimodelle von *Deinonychus* und *Velociraptor* zur Hand. *Deinonychus* ist ohne Federn dargestellt. Heute nimmt man allerdings an, dass er ein ähnliches Federkleid wie *Velociraptor* trug. Warum eigentlich? Spekuliere: Welchen evolutiven Vorteil könnten Federn gegenüber einer schuppigen Haut gehabt haben?
6. Stellt man eine systematische Gruppierung auf, so sollten monophyletische Taxa dabei entstehen. Das bedeutet, dass alle Mitglieder des Taxon eine gemeinsame Stammform haben und dass das Taxon **alle** Nachkommen dieser Stammform und die Stammform umfasst. Ist unter dieser Voraussetzung eine Einteilung in die Gruppen Reptilien und Vögel zulässig? Begründen Sie Ihre Antwort.
7. Neben vielen ausgestorbenen haben die Vögel auch noch lebende - entferntere - Verwandte. Zusammen mit den Dinosauriern und Vögeln bilden sie das Taxon der Archosauria. Was meinen Sie, um was für „Reptilien“ handelt es sich bei diesen Verwandten?

Kisteninhalt: Je ein Skelettbild eines *Archaeopteryx*, eines *Compsognathus* und einer Krähe; Modell eines *Archaeopteryx*, eines *Velociraptor* mit Federn und eines *Deinonychus* ohne Federn.

## Kiste 8

Modelle von *Archaeopteryx*, *Velociraptor*, *Deinonychus*, Skelettbilder von *Compsognathus*, *Archaeopteryx* und einer Krähe

Lösung Seite 54

## Exkurs - Ursprung und Evolution der Federn

**Es gibt mehrere Feder-Hauptformen mit verschiedenen Zwischenstufen. Die drei wichtigsten werden kurz vorgestellt.**

Konturfedern: Körperabdeckung nach aussen, geben dem Körper Struktur, Farbe, Schutz vor Sonne, Regen und Abrieb.

Flugfedern: Schwungfedern und Schwanzfedern (Steuerfedern) bilden die Flugfedern. Sie ähneln den Konturfedern, sind aber oftmals grösser, kräftiger und steifer.

Konturfedern und Flugfedern haben einen ähnlichen Aufbau: Der untere Teil der Achse wird Spule genannt, der obere Teil mit der Fahne Schaft. Die Fahne besteht aus kleinen vom Schaft abgehenden Ästen. Jeder dieser Äste trägt viele Hakenstrahlen. Die Häkchen der einzelnen Hakenstrahlen schaffen eine Verbindung untereinander (ähnlich einem Reissverschluss). Die so entstandene Struktur ist flexibel, leicht und gleichzeitig stark. Die Verbindungen können sich bei Belastung lösen, werden beim putzen aber wieder miteinander verzahnt.

Daunenfedern haben nur einen kleinen oder gar keinen Schaft. Die langen Äste verzweigen sich von der Basis der Feder, es sind keine Häkchen vorhanden. Die Feder ist klein und weich und dient, oftmals unter den Konturfedern, der Wärmeisolierung.

Über die Entwicklung der Federn gibt es unterschiedliche Meinungen.

- Die Feder und der Federfollikel sind einzigartig und nicht homolog mit irgendeiner anderen ursprünglichen Struktur. Die Daunenfeder ist die primitivste Federform aus der sich alle anderen Federtypen entwickelt haben.

Brush AH (2000) Evolving a protofeather and feather diversity. Am Zool 40(4):631-639

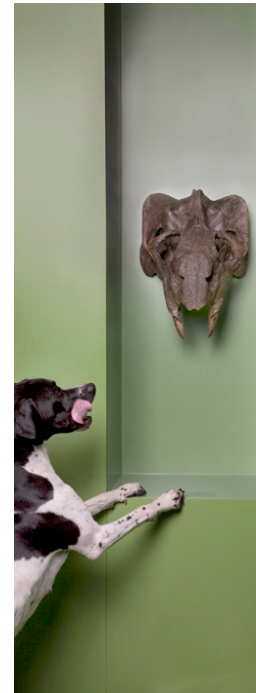
- Der Federfollikel ist zu den Follikeln andere Hautderivate homolog und keine evolutionäre Neuerung. Die Struktur des Keratins weist auf eine Homologie mit den Schuppen und Klauen von anderen Archosauriern (Dinosauria, Krokodile) hin. Die ersten Federn haben sich aus flachen länglichen Reptilienschuppen entwickelt, der ursprüngliche Federtyp war eine Konturfeder. Daunenfedern haben sich erst später entwickelt.

Maderson PFA, Alibardi L (2000) The development of the sauropsid integument: A contribution to the problem of the origin and evolution of feathers. Am Zool 40(4)513-529

Die unterschiedlichen Theorien haben Auswirkungen auf die selektiven Vorteile die die ersten Federn gehabt haben könnten. Waren die Daunenfedern zuerst da, so war wahrscheinlich Isolation ein Selektionsvorteil. Waren es aber Konturfedern, so stand vielleicht eher der Schutz der Haut vor Abrieb, Wasserverlust oder die Feder als Schmuck im Vordergrund der Selektionsvorteile.

## Säugetiere

**Säugetiere (Mammalia) sind keine erst vor kurzer Zeit entstandene Tiergruppe. Erste Funde datieren in die Zeit von vor ca. 210 Mio. Jahren. Säugetiere stammen in direkter Linie von den Cynodontia ab. Den Schädel eines nahen Verwandten der Cynodontia können Sie in der Ausstellung sehen. Die Cynodontia und 3 weitere fossile Gruppen werden auch oft als „säugetierähnliche Reptilien“ zusammengefasst. Der bisher älteste Fossilnachweis eines modernen Säugetiers datiert auf die untere Kreide (125 Mio. Jahre, *Eomaia scansoria*).**



### Aufgabe

1. Nennen Sie mindestens 3 Merkmale die heutige Säugetiere charakterisieren.
2. Gehen Sie zum Schädel des „säugetierähnlichen Reptils“. Welche Säugetiermerkmale können Ihrer Meinung nach wohl fossil nachgewiesen werden? Die Karten in der Kisten können Ideen liefern.
3. Wie sah die Erde zur Zeit des Trias, der Lebenszeit der frühen Säugetiere, aus?. Notieren Sie die Lage der Kontinente und welche Tiere sich zeitgleich entwickelten. Was geschah am Ende des vorangegangenen Zeitabschnittes (Perm)?
4. Säugetiere sind heute weltweit verbreitet. Nennen Sie jeweils mindestens ein Säugetier aus den folgenden Lebensräumen oder mit den aufgelisteten Fähigkeiten. Sie können die Liste beliebig erweitern.  
Meer, Süßwasser, Wüsten, Dschungel, Eisschilde des Nordens, fliegend, unter der Erde grabend.
5. Die ersten Säugetiere haben alle etwas gemeinsam: Sie waren relativ klein (spitzmaus - hörnchengross), frassen Insekten und Pflanzen und waren wahrscheinlich nachtaktiv. Spekulieren Sie: Warum zeigten Sie diese Eigenschaften? Wer lebte zeitgleich mit ihnen?
6. Vor allem zum Ende der Kreide und im Paläogen machten die Säugetiere eine rasante Entwicklung durch. Viele verschiedene Gruppen entwickelten sich. Was geschah an der Grenze von Kreide und Paläogen? Warum und wie könnte dies die Entwicklung der Säugetiere beeinflusst haben?
7. Wie nennt man das Phänomen einer raschen adaptiven Diversifizierung, welche strahlenartig in verschiedene Richtungen verläuft und bei der jede der entstandenen Arten eine neue Abstammungslinie generiert?

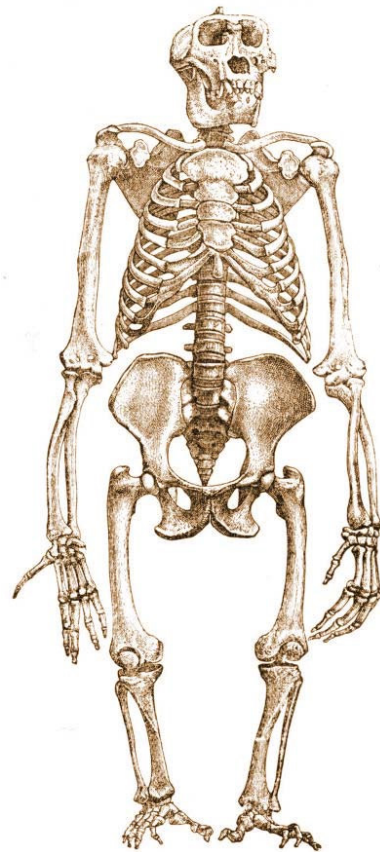
Kiste 9  
Rekonstruktionszeichnungen von frühen Säugetieren, Bild Struktur und Lage prim. und sek. Kiefergelenk.

Lösung Seite 55

**Menschenaffen sind unsere nächsten Verwandten. Nehmen sie das menschliche Skelett aus dem Skelettmobil und gehen Sie damit in die Ausstellung „Die grosse Knochenschau“. In Vitrine 1 sehen Sie das Skelett eines Gorillas, in Vitrine 5 das Skelett eines Schimpansen.**

## Aufgaben

1. Vergleichen Sie die Skelette von Gorilla oder Schimpanse mit dem Menschenskelett. Notieren Sie so viele Unterschiede wie möglich.
2. Welche Erklärungen können Sie für die Unterschiede finden? Nennen Sie für mindestens 5 Unterschiede einen Erklärungsversuch.
3. Die Beinstellung des ausgestellten Gorillas ist - sagen wir mal - nicht sehr elegant. Aber was würde geschehen, wenn er sich mit gerade Beinen aufrichten würde ohne sich irgendwo festzuhalten? Warum geschieht dies beim Menschen nicht?
- 4 a. Welche Muskelpartie ist beim Mensch ausgeprägter als bei Gorilla und Schimpanse  
Hinweis: Stellen Sie sich bei allen Arten die Körperrückseite vor.
  - b. Warum ist dieser Teil der Muskulatur beim Gorilla und anderen Menschenaffen nicht so stark ausgebildet?
5. Ist der Gorilla oder der Schimpanse unser Vorfahre? Begründen Sie Ihre Antwort.



Lösung Seite 56



# Primaten

Die Gruppe der Primaten ist sehr vielgestaltig und beinhaltet so unterschiedliche Arten wie Menschen oder nachtaktive Loris.

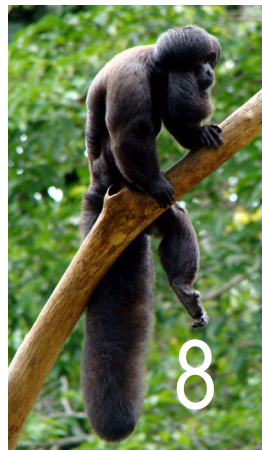
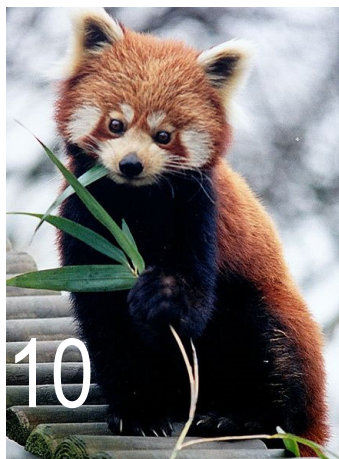
## Aufgaben

1. Auf den Bildern sind neben Primaten auch drei „Nicht-Primaten“ dabei. Welche drei Bilder zeigen keine Primaten?

2. Welche Merkmale kennzeichnen die Gruppe der Primaten? Notieren Sie mindestens drei Merkmale.



Lösung Seite 57



## Humanevolution - Schädel

**Mit fast jedem neuen Fossilfund aus der Gruppe der Hominini wird der Stammbaum der Humanevolution neu bewertet. Je nach Forscher:innen werden unterschiedliche Stammbäume favorisiert.**

**Einige Fossilfunde sind mit Schädelabgüssen in der Kiste vorhanden. Die Schädel bitte vorsichtig behandeln und auf dem beiliegenden Tuch ablegen. Bitte auf keinen Fall die Schädel auf den Boden legen!**

### Aufgaben

1. Nehmen Sie die Schädel vorsichtig heraus (Kiste 13 b) Beschreiben Sie die einzelnen Schädel jeweils auf einem Extra-Blatt. Interpretieren Sie Ihre Beobachtungen. Hinweise: Was können Kieferform, Grösse und Form der Zähne, Schädelgrösse (Länge/Breite), Form des Hinterkopfes, langes oder kurzes Gesicht, „Schnauzenbildung“ oder gerades Gesicht, Überaugenwülste... „erzählen“?

