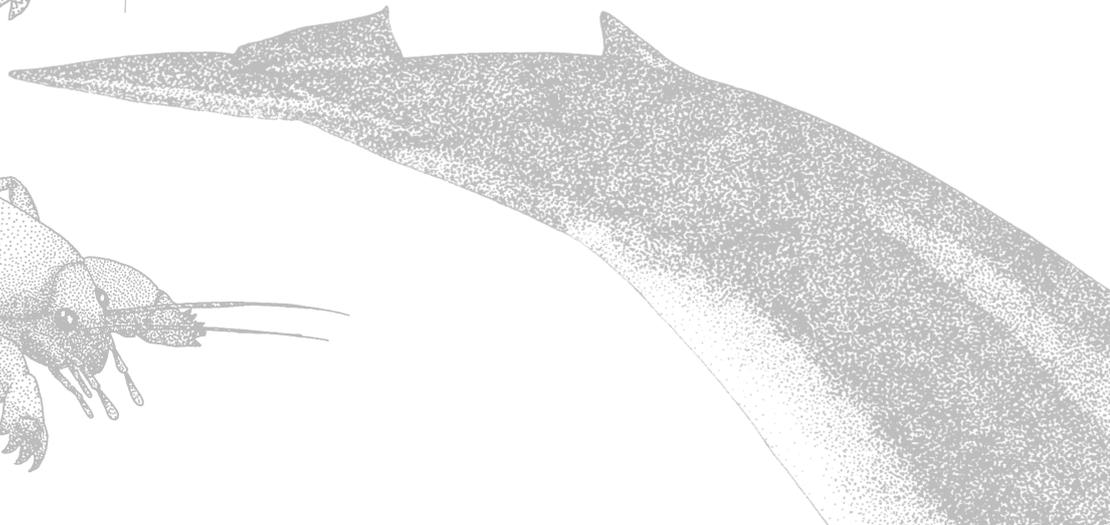
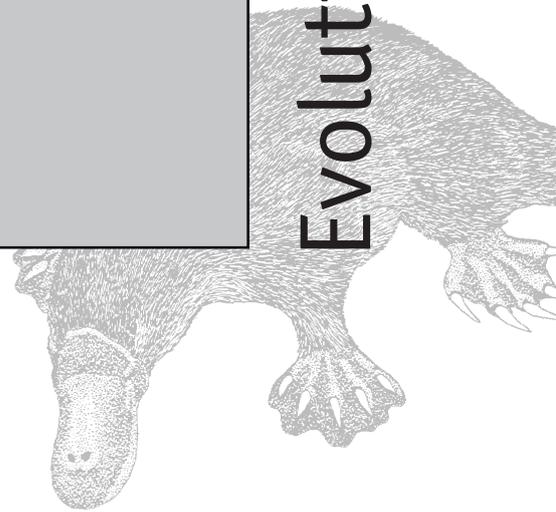


Evolution

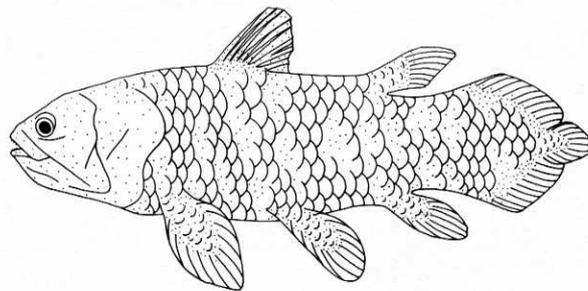
Ausstellungsführer
und Materialband



Evolution: Die Ausstellung im Schloss Rosenstein

ULRICH SCHMID

mit Grafiken von ISABEL KOCH, PETER WALSER
SILKE FRANZ, MARKUS GRABERT, CHRISTINE STIER und MICAELA STIERLE



Inhalt

1 Ausstellungsbereich "Evolution"	1	Zeittafel	30 /51
Vererbung	2	Vorläufer	30
Mutation	3	Vormenschen (<i>Australopithecus</i>)	31
Selektion	3	Frühmenschen (<i>Homo erectus</i>)	32
Lebende Fossilien	5	Altmenschen (Steinheimer, Neandertaler)	33
Wie kam die Giraffe zu ihrem langen Hals?	8	Neumensch (<i>Homo s. sapiens</i>)	34
Artbildung	10	Einige offene Fragen...	36
Aussterben und Ausrottung	12		
Homologie und Analogie	16	3 Stammbäume, Zeittafeln und die Geschichte der Wirbeltiere	37
Konvergenz	18	Fische	38
Evolution der Rüsseltiere	22	Amphibien	42
Rudimentäre Organe	25	Reptilien	44
Mimese und Mimikry	26	Vögel	46
Nicht zu vergessen...	28	Säugetiere, Primaten, Hominiden, Wale	46
2 Evolution des Menschen	29		
Überblick über die Primaten	29		
Skelette Gorilla / Mensch	30	4 Museum am Löwentor	47