2. Welche Informationen kann uns die Lage des Hinterhauptloches liefern?

3 a. Für diese Aufgabe sollten 4-5 Schüler/innen eine Gruppe bilden. Was wissen Sie über die verschiedenen Menschenformen. Sammeln Sie die Informationen und vergleichen Sie Ihre Aufzeichnungen aus Aufgabe 1.

b. Nehmen Sie das Material für die Zeitlinie zur Humanevolution aus der Kiste 13 a. Versuchen Sie die Schädel und Bilder anhand ihres Aussehens in eine zeitlich Reihe zu ordnen.

c. Vergleichen Sie ihre zeitliche Verteilung der Schädel mit der in der Kiste liegenden Liste mit Altersangaben der einzelnen Schädel. Müssen Sie Änderungen vornehmen?

d. Welche Arten würden Sie eher in die Reihe unsere direkten Vorfahren einordnen, welche nicht? Begründen Sie ihre Einteilung.

4. Welche Merkmale veränderten sich bei den Schädeln der Hominiden im Laufe der Zeit?

5. Heute ist der *Homo sapiens* die einzige Menschart auf der Erde. Das war nicht immer so. Nehmen Sie die „Blachestreifen“ mit den Jahresangaben für die einzelnen Hominini aus der Kiste und legen Sie sie an die Zeitlinie an. Welche Arten hätten sich treffen können?

6. Viele Hominini weisen sowohl Merkmale für eine kletternde Lebensweise (längere Arme, gebogene Finger, teilweise noch abstehende Zehe) als auch für eine Fortbewegung auf zwei Beinen (Lage des Hinterhauptloches, Anatomie des Fusses). Unter Berücksichtigung dieser Informationen: Spekulieren Sie, warum sich der Gang auf 2 Beinen entwickelt hat.

7. *Paranthropus boisei* trägt einen grossen Knochenkamm auf dem Kopf. Wozu könnte er gedient haben?

Kisten 13a und b: Inhalt am Ende der von Kapitel Humanevolution Informationen.

Lösung Seite 57

## Humanevolution - Schädel / Information

Nachstehend finden Sie einige kurze Information zu verschiedenen Hominini. Nicht alle sind mit einem Schädel vertreten. Unterstrichene Fossilien finden sich in der Kiste 13 b. Nicht jeder Fundort ist aufgelistet. Eine Karte mit den Fundorten der einzelnen Arten liegt der Kiste bei.

### ***Ardipithecus ramidus***

**4.5 - 4.2 Mio. Jahre**

Diese Art hatte etwa Schimpansengrösse, eine deutliche Schnauze, kleine Affenlücke und eine Gehirngrösse von 300-350 cm<sup>3</sup>. Die Beckenschaufeln sind mehr zur Seite gebogen als bei Schimpansen und weisen damit den Weg zu einem humanoiden Becken. Das Kreuzbein ist mehr Affen-ähnlich. Greifhand und Greiffuss weisen auf eine hauptsächlich kletternde Lebensweise mit teilweise aufrechtem Gang hin. Es sind keine Anzeichen für Knöchelgang vorhanden. Sie lebten in einem waldigen Gebiet.

Aramis, Äthiopien, 4.4 Mio. Jahre

### ***Australopithecus afarensis***

**3.85 - 2.85 Mio. Jahre,**

Von dieser Art gibt es Fossilien von über 300 Individuen. Einige Merkmale verweisen auf Affen (Schnauze, platte Nase, kleines Gehirn mit Ø ca. 500 cm<sup>3</sup>, starke Arme und lange gerundete Finger) andere sind eher humanoide Merkmale: aufrechter Gang (Fussspuren von Laetoli), keine grossen Eckzähne. Fossilfunde weisen auf mosaik-artige Waldgebiete und grössere Grasgebiete hin. Steine, die als Werkzeuge genutzt (nicht hergestellt) worden sind, passen zeitlich zu *Au. afarensis* wurden aber nicht direkt mit Fossilien der Art gefunden.

Lucy 3.2 Mio. Hadar Äthiopien

Dikikia, Äthiopien, 3.3 Mio. Jahre

Hadar (Äthiopien), 3.4 - 3.0 Mio. Jahre

Laetoli (Tansania), 3.6 Mio. Jahre Fossil und Fussspuren

### ***Australopithecus africanus***

**3.3 - 2.1 Mio. Jahre**

Diese Art trägt sowohl Merkmale von *Au. afarensis*, der Paranthropusgruppe (Zahnstellung und Jochbögen) als auch der Homo-Gruppe. Breite Beckenschaufeln, Merkmale der Beinknochen und die Füsse weisen auf eine aufrechte Lebensweise hin. Die gerundeten Finger, die längeren Arme und die Anatomie der Schulter verweisen auf eine kletternde Lebensweise. Gehirngrösse Ø 420 - 500 cm<sup>3</sup>

Taung, Südafrika, 2.3 Mio. Jahre

Mrs. Ples, 2.5 Mio. Sterkfontein, Südafrika

Sterkfontein, Südafrika, 2.8 Mio. Jahre

### ***Paranthropus boisei***

**2.3 - 1.4 Mio.**

Der Schädelaufbau von *P. boisei* weist auf eher harte Nahrung hin. Neuere Untersuchungen verweisen aber auf eine Diät mit viel Fleisch (anhand der Kratzer in den Zähnen). Auch im Bezug auf die Umgebung in der er lebte bestehen Unstimmigkeiten. Manche sehen ihn in dichterem Waldgebiet in der Nähe von Flüssen, andere eher in offenen Savannengebieten. Gehirngrösse: Ø 530 cm<sup>3</sup>.

Olduvai, Tansania, 1.8 Mio Jahre

Koobi Fora Kenia, 1.5 Mio Jahre

Turkana, Kenia, 1.5 Mio, 2.45 Mio., 2.5 Mio.

Konso, Äthiopien, 1.4 Mio Jahre

Omo River, Äthiopien, 2.3 Mio. Jahre

### ***Paranthropus robustus***

**2.0 - 1.2 Mio. Jahre**

Diese Art besass ebenfalls grosse Backenzähne und kleine Schneidezähne. Einige Knochen die mit den Fossilien ausgegraben wurden, könnten als Grabwerkzeuge genutzt worden sein. Gehirngrösse: Ø 520 cm<sup>3</sup>

Komdraai Südafrika, 2.0

Swartkrans Südafrika, 2.5 - 1.5 Mio Jahre

### ***Homo rudolfensis***

**2.5 - 1.8 Mio. Jahre**

Der Schädel weist keine Schnauzenbildung auf, wölbt sich mehr nach oben und ist an der Augenpartie breit. Er weist kräftige



Zähne auf, welche auf vegetabile Kost hinweisen. Um die Zeitspanne von vor 2.5. Mio Jahren änderte sich das Klima in Afrika hin zu offenerem und trockenerem Gelände.

Gehirngrösse: Ø 750 cm<sup>3</sup>

Koobi Fora, Kenia, 1.8 Mio. Jahre

### ***Homo habilis***

#### **2.4 - 1.5 Mio. Jahre**

Das Gesicht weist Ähnlichkeiten mit Australopetecinen auf, auch die Arme sind lang. Die Hände weisen einen Mix aus Affen und Menschenmerkmalen auf. Die Backenzähne sind kleiner als bei früheren Menschenformen.

Die Schnauze ist weniger ausgeprägt. Er war die erste Menschenform der Werkzeuge direkt zugerechnet werden konnten. Gehirngrösse: Ø 500 - 800 cm<sup>3</sup>

Olduvai Tansania, 1.75 - 2.0 Mio. Jahre

Koobi Fora Kenia, 1.7 - 1.9 Mio. Jahre

Hadar, Äthiopien, 2.3 Mio. Jahre

Swartkrans, Süd Afrika, 1.5 Mio. Jahre

Sterkfontein, Süd Afrika, 1.5 - 2.0 Mio. Jahre

### ***Homo ergaster* (frühe *H. erectus*?)**

#### **1.8 - 1.4 Mio. Jahre**

Gehirngrösse Ø 900 cm<sup>3</sup>

Einige Forscher bezeichnen die frühen (und afrikanischen) Formen von *H. erectus* als *H. ergaster*.

Koobi Fora Kenia, 1.5 - 1.8 Mio. Jahre

Dmanisi, Georgien, 1.8 Mio. Jahre

Kind von Nariokotome Kenia, 1.6 Mio Jahre

Swartkrans Südafrika, 1.5 Mio Jahre

### ***H. erectus***

#### **1.4 - 0.3. Mio. Jahre**

Der Schädel von *H. erectus* ähnelt in vielem *H. sapiens* Schädeln. Allerdings sind die Knochen von *H. erectus* deutlich kräftiger gebaut (z.B. die Überaugenwülste). Er war eine der ersten Menschenarten die den afrikanischen Kontinent verliessen. Funde von Feuerstellen deuten darauf hin, dass er das Feuer zu nutzen wusste.

Gehirngrösse: Ø 900 cm<sup>3</sup>

Trinil, Java, Indonesien, 500 000 Jahre

Zhoukoudian, China, 400 000 - 500 000

Sangiran, Indonesien, 800 000 Jahre

Ternifine, Algerien, 700 000 Jahre

Saldanha, Süd Afrika, 500 000 Jahre

### ***H. heidelbergensis***

#### **0.5 - 0.2 Mio. Jahre**

Funde weisen darauf hin, dass *H. heidelbergensis* in Gruppen auf die Jagd ging (Sperrfunde und Überreste von grossen Tieren).

Erste Nachweise für Unterkünfte liegen ebenfalls vor. Er war eine der ersten Arten die in kalten Klimaten lebte. Der Schädel hat ein flacheres Gesicht als die Vorgänger, weist starke Knochen auf und zeigt deutliche Überaugenwülste. Wie *H. heidelbergensis* im Humanstammbaum steht ist noch nicht ganz klar. Sicher ist, dass er als Vorfahre der Neandertaler angesehen werden kann.

Gehirngrösse: Ø 1200 cm<sup>3</sup>

Bodo d'Ar, Äthiopien, 600 000 Jahre

Mauer Deutschland, 400 000-500 000 Jahre

Caune de l'Arago, Frankreich, 400 000 Jahre

Petralonia, Griechenland, 300 000 - 400 000 Jahre

Steinheim, Deutschland, 250 000 Jahre

Atapuerca, Spanien, 300 000 Jahre

Kabwe Sambia, 300 000 Jahre

### ***H. neanderthalensis***

#### **0.2 - 0.03 Mio. Jahre**

Neandertaler waren kleiner als heutige Menschen. Muskelansatzstellen an den robusten Knochen weisen auf sehr starke Muskeln hin. Das Gesicht hatte Überaugenwülste und eine relative flache Stirn und ein wenig ausgeprägtes Kinn. Der erste Bestattungsnachweis fällt in die Zeit der Neandertaler.

Gehirngrösse: Ø 1450 cm<sup>3</sup>

Krapina Kroatien, 130 000 Jahre

Saccopastore, Rom, Italien, 120 000 Jahre

Tešik-Taš, Usbekistan, 70 000 Jahre

Kebara, Israel, 60 000 Jahre

Amud, Israel 40 000 Jahre

La chapelle-aux-Saints, Frankreich 50 000 Jahre

La Ferrassie, Frankreich, 50 000 Jahre





Neandertal, Deutschland, 40 000 Jahre  
Forbes' Quarry, Gibraltar, Alter unsicher  
Charente-Maritime, Frankreich, 36 000 Jahre

### ***H. sapiens***

#### **0.15 (0.2) Mio. Jahre**

Gehirngrösse: Ø 1300 cm<sup>3</sup>

Kibish, Äthiopien 130 000 Jahre

Qafzeh, Israel, 90 000 Jahre

Skhul Höhle, Israel, 90 000 Jahre

Cro-Magnon, Frankreich, 32 000 Jahre

Clovis, Nordamerika, 13 350 Jahre

Monte Verde, Südamerika, 14 700 Jahre

Kow Swamp, Australien, 10 000 Jahre

### **Materialliste**

#### **Kisteninhalt Kiste 13 a und 13 b (Schädel)**

##### Schädel

- *Australopithecus afarensis* (Lucy)
- *Au. africanus*
- *Paranthropus boisei*
- *Homo habilis*
- *H. rudolfensis*
- *H. ergaster*
- *H. erectus*,
- *H. neanderthalensis*
- Stoff-Unterlage für die Schädel
- Zeitlinie (5 Mio. Jahre = 2 m)
- Zeitstränge der verschiedenen Arten (jeweils in der Dauer des Auftretens der Arten, 1 cm = 25 000 Jahre)
- Liste mit Altersangaben
- Bilder von *Orrorin*, *tugenensis*, *Ardipithecus ramidus*, *Kenyanthropus platyops*, *Au. garhi*, *Au. sediba*, *P. aethiopicus*, *P. robustus*, *H. heidelbergensis*
- Bildkarte mit verschiedenen *H. heidelbergensis* Schädeln, *H. erectus*, *H. neanderthalensis* und *H. sapiens*
- Diagramm mit Gehirnvolumen und Verhältnis von Gehirnvolumen und Körpergrösse
- Verbreitungskarten der Fossilfunde in Afrika und Weltweit
- Chronologie der Hominini
- leeres Chronologieblatt



## Aufgaben

1. Kommentiere folgendes Gedicht aus biologischer Sicht

### Die Entwicklung der Menschheit

Einst haben die Kerls auf den Bäumen gehockt,  
behaart und mit böser Visage.  
Dann hat man sie aus dem Urwald gelockt  
und die Welt asphaltiert und aufgestockt,  
bis zur dreißigsten Etage.

Da saßen sie nun, den Flöhen entflohn,  
in zentralgeheizten Räumen.  
Da sitzen sie nun am Telefon.  
Und es herrscht noch genau derselbe Ton,  
wie seinerzeits auf den Bäumen.

Sie hören weit. Sie sehen fern.  
Sie sind mit dem Weltall in Fühlung.  
Sie putzen die Zähne. Sie atmen modern.  
Die Erde ist ein gebildeter Stern  
mit sehr viel Wasserspülung.

Sie schießen die Briefschaften durch ein Rohr.  
Sie jagen und züchten Mikroben.  
Sie versehen die Natur mit Komfort.  
Sie fliegen steil in den Himmel empor  
und bleiben zwei Wochen oben.

Was ihre Verdauung übrigläßt,  
das verarbeiten sie zu Watte.  
Sie spalten Atome. Sie heilen Inzest.  
Sie stellen durch Stiluntersuchungen fest,  
dass Cesär Plattfüße hatte.

So haben sie mit dem Mund  
den Fortschritt der Menschheit geschaffen.  
Doch davon mal abgesehen und  
bei Lichte betrachtet sind sie im Grund  
noch immer die alten Affen.

Erich Kästner (1899 - 1974)

2. Lebewesen sind niemals „perfekt“ an die Umwelt angepasst, sondern nur soweit als nötig, um die Art überleben zu lassen. Nenne 3 Eigenschaften, die deiner Meinung nach verbesserungswürdig für das Überleben des *Homo sapiens* sind. Gibt es dazu - nach einer Diskussion mit Kollegen und Kolleginnen - auch gegenteilige Ideen?

# Welche Geschichte erzählen Fundstücke?

Sobald Artefakte einer vergangenen Kultur ausgegraben werden, versucht man diese zu interpretieren. Selbst bei Kulturen, die zeitlich nicht so weit zurückliegen, fällt diese Interpretation manchmal schwer.

Fundstücke der Römer sind für die Wissenschaftler meist gut zu deuten. Zum Glück können wir die Schrift der Römer noch lesen. Sowohl die Sprache als auch die Buchstaben sind uns noch bekannt. Zudem haben die Römer viele schriftliche Zeugnisse auf haltbaren Materialien wie z.B. Steinen hinterlassen. Uns erschliessen sich so viele Einblicke in den Alltag dieser Zeitspanne.

Um wie viel schwerer ist es, sich in eine Kultur hineinzudenken, von der wir keinerlei schriftliche Kenntnisse haben und wo sich vergängliche Materialien nicht oder nur sehr selten erhalten haben.



## Aufgaben

1. Was meinst du, wie werden die folgenden Fundstücke interpretiert: Venus von Willendorf, Höhlenmalereien von Altamira, Löwenmensch von der Schwäbischen Alb (Kiste 14)
2. Sieh dir das Material in der Kiste an (Bilder, Flaschen, CD...). Wähle 5 Gegenstände aus. Wie würden Lebewesen, die lange nach uns die Welt bevölkern, diese Gegenstände interpretieren? Nimm als Voraussetzung an, dass keine heute noch lesbare Schrift mehr verständlich ist.
3. Wenn du im beiliegenden Buch blätterst und an die Antworten aus Frage 1 und 2 denkst: Welche alternativen Erklärungsideen fallen dir noch ein?

4. Welche wichtigen Bestandteile unserer Kultur würden durch die in der Kiste enthaltenen Stücke nicht vermittelt? Überlege, mit was du viel Zeit verbringst.
5. Definiere Kultur und Zivilisation. Notiere erst deine als auch offizielle Definitionen. Findest du Unterschiede? Was kennzeichnet für dich „unsere“ Kultur und Zivilisation?
6. Suche im Internet Beschreibungen und Abbilder von Neandertalern. Wie hat sich das Bild dieser Menschenform seit den ersten Funden bis heute verändert?

Lösung Seite 58

## Kiste 14 - Inhalt

### Buch

- Motel der Mysterien, David MacCaulay

### Kartensatz

- Venus von Willendorf
- Höhlenbilder aus Altamira (2)
- Löwenmensch (Vogelherd)
- Figur aus Malta
- 3 Ketten mit Anhängern (Kreuz, Davidstern, Totenkopf)
- Jüdischer Grabstein
- Grabstein für einen Hund
- Monitor, Handy, Tastatur
- Zeichen für Radioaktivität, Tschernobyl (zerstörter Reaktorblock)
- Antike Waffe
- 3 Comic, bzw. Actionfiguren
- Kirchenruine
- Autofelge, Strassenverkehrszeichen
- Kreditkarte
- Graffiti
- Joghurtbecher
- Barockbibliothek

### Weitere Gegenstände

- Flasche mit Glasreiniger
- Gartenzwerg
- Käseschachtel
- Defektes Handy
- 2 CD
- Fotoapparat
- Kindersieb für den Sandkasten



# „Wer gehört zu wem?“ bei den Tieren



In der vor dir liegenden Kiste findest du Gummimodelle von verschiedenen Wirbeltieren. Deine Aufgabe ist es, diese Tiere in Gruppen zu ordnen.

Tiere werden auf Grund der bei ihnen auftretenden Merkmale geordnet. Man versucht dabei Gruppen von Tieren zu bilden, die miteinander verwandt sind. Das heisst, sie stammen von einem gemeinsamen Vorfahren ab. Bei der Gruppeneinteilung überlegt man, welches Merkmal in einer Gruppe einzigartig ist. Etwas das nur die Tiere dieser Gruppe haben und welches sie von einem gemeinsamen Vorfahren geerbt haben.

Die in der Kiste beiliegende Mappe enthält Informationen zu den einzelnen Tieren. Benutze diese Mappe aber erst, wenn du ohne Hilfe nicht weiter kommst.

## Aufgaben

1. Die unten stehende Tabelle zeigt dir eine vereinfachte Einteilung in fünf Gruppen: Fische, Lurche, Kriechtiere, Vögel und Säugetiere. Finde für jede Gruppe so viele einzigartige Merkmale wie möglich (z.B. Säugetiere haben Milchdrüsen). Notiere diese Merkmale in der entsprechenden Spalte. Kennst du Tiere aus den einzelnen Gruppen? Schreibe sie auf.

	Fische	Lurche	Kriechtiere	Vögel	Säugetiere
Merkmale					
Tiere der Gruppen					



2. In der Kiste findest du 5 Karten mit dem Namen der Gruppen. Lege diese auf den Boden und versuche die Gummitiere den einzelnen Gruppen zuzuordnen.

3. Bei welchen Tieren hattet ihr Schwierigkeiten? Was für Schwierigkeiten waren es?

4. Findest du ähnlich aussehende Tiere die aber in unterschiedlichen Gruppen eingeordnet sind? Welche Merkmale haben diese Tiere gemeinsam, welche sind unterschiedlich?

5. Und jetzt eine schwierige Frage: Wie kann sich so eine Ähnlichkeit wohl entwickelt haben? Welche der unten stehenden Antworten trifft deiner Meinung nach zu? Begründe deine Antwort

Antwort a. Die Tiere sehen sich so ähnlich weil sie miteinander verwandt sind. Dann muss ich sie aber in eine gemeinsame Gruppe einordnen, unabhängig von ihren anderen Merkmalen.

Antwort b. Die Tiere sehen sich so ähnlich weil sie ähnlich leben: Sie müssen das „gleiche können“ (z.B. schnell schwimmen) und da ist eine spezielle Körperform am besten geeignet (z.B. stromlinienförmiger Körper). So hat sich bei diesen Tieren durch Selektion ein ähnlicher Körperbau entwickelt obwohl sie nicht miteinander verwandt sind.

6. Mittlerweile hat man viele versteinerte Dinosaurier mit Federn gefunden. Sind denn das jetzt Dinosaurier oder Vögel. Was meinst du? Begründe deine Erklärung.

### Information für Lehrkräfte

Beachten Sie bitte die Anmerkungen zur Systematik auf Seite 18.

Alternativ werden Karten mit der neuen und alten Einteilung der Kiste beigelegt. Die alten Bezeichnungen (Reptilien, Amphibien) sollten nicht mehr als systematische Charakterisierung verwendet werden. Da es aber schwer ist sich unter einem Archosaurier etwas vorzustellen, werden hier die alten Begriffe verwendet. Allerdings werden sie ganz klar nicht mehr als „Klasse“ definiert. Im zweiten Teil dieses Infoteils finden Sie eine Liste mit den in der Kiste enthaltenen Tieren und deren alter und neuer Einteilung.

# „Wer gehört zu wem?“ - Materialliste

In der Kiste befinden sich folgende 43 Gummitiere. Bitte vor dem Zurückstellen auf Vollständigkeit kontrollieren.