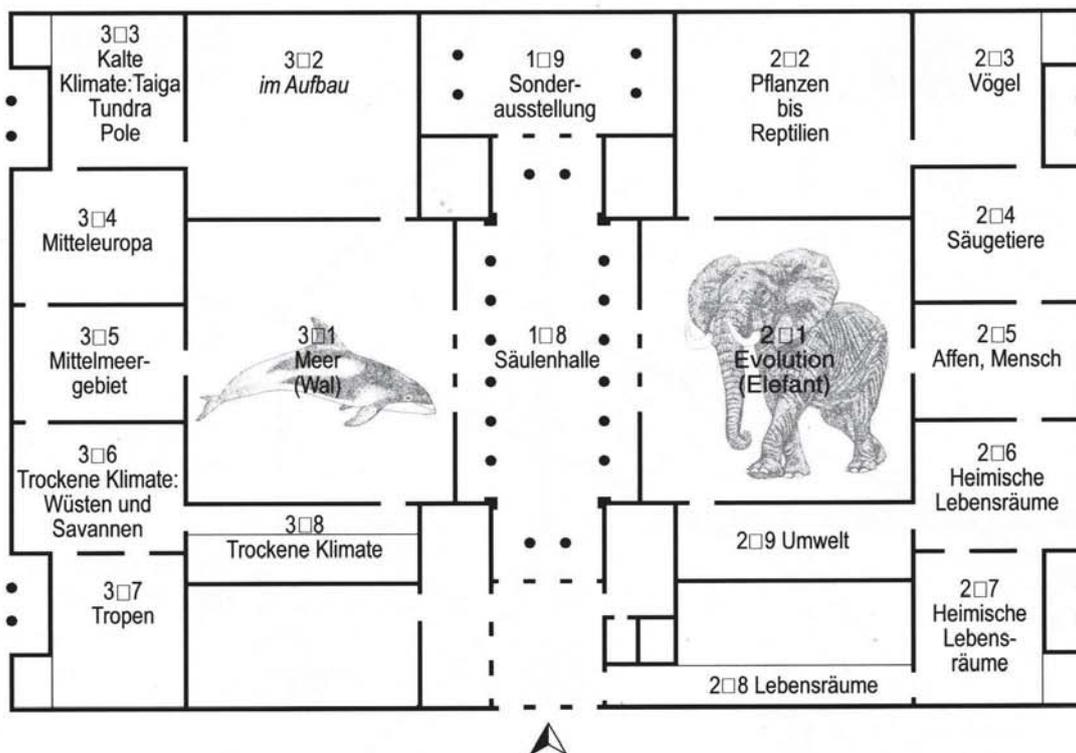
1 Ausstellungsbereich "Evolution"

Lebewesen haben Geschichte – das ist eine der aufregendsten Erkenntnisse der Biologie. Viele Disziplinen der modernen Biologie tragen dazu bei, dass wir uns ein immer besseres Bild von der Entstehung und Entwicklung des Lebens auf der Erde machen können. Trotzdem sind wir auch heute noch weit davon entfernt, in allen Einzelheiten zu verstehen, wie Evolution wirklich funktioniert und wie die Geschichte des Lebens verlaufen ist.

Einen großen Teil des enormen Zuwachses an Wissen und Erkenntnis seit Darwins Zeiten

(die so lange noch gar nicht her sind – Charles Darwin lebte von 1809-1882) verdanken wir den spektakulären Einblicken in die Mikrowelten der Molekularbiologie und Genetik.

Gerade sie stehen aber nicht im Mittelpunkt unserer Ausstellung. Ausgangspunkte sind hier weniger die Mechanismen, mehr die Ergebnisse der Evolution. An Tieren (gelegentlich auch Pflanzen) aus den reichhaltigen Sammlungen des Naturkundemuseums veranschaulichen wir einzelne Phänomene und machen sie dadurch (hoffentlich) verständlich.