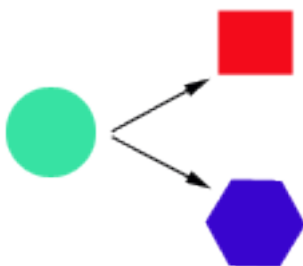
1	Blauer Marlin	„Fische“, Knochenfisch
2	Falterfisch	„Fische“, Knochenfisch
3	Leopardenfisch	„Fische“, Knochenfisch
4	Hammerhai	„Fische“, Knorpelfische
5	Ammenhai	„Fische“, Knorpelfische
6	Walhai	„Fische“, Knorpelfische
7	Rochen	„Fische“, Knorpelfische
8	Mastodonsaurus	„Amphibien“ Schnittwirbler
9	Salamander	„Amphibien“ Lissamphibia
10	Kröte	„Amphibien“ Lissamphibia
11	Allosaurus	„Reptilien“, Archosaurier, Dinosaurier
12	Ichthyosaurus	„Reptilien“, Diapsida, Fischsaurier
13	Pteranodon	„Reptilien“, Archosaurier
14	Deinonychus	„Reptilien“, Archosaurier, Dinosaurier
15	Apatosaurus	„Reptilien“, Archosaurier, Dinosaurier
16	Dimetrodon	„Reptilien“, Synapsida
17	Edaphosaurus	„Reptilien“, Synapsida
18	Plateosaurus	„Reptilien“, Archosaurier, Dinosaurier
19	Landschildkröte	„Reptilien“, Sauropsida
20	Wasserschildkröte	„Reptilien“, Sauropsida
21	Schlange	„Reptilien“, Lepidosaurier
22	Krokodil	„Reptilien“, Archosaurier
23	Archaeopteryx	„Vögel“, Archosaurier, Dinosaurier
24	Pinguin	„Vögel“, Archosaurier, Dinosaurier
25	Strauss	„Vögel“, Archosaurier, Dinosaurier
26	Gomphoterium	Säugetiere, Plazentatiere

27	Urpferd	Säugetiere, Plazentatiere
28	Mammut	Säugetiere, Plazentatiere
29	Elch	Säugetiere, Plazentatiere
30	Riesengürteltier	Säugetiere, Plazentatiere
31	Delphin	Säugetiere, Plazentatiere
32	Grizzlybär	Säugetiere, Plazentatiere
33	Krallentier	Säugetiere, Plazentatiere
34	Nordkapper	Säugetiere, Plazentatiere
35	Fellnashorn	Säugetiere, Plazentatiere
36	Afrikanischer Elefant	Säugetiere, Plazentatiere
37	Fledermaus	Säugetiere, Plazentatiere
38	Okapi	Säugetiere, Plazentatiere
39	Seehund	Säugetiere, Plazentatiere
40	Känguru	Säugetiere, Beuteltiere
41	Schuppentier	Säugetiere, Plazentatiere
42	Platipus (Schnabeltier)	Säugetiere, Kloakentiere
43	Schimpanse	Säugetiere, Plazentatiere

Für die Rekonstruktion von verwandtschaftlichen Beziehungen sind Homologien, d. h. Merkmale die auf die gleiche genetische Information einer Stammart zurückgehen, wichtig. Alle Tetrapoden stammen von einem gemeinsamen Vorfahren ab und haben daher unter anderem homologe Strukturen in den Extremitäten.

## Sehen Homologien immer ähnlich aus?

Nicht zwangsläufig. Betrachten wir vor unserem inneren Auge z.B. die Extremitäten von Kuh, Löwe, Maulwurf, Frosch, Mensch und Vogel, so sehen diese nicht unbedingt gleich aus. Die Anordnung der Knochen basiert aber auf dem Bauplan einer gemeinsamen Stammart. Unterschiedliche Selektionsdrücke führten dann zu unterschiedlichen Entwicklungen und Erscheinungen. Dieses Prinzip nennt sich auch Divergenz.

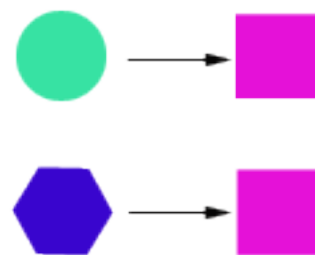


## Homologie

Die von einer Stammart geerbte Struktur wird durch Divergenz verändert. Obwohl sie sich nicht mehr ähnlich sehen müssen, sind die beiden Endprodukte die Struktur betreffend homolog.

## Ähnlichkeit = Verwandtschaft?

Ähnlichkeiten können unabhängig von der Verwandtschaft in unterschiedlichen Taxa auftreten. Wenn man sich die Körperform von Hai und Delfin vor Augen führt, so sehen die beiden sich sehr ähnlich. Allerdings unterscheiden sich Hai und Delfin in wesentlichen Merkmalen. Eines ist ein Knorpelfisch, der Delfin ist ein Säugetier. Die Ähnlichkeit in der Körperform basiert auf vergleichbaren Lebensumständen und damit einhergehenden ähnlichen Selektionsdrücken. Durch Konvergenz entstehen analoge Strukturen.



## Analogie

Unterschiedliche, nicht von einer Stammart ererbte Strukturen entwickeln sich durch konvergente Entwicklung in ähnlich aussehende, analoge Organe.

# Ein direkter Vorfahre oder nicht?

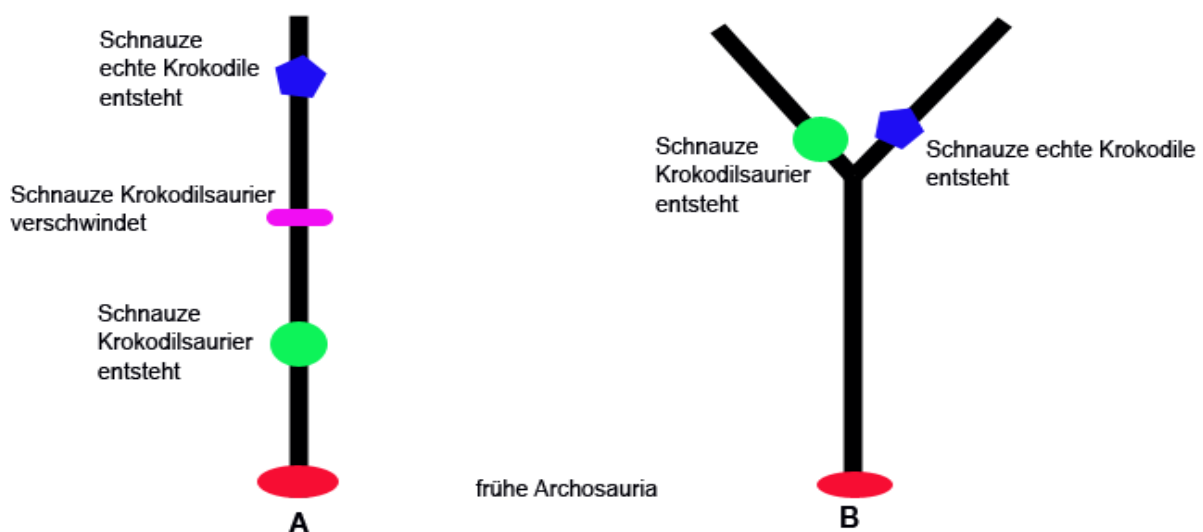
Sie haben in Süddeutschland in einer Erdschicht aus dem Trias (vor 251 Millionen bis 200 Millionen Jahren) einen Schädel gefunden: Er sieht einem Krokodilschädel verblüffend ähnlich. Zum Ende des Trias tauchen auch Fossilien von Krokodilen auf. Haben sie eventuell einen Schädel des Vorfahren der heutigen Krokodile (echte Krokodile, Alligatoren und Gaviale) gefunden?

## Aufgaben

1. Auf den in der Kiste beiliegenden Bildern erkennen sie Zeichnungen (Rekonstruktion, Skelett) eines Krokodilsauriers (Archosauromorpha, Phytosaurier, Abb. 1-4) und Bilder von Köpfen heutiger Krokodile (Abb. 5-7). Sehen sie sich die Bilder und den Krokodilschädel in der Ausstellung „Flossen•Füße•Flügel“ genau an. Was spricht für eine Verwandtschaft von Krokodilsaurier und heutigen Krokodilen, was dagegen? Listen sie ihre Argumente auf. Überlegen Sie, ob die ähnlichen Strukturen auf einer divergenten oder einer konvergenten Entwicklung beruhen. Hier noch ein kleiner Tipp: Was schaut bei einem Krokodil wo aus dem Wasser?

2. Die beiden Zeichnungen zeigen zwei unterschiedliche Aussagen über die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Krokodilsauriern und heutigen Krokodilen. Erläutern sie die Verwandtschaftsverhältnisse der Zeichnungen A und B. Welcher der beiden Verwandtschaftsbeziehungen ist wahrscheinlicher und warum?

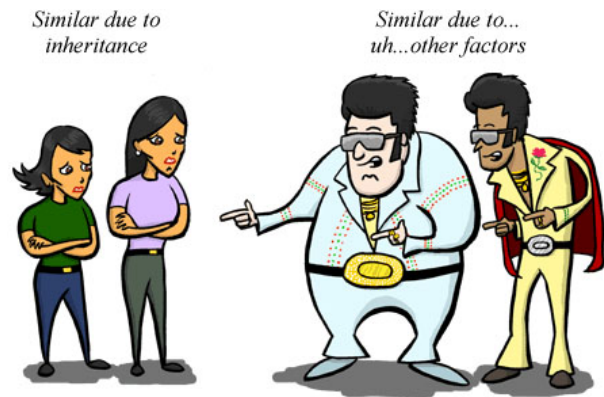
Lösung Seite 60



## Homologie und Analogie

Ähnlichkeiten im Körperbau können auf unterschiedliche Art und Weise entstehen:

1. Sie können von einer gemeinsamen Stammart ererbt worden sein und sind damit Homologien.
2. Sie sind nicht von einer gemeinsamen Stammart ererbt worden sondern sind durch voneinander unabhängige Entwicklungen entstanden. Es sind Analogien.



### Aufgaben

1. Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

Aussage A: Die Struktur und Lage der Knochen in den Vorderextremitäten von Vögeln, Fledermäusen und Flugsauriern sind durch konvergente Entwicklung entstanden, sie haben sie nicht von einer gemeinsamen Stammart geerbt. Die Funktion als Flügel ist ebenfalls eine konvergente Entwicklung. Sie sind daher sowohl in der Struktur als auch in der Funktion analog.

Aussage B: Die Struktur und Lage der Knochen der Vorderextremitäten der Vögel, Fledermäuse und Flugsaurier sind als Tetrapodenextremität homologe Entwicklungen, sie haben sie von einer gemeinsamen Stammart geerbt. Die Funktion als Flügel hingegen ist eine konvergente Entwicklung und daher eine Analogie.

C. Sowohl die Struktur und Lage der Knochen als auch die Funktion als Flügel sind Homologien. Beides war bei einer gemeinsamen Stammart vertreten.

2. Vögel, Feldermäuse und Flugsaurier haben alle Flügel entwickelt. Betrachten sie die unten angegebenen Flügelskelette in der Ausstellung „Die grosse Knochenschau“ und „Flossen•Füsse•Flügel“. Skizzieren Sie die Knochenanordnung (Oberarm/Unterarm/Handwurzel/Mittelhand/Finger) und fügen Sie den Flügelumriss hinzu. An den Extremitäten des Mississippi-Alligators („Die grosse Knochenschau“, Vitrine 5, Nr. 13) finden Sie die entsprechenden Knochen farblich kodiert.

Vogelflügel (Knochenschau, Vitrine 5, Nr. 16)

Flugsaurierflügel (Flossen•Füsse•Flügel, lange Vitrine)

Archaeopteryx (Flossen•Füsse•Flügel, lange Vitrine)

Roter Flughund (Vitrine 5, Nr. 32)

3. Betrachten Sie nun die Vorderextremität einer Maulwurfgrille in der Ausstellung „Käfer und Co“ (Vitrine 22) und die Vorderextremität eines Mauwurfs in der Ausstellung „Tiere der Schweiz“ (Vitrine 120). Sind die grabenden Vorderextremitäten der beiden Arten homologe oder konvergente Entwicklungen? Begründen Sie Ihre Antwort.

4. Entscheiden Sie bei den folgenden Fragen, ob eine Analogie oder eine Homologie vorliegt. Begründen Sie jeweils Ihre Antwort.

A. Struktur und Lage der Knochen in den Extremitäten von Hund und Pferd (Skelettwagen)

B. In der Ausstellung „Die grosse Knochenschau“: Körperform von Wal, Hai (Vitrine 13 Nr. 14+13) und Pinguin (Vitrine 5 Nr. 24)

C. Form und Funktion der Schnauze von Steppenschuppentier und Ameisenbär („Die grosse Knochenschau“, zwischen Vitrine 11+12).

D. In der Ausstellung „Die grosse Knochenschau“: Knochenanordnung und Funktion als Paddel von Robbenvorderextremität (Vitrine 4 Nr. 10), Walvorderextremität und Dugongvorderextremität (Vitrine 7 Nr. 9).

E. Aufbau und Funktion als Flugorgan von Steinadlerflügel („Die grosse Knochenschau“ Vitrine 8 Nr. 8) und Goliathkäferflügel („Käfer und Co“, Vitrine 8)

F. Entwicklung von Blindheit bei Höhlen bewohnenden Tieren wie Fischen, Krebstieren und Würmern (beiliegende Bilder).

G. Struktur und Funktion von Fingernagel und Pferdehuf (beiliegende Bilder).

H. Farbtracht und Körperform von Hornissen und Hornissenschwärmer (Schmetterling, beiliegende Bilder).

### Informationen für Lehrkräfte

Im Skelettmobil finden sich montierte Vorderextremitäten verschiedener Tiere, zudem stehen ein Vogelflügel und eine Fledermaus skelett zur Verfügung. Bei Interesse reservieren Sie diese bitte über die Abteilung Bildung und Vermittlung.

### Kisteninhalt

Bilder von Höhlentieren, Pferdehuf und Fingernagel, Hornisse und Hornissenschwärmer, verschiedene Vorderextremitäten.

Lösung Seite 60

## Der Tod erzählt

Die Ausstellung „C'est la vie“ ist nicht mehr verfügbar. Vielleicht können die Aufgaben aber noch Anregungen liefern. Daher sind sie hier noch abgedruckt.

Gehen Sie in die Ausstellung „C'est la vie“ und biegen Sie nach dem Eingang rechts in den Raum „Kein Leben ohne Tod“ ab. Treten Sie dann links durch den roten Eingang in den Raum „Der Tod erzählt“. Hier erhalten Sie einen kurzen Einblick in die Magazine unseres Museums. Unter Ihnen befinden sich noch 3 Stockwerke gefüllt mit Objekten: Insekten, Spinnentiere, Schnecken und Muscheln, Wirbeltiere, Mineralien und Fossilien.



### Aufgaben

1. Sie sehen Kisten gefüllt mit Tieren: eine Kiste mit Papageien, mit Schleiereulen oder mit vielen Laufkäfern. Welchen Sinn hat es solche Sammlungen in einem Museum anzulegen?

2. Warum sammeln die Wissenschaftler eigentlich so viele Individuen einer Art? Warum reicht es nicht nur 2-3 Individuen einer Art zu sammeln?

3. Alle Arten haben einen zweiteiligen wissenschaftlichen Namen. Dieser Name dient nicht der Abschreckung. Folgendes Beispiel gibt Ihnen eine Idee, warum ein solcher allgemeingültiger Name wichtig ist.

Auf dem Bild sehen Sie einen bekannten Käfer. Wie viele verschiedene Namen für diesen Käfer finden sich allein in Ihrer Klasse? Und auf Französisch oder Englisch?



4. Den wissenschaftlichen Namen darf diejenige Person vergeben, die die Art als erste beschreibt und diese Beschreibung der Art veröffentlicht. Dabei liegt ein Individuum der Beschreibung zu Grunde. Dieses Individuum wird als Typusexemplar in einem Museum aufbewahrt.

Manche Wissenschaftler:innen verewigen dabei von ihnen bewunderte Personen. So entstehen Namen wie für die Spinne *Aphonopelma johnnycashi*.

Welchen Namen würden Sie vergeben?

Lösung Seite 60



Die Ausstellung „C'est la vie“ steht nicht mehr zur Verfügung. Die Aufträge können aber Überlegungsanregungen liefern. Daher sind sie hier noch zu finden.

Gehen Sie in der Ausstellung „C'est la vie“ an der tanzenden Ziege vorbei in den grossen Saal. Ein Pavian zeigt Ihnen dort sein farbenfrohes Hinterteil. Treten Sie ruhig näher heran!

## Aufgaben

1. Betrachten Sie das Flugvideo des Hahnenschweifwida. Welchen Nachteil bringt seine Ausschmückung mit sich?
2. Wie kann es sein, dass sich etwas Nachteiliges in der Evolution durchsetzen kann?
3. Nebenstehend sehen Sie den Quetzal. Wie nennt man den Mechanismus der zur Ausbildung von leuchtendem Gefieder und langen Schweifen führen kann?
4. Gehen Sie zu Vitrine 2 auf der anderen Seite. Wer beeindruckt Sie am meisten?
5. In der Kiste finden Sie ein Bild eines eiszeitlichen Riesenhirsches. Sein Geweih konnte eine Spannweite von bis zu 3.6 m erreichen und ein Gesamtgewicht von über 50 kg. Ehemals lebte er in vielen Gebieten Europas, um das Jahr 11 500 starb er in den meisten Gebieten aus. Überlegen Sie sich mögliche Gründe.
6. Welche Anpassungen musste wohl ein Riesenhirsch am Skelett aufgewiesen haben, um sein Geweihgewicht tragen zu können? In der Ausstellung „Die grosse Knochen-schau“ können Sie zum Vergleich das Skelett eines Hirsches ansehen (auf dem Karussell).



## Lösungen

### Was bedeutet eigentlich ...?

**Hypothese:** Eine Hypothese (von altgriechisch ὑπόθεσις *hypóthesis* → spätlateinisch *hypóthesis*, wörtlich ‚Unterstellung‘) ist eine in Form einer logischen Aussage formulierte Annahme, deren Gültigkeit man zwar für möglich hält, die aber bisher nicht bewiesen bzw. verifiziert ist. Die Hypothese muss anhand ihrer Folgerungen überprüfbar sein, wobei sie je nach Ergebnis entweder bewiesen bzw. verifiziert oder widerlegt werden würde. Bei der Formulierung einer Hypothese ist es üblich, die Bedingungen anzugeben, unter denen sie gültig sein soll. (Wikipedia)

**Theorie:** Anders als im allgemeinen Sprachgebrauch bezeichnet „Theorie“ in der Wissenschaft im Unterschied zur Hypothese eine Aussage oder eine voneinander abhängige Gruppe von Aussagen, die durch empirische Erfahrungen bestätigt wurden (z. B. Relativitätstheorie, Gravitationstheorie, Evolutionstheorie).

**Stammbaum:** Eine Ahnentafel als Diagramm, die das Auftreten erblicher Merkmale bei Eltern und Kindern über möglichst viele Generationen zeigt. (Campbell)

**Biologie:** Eine Naturwissenschaft, die sich mit Lebewesen und deren Leistungen beschäftigt.

**Naturwissenschaft:** Unter dem Begriff Naturwissenschaften werden empirisch arbeitende Wissenschaften zusammengefasst, die sich mit der Erforschung der Natur befassen. Naturwissenschaftler beobachten, messen, experimentieren und analysieren die Zustände und das Verhalten der Natur durch Methoden, die die Reproduzierbarkeit ihrer Ergebnisse sichern sollen, mit dem Ziel, Regelmäßigkeiten zu erkennen.

**Vielfalt:** Fülle verschiedener Ausprägungen einer Objektgruppe (Tiere, Pflanzen, Autos...).

**Leben:** Biologisch gesehen, eine organisierte Einheit, die zu Stoffwechsel, Fortpflanzung, Interaktionen mit der Umwelt und

Evolution fähig ist.

**Abstammung:** Verwandtschaft aufgrund der Weitergabe von genetischem Material (biologische Elternschaft über viele Generationen).

**Stammesgeschichte:** Entwicklungsgeschichte der Lebewesen (Stamm = taxonomische Kategorie).

**Anpassung:** bewusste Verhaltensänderung von Lebewesen und Gesellschaften (Sozialisation, Integration), Reaktion von Zellen oder Geweben auf veränderte Umweltbedingungen oder Schädigungen (metabolische Anpassung), generationenübergreifende Anpassung von Lebewesen durch Selektion = evolutionäre Anpassung, Anpassung des Auges an verschiedene Lichtverhältnisse. Evolution: von lateinisch *evolvere* ‚ausrollen‘, ‚entwickeln‘, ‚ablaufen‘, alle Veränderungen durch die das Leben auf der Erde von seinen ersten Anfängen zu seiner heutigen Vielfalt gelangt ist.

### Entwicklungsgeschichte der Erde

1. Präkambrium, Kambrium, Ordovizium, Silur, Devon, Karbon, Perm, Trias, Jura, Kreide, Paläogen, Neogen, Quartär

2. Wer findet bessere Beispiele als: **Peter Kann Ohne Seine Drei Kollegen Paul, Toni, Jochen kaum passable Nomen quasseln?**

3 a. *Eustenopteron*: Fisch (Fleischflosser), *Ichthyostega* (aus der Stammgruppe der Tetrapoden, „nicht mehr Fisch - noch kein „Amphib“), *Seymouria* (steht an der Basis der Amnioten zu denen Echsen, Dinosaurier, Vögel und Säuger gehören), *Archaeopteryx* (theropoder Dinosaurier, Maniraptora)

3 b. Erste Kieferlose: vor ca. 500 Millionen Jahren, *Eustenopteron*: vor ca. 410 Millionen Jahren, *Ichthyostega*: vor ca. 380 Millionen Jahren, *Seymouria*: vor ca. 290 Millionen

Jahren, *Archaeopteryx*: vor ca. 145 Millionen Jahren, *Homo sapiens*: Die ältesten überzeugendsten Belege sind ca. 100 000 Jahre alte Skelettfunde aus der Jebel Qafzeh Höhle bei Nazareth. Nach genetischen Untersuchungen entstand die Art *Homo sapiens* aber wahrscheinlich vor ca. 200 000 Jahren.

4. Ca. 3.8 Milliarden Jahre, je nach Alter der Erde dauerte es „nur“ 400 Mio. (Alter der Erde 4200 Mio. Jahre) oder 1000 Mio. Jahre (Alter der Erde 4800 Mio. Jahre von der Entstehung der Erde bis zu den ersten Lebewesen.

5. Einzeller

6. Erste mehrzellige Lebewesen sind – nach heutigem Kenntnisstand – vor ca. 560 Millionen Jahren aufgetreten. Zwischen den ersten Einzellern und den ersten Mehrzellern liegen also ca. 3250 Millionen Jahre!

7. Trilobiten lebten in der Zeitspanne von vor 540 – 210 Millionen Jahre. Sie existierten damit 330 Millionen Jahre auf der Erde. Die Art *Homo sapiens* gibt es seit wahrscheinlich 200 000 Jahren = 0.2 Mio. Jahre (100 000 Jahre fossil belegt).

## Die Erde im Wandel der Zeit

1. Die Erde ist aus mehreren übereinander liegenden Schalen aufgebaut. Im Zentrum der Erde befindet sich der 3500 km dicke Erdkern. Er besteht aus einem festen Kern aus Eisen und Nickel welcher vom flüssigen Erdkern aus geschmolzenem Gestein umhüllt wird. Über diesem liegt der 2900 km dicke flüssige Erdmantel. Lediglich die äussere Schicht des Mantels ist fest (ca. 100 km). Auf ihr liegt die feste Erdkruste mit den Kontinenten. Die kontinentale Erdkruste ist bis zu 60 km, die Kruste unter den Ozeanen bis zu 6 km dick. Die Erdkruste besteht aus

mehreren grossen und kleinen Platten. Da das flüssige Material im Erdinneren ständig in Bewegung ist, werden auch die Platten mitbewegt. Stossen sie aneinander entstehen an so genannten Subduktionszonen neue Gebirge. An anderen Stellen werden die Platten durch aufsteigendes flüssiges Gestein auseinandergedrückt (Mittelatlantischer Rücken). Mit den Platten bewegen sich auch die auf ihnen liegenden Kontinente entweder aufeinander zu oder von einander fort.