Unsere biologische Ausstellung umfasst mehrere unabhängig voneinander gestaltete, aber immer wieder aufeinander bezogene Bereiche.

- Evolution (Raum 201)
- Bau, Vielfalt und Leistungen der Pflanzen und Tiere (202 bis 205)
- Heimische Lebensräume (206 bis 208)
- Lebensräume der Erde (302 bis 308; noch nicht abgeschlossen)
- Umwelt und Artenschutz (209)

Die Texte des Ausstellungsbereichs "Evolution" in Raum 201 werden in diesem Begleitheft vollständig wiedergegeben, die Grafiken teilweise.

Kursiv gedruckt sind Hinweise auf die ausgestellten Objekte und zusätzliche Kommentare, die in den Vitrinen fehlen.

Natürlich finden sich zahlreiche weitere Präparate auch in anderen Ausstellungsbereichen. Hinweise darauf sind eingerückt und mit einem **Pfeil** ➤ gekennzeichnet.

So lassen sich zu einzelnen Themenbereichen leicht viele vertiefende Beispiele für den Unterricht, zur Aufgabenstellung im Museum oder zur eigenen Anschauung zusammentragen.

Vererbung

21.01

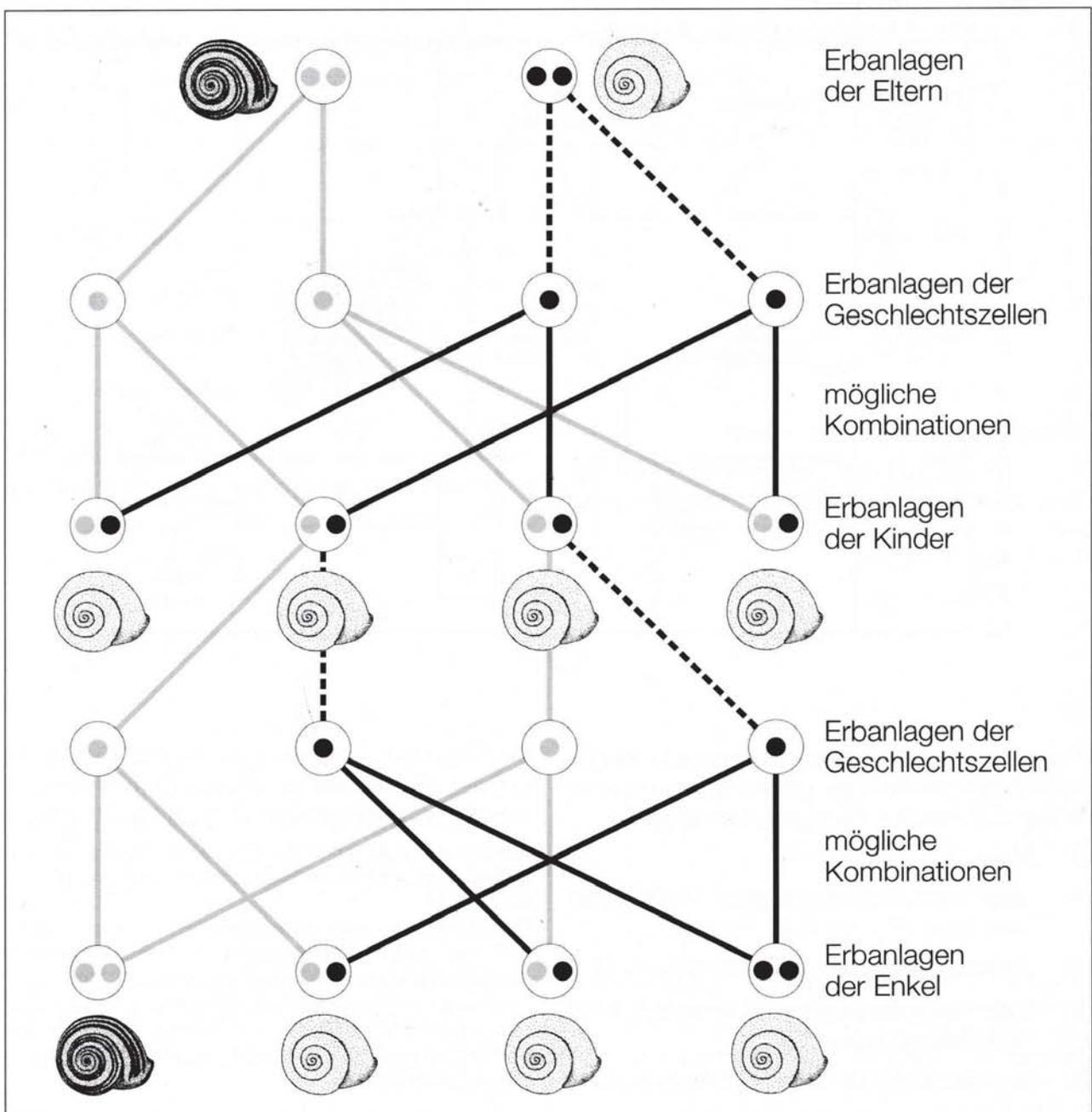
Tiere und Pflanzen bringen immer Nachkommen derselben Art hervor. Die Weitergabe von Merkmalen und Eigenschaften an die nächste Generation nennt man **Vererbung**.