2. Pangäa existierte über einen Zeitraum von vor ca. 290 Millionen Jahren bis vor ca. 150 Millionen Jahren. Aus dieser Zeitspanne finden Sie bei uns im Haus z.B. *Seymouria* (FFF), *Branchiosaurus* (FFF), „säugetier-ähnliche Reptilien (FFF), Flugsaurier (FFF), Fische (FFF), die Dinosaurier *Plateosaurus* (Zwischenzone 2. Stock).

4. Beuteltiere gibt es seit ca. 100 Millionen Jahren. Man konnte sie in Amerika und Europa nachweisen. Beuteltiere waren die ersten Säugetiere die Australien besiedelten. Ende Kreide/Anfang Tertiär löste sich Australien von den anderen Kontinenten. So konnte es nicht von den sich stark verbreitenden Plazentatieren besiedelt werden. Auf allen anderen Kontinenten verdrängten die Plazentatiere die Beuteltiere. Lediglich das Opossum überlebte in Südamerika.

## Der Werdegang der Wirbeltiere

Wir stammen sicherlich nicht in direkter Linie von den Kaninchen oder den Froschlurchen ab.

## Kieferlose

1. Die fossilen Vertreter tragen deutliche



Panzer und haben eine „fischähnlichere“ Form.

2. Lediglich der mit kleinen Schuppen bedeckte Schwanz war beweglich. Kieferlose waren eher schlechte Schwimmer und keine schnellen Jäger. Kieferlose mit abgeflachtem Körper waren eher Bodenbewohner.

3. Die Panzerung diente wahrscheinlich ihrem Schutz. So konnten einige Vertreter der Cephalopoda (Kopffüßer „Tintenfische“) mit ihrem Zangen im Mundbereich den Kieferlosen durchaus gefährlich werden. Auch der Seeskorpion zählte zu den Räubern der damaligen Zeit.

4. Schwämme, Nesseltiere (z.B. Korallen), Arthropoden (Gliederfüßer, Trilobiten, Seeskorpion *Eurypterus*), Mollusken (Schnecken und Muscheln), Stachelhäuter (Echinodermaten, Seeigel, Seesterne, Seelilien). Armfüßer (Brachiopoden), Kopffüßer (Cephalopoda z.B. *Endocerida*),

5. Da sie keinen Kiefer zum packen, beißen und kauen besaßen, konnten sie ihre Nahrung lediglich mehr oder weniger ganz herunterschlucken. In Frage kommen daher wahrscheinlich eher Tiere ohne Schale.

6. Meerneunauge leben als erwachsene Tiere parasitisch. Sie saugen sich an Fischen fest, raspeln die Haut an und ernähren sich von Muskelgewebe und Blut.

7. Seit 444 Mio. Jahren, Flossenstachler, 76 Mio. Jahre

## Packen, beißen, kauen

1. Kiefer entwickelten sich aus den elastischen, knorpeligen Kiemenbogenskeletten des Kiemenapparates der Kieferlosen. Wahrscheinlich sind sie aus einem der vorderen Kiemenbögen hervorgegangen. Neuere

Forschungen zeigen, dass die „evolutionäre Erfindung“ des Kiefers mit dem Ausschalten eines Gens einherging, welches an der embryonalen Entwicklung beteiligt ist.

2. Panzerfische: 416-360 Mio.  
Flossenstachler: 444-270 Mio.  
Knorpelfische: seit 416 Mio.  
Knochenfische: seit 416 Mio.

3. Man vermutet, dass er sich die Verletzung in einem Rivalenkampf zugezogen hat. Die Form passt zu den Zähnen der Panzerfische, also war es wohl ein anderer Panzerfisch, der die Spuren hinterlassen hat.

## Moderne Fische

1. Regenbogenforelle

2. Eingewanderte Tiere können z.B. Krankheiten einschleppen gegen die die einheimischen Tiere nicht immun sind. Sie können die einheimischen Arten verdrängen indem sie sich z.B. schneller fortpflanzen oder keine natürlichen Feinde haben. Die Regenbogenforelle ist eine starke Konkurrenz für die einheimische Bachforelle. Ein pflanzliches Beispiel ist Ambrosia. Neben den genannten Problemen ist diese Pflanze noch dazu stark Allergie auslösend.

3. Den Fiedler gibt es nicht, der Körper ist der einer Plötze

## Fleischflosser

1. Besitzt man neben Kiemen noch Lungen so kann man in Zeiten von Sauerstoffmangel an der Wasseroberfläche nach Luft schnappen. Mit den Flossen konnte man sich eventuell abstützen oder im Schlamm „vorwärtsrobben“.

2. Laufen konnte man mit den Flossen sicherlich nicht. Da keinerlei Verbindung zum Körperskelett besteht, kann das Gewicht nicht getragen und vom Boden abgehoben werden. Zum vorwärtsschieben konnten sie aber vielleicht genutzt werden.

3. Latimeria bewegt die Extremitäten alterierend wie z.B. Hunde, Pferde.

4. „Lebende Fossilien“ sind Tiere welche fossil schon nachweisbar sind und sich in ihrer heutigen Form nicht wesentlich von den fossilen Vertretern unterscheiden.

5. Ein über lange Zeit fast unveränderter Lebensraum bringt keine neuen Selektionsdrücke mit sich. So kann eine etablierte Lebensform über lange Zeit unverändert bleiben.

## Eine besondere Flosse

1. Im Gegensatz zu den Fleischflossern sind die Flossen der Flossenstachler von feinen Knochenstrahlen durchzogen (Name!). Sie lassen keine Knochenstrukturen wie die Fleischflosser erkennen und haben auch keine fleischigen Anteile. In den Knochen der fleischigen Flossen ist die Anordnung in Oberarm, Speiche Elle, Mittelhandknochen und Fingerknochen (respektive Oberschenkel, Schien- und Wadenbein, Mittelfusssknochen und Zehen) zu erkennen. Diese Anordnung findet sich in verschiedenen Spielarten in allen Tetrapoden (Vierfüssern) wieder.

## Landgang der Wirbeltiere

1. Fleischflosser: Der Schultergürtel liegt direkt am Kopf an, es gibt keinen Hals, die Vorderflosse hängt damit sozusagen am Kopf, es sind keine freien Halsbewegungen möglich. *Ichtyostega*: Schultergürtel ist nicht mehr direkt am Kopf befestigt, Halswirbel,

Hals kann frei bewegt werden, Knochen in der Vorderextremität sind grösser und nehmen den grössten Teil der Flosse ein.

2. Brechungsindex der Linsen (Augen), Geruch über Luft und nicht mehr unter Wasser, Dehnungsrezeptoren für die Extremitäten.

3. Der Bauch schleifte wahrscheinlich über den Boden. Der Körper bewegte sich mit seitlichen Schlängelbewegungen fort.

## Frühe Landbewohner

1. Laich könnte austrocknen, Jungtiere leben im Wasser, Haut muss feucht sein wegen der Hautatmung.

2. Eier mit fester Schale und einem Amnion (eigenen „See“ dabei, daher der Taxonname Amniota), bessere Atmung erlaubt Verminderung der Hautatmung und damit eine wasserundurchlässigere Haut zur Verminderung des Wasserverlustes.

3. Es gab mit Pangäa einen Grosskontinent, während des Perms war es in grossen Teilen sehr trocken. Nachweise sind die grossen Salzlagerstätten aus dieser Zeit. Mutationen die zu einer Toleranz von Trockenheit führten, boten einen selektiven Vorteil.

4. Einige Beispiele für Ereignisse der letzten 55 Mio. Jahre: Die schon in der Jura begonnene adaptive Radiation der Säugetiere schreitet fort.

Berühmte Fundorte: Grube Messel mit Urpferd, Riesenschlangen, Riesenameisen und dem bis 2 m grossen Riesenlaufvogel *Diatryma*. Paläozän/Eozän Temperaturmaximum mit Tropenklima in der Arktis, Massensterben in tropischen Gebieten, Entwicklung der Unpaarhufer, Fledertiere, Primaten und Nagetiere.

*Baluchyterium* (grösstes Landsäugetier),

Urwälder verschwanden, es wurde kühler und grosse Graslandschaften entstanden. Bildung von Alpen, Karpaten, Kaukasus und Mittelmeer, Wechselnde Kalt- und Warmzeiten, Aussterben von Mammut und Wollnashorn, Evolution des Menschen.

5. Das Amniotenei besitzt verschiedene Eihüllen, darunter das Amnion, welche den Embryo und das Fruchtwasser umschliessen, Zudem ist die Schale oft verhärtet und hat Kalk eingelagert. Durch das Fruchtwasser ist der Embryo unabhängig von einer wässrigen Umgebung. Eine härtere und Wasser undurchlässigere Schale erlaubt ebenfalls eine Entwicklung ausserhalb des Wassers.

## „Brave new amniotes world“

1 b. Innerhalb von sehr kurzer Zeit kollabierete der Regenwald in Joggins. Eine einsetzende Eiszeit führte zu sinkenden Meeresspiegeln. Der Regenwald „trocknete“ aus und konnte sich nur in wenigen feuchten Tälern halten. Im Gegensatz zu Bedingungen vor der Eiszeit mit einem zusammenhängenden Regenwaldgebiet, fanden sich so viele kleine Inseln mit tropischem Wald. Ein erneuter Wechsel im Klima löschte dann auch diese Reste des Waldes aus.

2. Vor Beginn der Klimaänderungen waren die meisten Arten weit über die tropischen Gebiete Pangäas verbreitet. Nach den Änderungen wies jede Regenwaldinsel ihren eigenen, speziellen Mix an Arten auf. Die Amnioten konnten mit den Veränderungen besser umgehen und es entwickelten sich neue Arten. Offenbar scheint sich auch das genutzte Nahrungsspektrum erweitert zu haben. Nutzten die Amnioten vorher ähnliche Nahrungsquellen wie die Amphibien (Insekten, Fisch) so scheinen sie später auch verschiedene Pflanzen und Fleisch gefressen

zu haben. Viele der ehemals verbreiteten Amphibienarten starben aus.

3 a. Die Abdrücke zeigen „fünf Finger“ und Krallen.

b. Krallen

## Fischsaurier

1. Kein Kiemendeckel, besitzt Nasenloch, Strukturen und Knochenanordnung in den Flossen, keine Knochenstrahlen in den Flossen.

2. Entweder geht man an Land und legt die Eier dort ab (Schildkröten) oder aber man bekommt lebendige Junge indem man die Eier im Körper ausbrütet.

3. Die grossen Fischsaurier konnten mit ihren senkrechten Schwanzflosse ganz sicher nicht an Land robben. Einerseits hätten sie den Strand gepflügt, andererseits wären sie wahrscheinlich an ihrem Gewicht erstickt. Fischsaurier haben lebendige Junge bekommen. Im Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart sind Fossilien mit versteinerten Jungtieren im Bauch einer Mutter ausgestellt.

## Die Geschichte mit dem Vogel

1. *Microraptor gui* trug auch an den Hinterfüssen grosse Federn und Flügel. Man nimmt an, dass er im Gleitflug Vorder- und Hinterflügel untereinander hielt und so eine grosse Flügelfläche erhielt.

2. Gemeinsamkeiten: knöcherner Schwanz, lange Vorderextremität mit Krallen, Bauchrippen, Zähne, ähnlichen Schädel, teilweise noch getrennte Mittelfussknochen, Sau-



rierbecken. Unterschiede: Gabelbein beim *Archaeopteryx*, Federn.

3. Gemeinsamkeiten: verlängerte Vorderextremität, Gabelbein (Umbau des Brustbeins als Ansatzpunkt für die Brustmuskeln), Mittelfusssknochen beginnen bei *Archaeopteryx* zu verwachsen (bei Vögeln sind sie zusammengewachsen),  
Unterschiede: bei Vögeln sind folgende Dinge vorhanden (bei *Archaeopteryx* nicht) Brustbein, Pygostyl (verwachsene Wirbel am Schwanz), Handschwingen teilweise verwachsen, Rippen mit Querfortsätzen. *Archaeopteryx* hat keinen Schnabel.

4. Die Flügel an den Armen waren für ein aktives Fliegen zu klein.

5. Vielleicht dienten die Federn in erste Linie der Isolation. Vögel sind warmblütig, bei Dinosauriern ist man sich noch nicht sicher ob sie eine konstante Körpertemperatur hatten. Wäre dies der Fall, sind Federn als Isolation sicherlich ein Vorteil. Braucht man doch weniger Energie um sich ständig auf Betriebstemperatur zu halten.  
Vielleicht waren die Federn aber in erster Linie ein Mittel bei der Wahl eines Geschlechtspartners. Bunte Federn haben die Weibchen vielleicht angezogen (Sexuelle Selektion).

6. Nein. Vögel haben mit Sauriern und Krokodilen eine gemeinsame Stammgruppe. Sie werden, da sie direkt von den Dinosauriern abstammen, mit diesen in die Gruppe der Dinosaurier eingeordnet. Würde man die Gruppe Reptilien beibehalten, so wären nicht alle Nachkommen der Stammgruppe in dem Taxon enthalten. Es wäre parphyletisch und nicht wie erwünscht monophyletisch.

7. Krokodile

## Säugetiere

1. Primäres Kiefergelenk wird zu den 2 zusätzlichen Gehörknöchelchen (Hammer und Amboss, Steigbügel ist aus dem Zungenbogen hervorgegangen), sekundäres Kiefergelenk, Haare, Milchdrüsen, Zwerchfell, kernlose Erythrocyten (bei Erwachsenen), vierkammeriges Herz, nur die linke Hauptschlagader, Henlesche Schleife in den Nieren, heterodontes Gebiss, äussere Ohren.

2. Das sekundäre Kiefergelenk, heterodontes Gebiss; alle weiteren z.B. oben genannten Angaben sind meist nicht mit fossiliert.

3. Am Ende des Perm kam es zu einem der grössten Massensterben bei dem in manchen Lebensräumen schätzungsweise 95% aller Tier- und Pflanzenarten ausstarben. Ursache war eventuell ein grosser Vulkanausbruch (Sibirischer Trapp) welcher gigantische Lavaablagerungen zur Folge hatte.  
Im Trias bricht Pangäa auseinander. Das Klima war weiterhin grösstenteils warm und trocken (bedingt durch die grosse zusammenhängende Landmasse). Im Trias kam es zu einer adaptiven Radiation bei den Sauriosiden („Reptilien“), viele verschiedene Sauriergruppen entstanden. Bei den Pflanzen kamen Ginkos, Palmfarne und Kiefernartige vor.

4. Meer: Buckelwal, Delfin, Walross, Robben; Süsswasser: Dugon, Süsswasserdelfin (China), Otter, Biber; Wüsten: Trampeltier, Fenek; Dschungel: Okapi, Jaguar, Schimpanse, Brüllaffe; Eisschilde des Nordens: Eisbären, Robben, Eisfuchs; fliegend: Fledermaus, Flughund, Gleithörnchen; unter der Erde grabend: Maulwurf, Mulle, Maus.

5. Die frühen Säugetiere hatten mit den Sauriern und Dinosauriern starke Konkurrenz. Viele Lebensräume wurden von diesen schon besiedelt und genutzt und so „blieb“

den Säugetieren nur der von Ihnen genutzte Bereich. Zudem hatten sie als gleichwarme Tiere eventuell weniger Probleme in der kälteren Dunkelheit aktiv zu sein wie die wahrscheinlich wechselwarmen Saurier.

6. Am Ende der Kreide kam es zu einem Massensterben der Dinosaurier. Vor allem zwei Theorien können als Erklärung herangezogen werden: Ein Meteoriteneinschlag oder Vulkanismus. So fand man auf der Halbinsel Yukatan einen grossen Krater der auf einen Einschlag eines etwa 10 km grossen Meteoriten etwa zum Ende der Kreide zurückzuführen ist. Ein Einschlag hätte viel Staub in die Atmosphäre geschleudert und damit zu Änderungen im Klima geführt.

Vulkanausbrüche entlang vulkanischer Spalten mit mehreren tausend Kilometer Länge könnten ebenfalls zu einem Massensterben geführt haben. Es gibt Hinweise auf ein solches Ereignis zur fraglichen Zeit in Indien. Der Dekkan Trapp (Magmatische Grossprovinz, Large igneous provinces LIP) um die Zeit von vor 66 Mio. Jahren kann heute noch durch 150 m -2000 m dicke Lavaschichten, verteilt über zehntausende ! Quadratkilometer, nachvollzogen werden (grosse Teile des westlichen Indiens). Bei einem solchen Ereignis werden viele Gase in die Atmosphäre abgegeben welche ebenfalls das Klima stark beeinflussen können.

Durch das Aussterben der Saurier wurden ehemals besetzte Lebensräume frei und konnten durch die Säugetiere besiedelt werden.

Der Niedergang der Saurier setzte aber schon vor diesen Ereignissen ein. Veränderungen im Klima und in der Vegetation (Bedecktsamer) spielen dabei wahrscheinlich mit eine Rolle. Auch die Radiation der Säuger „startete“ schon in der Kreide, also schon vor dem totalen Aussterben der Dinosaurier.

## 7. Adaptive Radiation

## Menschenaffen und Mensch ein Vergleich

1. Menschenaffen haben im Gegensatz zum menschlichen Skelett: Einen Greiffuss mit opponierender Grosszehe, lange und gekrümmte Finger, längere Arme als Beine, Knie drehen nach aussen, länglicheres Becken, fliehende Stirn, Affenlücke im Gebiss, länglicheren, U-förmigen Kiefer, kräftige Eckzähne, grosser Knochenkamm auf dem Kopf (Gorilla), Hinterhauptsloch öffnet nach hinten und nicht nach unten, grosser tonnenförmiger Brustkorb (besonders beim Gorilla), kein Präzisionsgriff des Daumens, eine eher c-förmige Wirbelsäule.

2. Erklärungen: Greiffuss und längere Arme zum Klettern, kräftige Eckzähne werden als Dominanzzeichen genutzt, nach hinten öffnendes Hinterhauptsloch ermöglicht es dem Menschenaffen auf allen Vieren nach vorne zu sehen ohne die Halswirbelsäule abzuknicken. Der Knochenkamm auf dem Kopf dient als Ansatzpunkt für die kräftige Kaumuskulatur.

Ein nicht so tonnenförmiger Brustkorb des Menschen erlaubt das Aufrichten des Körpers. Die nicht mehr so lang gezogenen Beckenschaufeln können dabei die Innereien „tragen“. Beim aufrechten Gehen liegt der Schwerpunkt dann direkt über den Füessen und nicht davor. Bei den Gorillas dienen die langen Beckenschaufeln als Ansatzpunkt für die kräftigen Rückenmuskeln. Die S-förmige Wirbelsäule des Menschen ermöglicht das Ausbalancieren des Kopfes in einer Lotlinie über den Füessen. Das Hinterhauptsloch „wandert“ durch den aufrechten Gang nach unten, so kann der Kopf über dem Körper balanciert werden. Der Präzisionsgriff des Daumens erlaubt eine differenzierte Herstellung und Nutzung von Werkzeugen.

3. Der Gorilla würde nach vorn fallen. Durch



seinen tonnenförmigen Brustkorb wäre sein Schwerpunkt vor den Füssen. Durch den flacheren Brustkorb des Menschen kommt der Schwerpunkt näher an die Wirbelsäule und damit über den Füssen zu liegen.

4 a. Pomuskeln!

b. Der *Musculus gluteus maximus* verbindet die Beckenschaufeln, das Kreuzbein, Hüfte und Oberschenkel. Er hat vielfältige Aufgaben als Hüftstrecker oder bei der Bewegung der Beine. Zudem ist er als Strecker bei der Aufrichtung des Oberkörpers beteiligt und ist daher bei Vierfüssern deutlich weniger ausgeprägt.

5. Nein! Menschen und Menschenaffen haben einen gemeinsamen Vorfahren. Die Entwicklungslinien der heutigen Menschenaffen und des Menschen trennten sich vor spätestens 6-7 Millionen Jahren.

## Primates

1. Nr. 9 Dreizehenfaultier, Nr. 10 Kleiner Panda, Nr. 11 Opossum. Die anderen sind Primaten: 1 Diademsifaka (Lemuriformes), 2 Gorilla (Hominoidea), 3 Plumplori (Lorisiformes), 4 Rotgesichtsklammeraffe (Lemuriformes), 5 Sphinx-Pavian (Cercopithecoidea), 6 Weisshandgibbon (Hominoidea), 7 Koboldmaki (Tarsiformes), 8 Bartsaki (Platyrrhini).

2. Hand und Fuss mit Greiforganen, Plattnägel statt Krallen. Zu diesen kommen weniger leicht erkennliche Merkmale wie: keine Uricase zum Abbau von Harnsäure, synthetisieren kein Vitamin C, das Gehirn ist im Verhältnis zur Körpergrösse überdurchschnittlich gross. Unter den Primaten finden sich die einzigen Säugetiere mit 3 verschiedenen Sehpigmenten: M- und L-Pigmente für mittel- und langwelliges Licht (rot und grün) und ein S-Pigment für Blau.

## Humanevolution - Schädel

1. Lucy (*Au. afarensis*): Vorspringende Schnauze, fliehende Stirn, U-förmigen Kiefer, keine grossen Eckzähne, keine „Affenlücke“, Hinterhauptsloch weist nach unten.

*Au. africanus*: Überaugenwülste, U-förmiger Kiefer, keine Aussage über Eckzähne, Hinterhauptsloch weist nach unten-hinten, vorspringende Schnauze, weniger stark fliehende Stirn als *Au. afarensis*.

*P. boisei*: Sehr ausgeprägter Unterkiefer, starke Jochbögen und Überaugenwülste, U-förmiger Kiefer, keine grossen Eckzähne, keine Affenlücke, starker Knochenkamm auf dem Schädeldach, vorspringende Schnauze, fliehende Stirn, Hinterhauptsloch weist nach unten.

*H. rudolfensis*: Grösser als Lucy, keine Aussage über Hinterhauptsloch, keine grossen Eckzähne, keine Affenlücke, Kiefer wird vorne runder. Im Vergleich zu Lucy ist der hintere Schädelanteil vergrössert. Die Stirn weist mehr nach oben und ist nicht mehr so fliehend, Überaugenwülste.

*H. habilis*: Stirn weist nach oben, Kiefer ist weiter im hinteren Bereich und wird vorne runder (V-förmig), keine grossen Eckzähne, Hinterhauptsloch weist nach unten, Schädel wölbt sich mehr nach oben und wird nach hinten grösser. Der untere Hirnschädel ist gerade, deutliche Schnauze, Überaugenwülste.

*H. ergaster*: Schädel wölbt sich deutlich nach oben und weitet sich nach hinten, Überaugenwülste, Hinterhauptsloch weist nach unten, Kiefer weniger vorspringend, keine grossen Eckzähne, Kiefer wird in hinteren Bereich weiter.

*H. erectus*: Stirn weist nach oben, Schädel wölbt sich nach oben und weitet sich nach hinten, Hinterhauptsloch weist nach unten, keine vorspringende Schnauze, Überaugenwülste

*H. neanderthalensis*: Schädel mit grossem, nach oben und hinten erweiterten Hirnbe-

reich, keine vorspringende Schnauze, hohe Stirn, Überaugenwülste. Der Schädel stammt von einem Mensch der lange vor seinem Tod fast alle Zähne verloren hat.

2. Weist das Hinterhauptsloch nach unten lässt dies auf eine aufrechte Fortbewegung schliessen. Bei vier-füssigen Tieren weist es eher nach hinten.

3. In die Reihe der direkten Vorfahren sind die Funde *H. erectus*/*H. ergaster* zu nennen (Je nach Auslegung, ob es sich um eine oder zwei Arten handelt). Gleiches gilt für den *H. heidelbergensis*. Anzunehmen ist auch, das *Au. afarensis* eher in unsere direkte Abstammungslinie einzuordnen ist. Die Arten der Paranthropusgruppe gehören eher zu einem Seitenzweig. Manche sehen auch in der Linie *Au. africanus* und *H. habilis* einen Seitenzweig.

4. Das Gehirnvolumen nahm zu, die Kiefer wurden kürzer und runder, das Gesicht wird steiler, die Jochbeine werden feiner und stehen nicht mehr so weit zur Seite ab.

5. In der Zeit von vor 3-2 Mio. Jahren lebten zeitgleich: *Au. africanus*, *Au. garhi*, *H. habilis*, *P. aethiopicus*, *P. boisei*. Im Zeitraum seit 1 Mio. Jahren hätten sich *H. heidelbergensis*, *H. erectus* treffen können. Das *H. neanderthalensis* und *H. sapiens* sich getroffen haben konnte fossil nachgewiesen werden (50 000 bis 100 000 Jahre alte Funde aus dem nahen Osten). Zudem schienen sich die beiden Menschenarten auch vermischt haben. So sollen in Menschen ausserhalb Afrikas Neandertalergenom gefunden worden sein. Der Anteil ist dabei bei Europäern und z.B. Menschen aus Neu-Guinea gleich hoch.

6. Sehr unterschiedliche Meinungen sind im Umlauf: Die meisten vertreten mittlerweile die Auffassung, das sich der Gang auf zwei Beinen in eher mosaik artig bewaldeten Ge-

bieten entwickelt hat und ungefähr um den Zeitpunkt der Trennung von Schimpansen und Humanoiden stattgefunden haben muss (~vor 7-6 Mio. Jahren), da man entsprechende Fossilfunde (*Ardipithecus ramidus*) eher mit Überresten solcher Umgebungen findet. Die Anthropologen Peter Rodman und Henry McHenry von der Universität Kalifornien in Davis vermuten, veränderte Umweltbedingungen (Rückgang von dichtem Wald) führten zum aufrechten Gang. In den mosaikartig verteilten Wäldern lagen die Futterquellen weiter auseinander. Der aufrechte Gang ist -verglichen mit dem Knöchelgang der Schimpansen - energetisch effektiver, vor allem für längere Strecken. Ihre Hände, Kiefer und Zähne blieben weiterhin die von Affen, da ihre Nahrung dieselbe blieb; geändert hatte sich lediglich die Methode, sich die Nahrung zu beschaffen. Andere Theorien favorisieren eine veränderte Gesellschaftsstruktur (Monogamie) mit jagenden Männern und Weibchen die sich mehr der Jungenaufzucht widmen. Dadurch würde die Reproduktion erhöht werden können. Im Gespräch sind aber auch Theorien im Zusammenhang mit Thermoregulation (weniger Angriffsfläche für die Sonne), frühzeitiges Erkennen von Räubern, die Möglichkeit in ufernähe im Wasser zu waten und eiweissreiche Nahrung aus dem Wasser zu holen.

7. Am Knochenkamm war die Kaumuskelatur befestigt. Diese musste, bedenkt man seine massigen Zähne, sehr kräftig gewesen sein

## Welche Geschichte erzählen Fundstücke?

1. Fruchtbarkeitssymbol

Da nur ein Teil der zur damaligen Zeit vorkommenden Tiere abgebildet sind, beinhalten die Bilder vielleicht Geschichten, religiöse Ideen oder Schöpfungsmythen. Mischwesen aus Tier und Mensch vielleicht als Fabelwesen oder Schamane.

4. Literatur, Musik, Religion, Werte und Normen welche das Zusammenleben regeln, Tradition.....

5. Kultur (von Lateinisch cultura, „Bearbeitung“, von colere, „wohnen“, „pflegen“, „den Acker bestellen“) ist im weitesten Sinne alles, was der Mensch selbst gestaltend hervorbringt, im Unterschied zu der von ihm nicht geschaffenen und nicht veränderten Natur. Kulturleistungen sind alle formenden Umgestaltungen eines gegebenen Materials, wie in der Technik, der Bildenden Kunst, aber auch geistiger Gebilde wie etwa im Recht, in der Moral, der Religion, der Wirtschaft und der Wissenschaft. (Nach Wikipedia)

Zivilisation definiert sich als „Kulturdach“ für mehrere ähnlich gelagerte Kulturen, die geographisch nicht aneinander gebunden sein müssen. Staaten einer Zivilisation teilen eine Weltanschauung. Kultur wird in diesem Zusammenhang definiert als lokal begrenzte, Sinn stiftende Produktion von gemeinsamen Werten und Normen (nach Wikipedia).

6. Frühere Darstellungen zeigen den Neandertaler als dumpfen, plumpen und nicht sehr gescheiterten aussehenden Höhlenmenschen. Grosse kulturelle Leistungen traute man ihm nicht zu. Heute sieht man in ihm eine perfekt an die kalten Klimate angepasste Menschenform die sich in unwirtschaftlichem Gelände behaupten konnte. Nachweise von Bestattung (Gedanken und Vorstellungen über den Tod?) und Schmuck weisen ihn als „kulturelle“ Menschenform aus.

## „Wer gehört zu wem?“

1. Viele Tiere aus verschiedenen Gruppen haben ähnliche Merkmale. So haben alle Tetrapoden – wie der Name schon sagt – 4 Beine. Dieses Merkmale haben alle Tetrapoden gemeinsam. Es ist bei einer gemeinsamen Stammart entstanden und ist ein neues (abgeleitetes) Merkmal. Innerhalb der Tet-

rapoden ist 4- Flüssigkeit kein Unterscheidungsmerkmal mehr. Hier müssen wieder neue Merkmale die nur bei einzelnen Gruppen vorkommen gesucht werden. Nur diese neuen Merkmale die bei den Mitgliedern einer Gruppe neu auftauchen (fett gedruckt), lassen eine Gruppierung zu.

„Fische“: **Kiemer**, knöchernes oder knorpeliges Skelett, **Flossen mit Knochenstrahlen**; Lurche „Amphibien“: Knöchernes Skelett, **4 Gliedmassen**, nackte, schleimige Haut, Lunge,

**Larven mit Aussenkiemen, Halswirbel** (Kopf und Schulter trennen sich); Kriechtiere, „Reptilien“: Knöchernes Skelett, 4 Gliedmassen, **Eier mit Embryonalhülle (Amnion), trockene und schuppige Haut**, Lungen, Halswirbel; „Vögel“; Knöchernes Skelett, 4 Gliedmassen, Eier mit Embryonalhülle (Amnion), Federn (Schwungfedern), Flügel, Schnabel, **Lunge mit vielen Luftsäcken**, Halswirbel. Säugetiere; Mammalia: Knöchernes Skelett, 4 Gliedmassen, Eier mit Embryonalhülle (Amnion), **Haare, Milchdrüsen, heterodontes Gebiss** (verschiedene Zähne im Mund: Backenzähne, Schneidezähne, Fangzähne), 7 Halswirbel, **sekundäres Kiefergelenk** (primäres sind Gehörknöchelchen).

4. Eine ähnliche Körperform haben z.B. Krokodil (Kriechtier) der Mastodonsaurier (Lurche) und der Salamander (Lurche). Sie unterscheiden sich aber in ihrer Haut und in der Art der Eier: Krokodile haben trockene Haut und legen Eier mit festerer, kalkhaltiger Schale an Land ab. Der Krokodilembryo ist im Ei durch eine zusätzliche Eihülle (Amnion) vor Austrocknung geschützt. Die Eier müssen nicht mehr in einer feuchten Umgebung abgelegt werden. Lurche haben feuchte Haut und legen Eier mit dünner und weicher Schale ins/ans Wasser ab. Sie haben keine zusätzliche Eihülle und müssen daher ihre Eier für eine Entwicklung in feuchter Umgebung oder im Wasser ablegen.

Ebenfalls eine ähnliche Körperform haben Hai („Fische“), Delfin (Säugetier) und Nordkaper (Säugetiere). Der Hai hat Kie-



men. Delfin und Wal haben Lungen und die Jungen trinken Milch an den Milchdrüsen. Zudem sind die Anzahl der Flossen und die Stellung der Schwanzflosse unterschiedlich.

5. Antwort b ist richtig. Eine ähnliche Umgebung und Lebensweise kann im Laufe der Zeit auch bei völlig verschiedenen Tieren zu einer ähnlichen Körperform führen.

6. Vögel sind Dinosaurier!

## Direkter Vorfahre oder nicht?

1. Es liegt eine konvergente Entwicklung vor. Die Schnauze beim Krokodil wird von der „Nase“ gebildet, die Nasenlöcher liegen daher vorne an der Schnauze. Die Schnauze des Krokodilsauriers wird von Zwischenkieferknochen gebildet, die Nasenlöcher liegen daher vor den Augen und nicht an der Nasenspitze.

2. Stammbaum B ist wahrscheinlicher da er die einfachste Erklärung liefert, d.h. es werden am wenigsten Schritte benötigt.

## Homologie und Analogie

1. B

3. Analogie, der Grundbauplan der Extremitäten ist nicht von einer gemeinsamen Stammart geerbt worden.

4. A homolog / B analog / C analog / D Struktur homolog, Funktion analog / E beides analog / F analog / G homolog / H analog

## Der Tod erzählt

1. Die Sammlungen der Museen erzählen Verbreitungs- und Siedlungsgeschichten von Tieren und Arten. Anhand von alten Sammlungen können Veränderungen erkannt werden.

2. Die Variation innerhalb einer Population kann ziemlich gross sein. So sehen sich die Tiere in den Schachtel zwar ähnlich aber sie sind nicht identisch. Bei der Sammlung muss dieser Variation Rechnung getragen werden.

3. Marienkäfer, Liebgottkäfer, Himmelgügel, Herrgottkäfer...

## WOW!

1. Das Tier ist fast flugunfähig und wahrscheinlich leichte Beute.

2. Weibchen bevorzugen die Männchen mit dem längsten Schweif. Die Männchen haben dadurch eine erhöhte Wahrscheinlichkeit auf Nachwuchs. Durch diese Nachkommen kann sich das Merkmal in der Population durchsetzen. Es ist also nicht nur ein Nachteil, es sichert auch die Aussicht auf Reproduktion.

3. Sexuelle Selektion

5. Im nach der Eiszeit zurückkehrenden Wald hatte der Riesenhirsch sicherlich schlechte Aussichten. Man nimmt aber an, dass auch der hohe Nährstoffbedarf für das Aussterben verantwortlich war. Schliesslich mussten jedes Jahr neue Geweihe „gebaut“ werden und der Riesenhirsch brauchte dafür viel Kalzium und Phosphor. Vielleicht reichte die sich verändernde Flora am Ende der Eiszeit dafür nicht mehr aus.

6. Der Riesenhirsch hatte sehr stark ausgebildete Halswirbel (siehe Bild) und stark verlängerte Dornfortsätze an den Brustwirbeln zur Befestigung der Muskulatur.