Zellen von Tieren enthalten alle Erbanlagen (Gene) doppelt. Bei der Bildung von Fortpflanzungszellen wird dieser doppelte Erbanlagenatz geteilt. Deshalb sind bei Ei- und Samenzellen alle Gene nur einfach vorhanden. Bei ihrer Verschmelzung vereinigen sich das mütterliche und väterliche Erbgut. Die Nachkommen haben

wieder einen doppelten, neu kombinierten Satz von Erbanlagen (**Rekombination**), der sich von dem der Eltern unterscheidet.

Oft wird ein Merkmal nur von einem der zwei "zuständigen" Gene des doppelten Erbanlagenatzes bestimmt. Man nennt dieses Gen dominant, das nicht ausgeprägte Gen rezessiv.

Bei der einheimischen Schnirkelschnecke *Cepaea* wird die Schalenfärbung vom Genpaar $O\bullet$ bestimmt. Immer wenn im doppelten Erbanlagenatz der Tiere das dominante Gen \bullet erscheint, wird eine ungezeichnete Schale gebildet. Eine gestreifte Schale entsteht nur, wenn zwei rezessive Gene OO zusammentreffen.



Mutation

2□1.01

Erbanlagen sind sehr beständig und werden im allgemeinen über viele Generationen unverändert weitergegeben. Trotzdem kommt es gelegentlich zu **Mutationen** (Veränderungen) des Erbguts. Diese sind Grundlage jeder Evolution.

Eine für ein Lebewesen vorteilhafte Mutation erhöht seine Chancen, zu überleben und sich fortzupflanzen, eine ungünstige Veränderung des Erbguts verringert sie. So fällt ein als Folge einer Mutation auffallend weiß gefärbter (albinotischer) Haussperling mit höherer Wahrscheinlichkeit einem Beutegreifer zum Opfer als ein normal gefärbter Artgenosse. Er hat kaum Chancen, sich fortzupflanzen und sein verändertes Erbgut weiterzugeben.

Weißer Maulwürfe sind dagegen nicht allzu selten. Bei ihrer weitgehend unterirdischen Lebensweise ist die Färbung von geringerer Bedeutung.

Ausgestellt sind normal gefärbte und albinotische Haussperlinge und Maulwürfe.

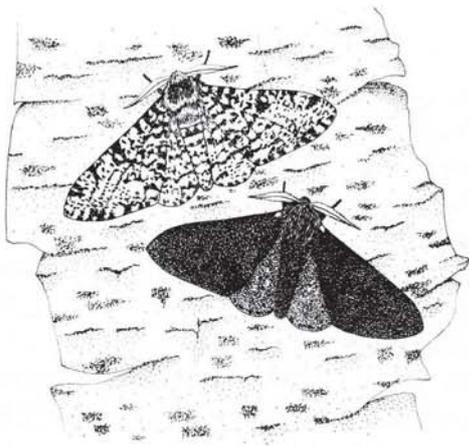
Selektion

2□1.02

Natürliche Auslese (Selektion)

Durch Mutationen und Neukombinationen des Erbguts bei der Fortpflanzung werden immer neue genetische Varianten erzeugt. Erst die natürliche Auslese gibt der Evolution eine Richtung.

Unter den vielen, dauernd neu entstehenden Varianten sind die begünstigt, die am besten an



Ein heller und ein dunkler Birkenspanner auf neutralem Untergrund sowie ein heller Birkenspanner auf Birkenrinde werden gezeigt.

die herrschenden Umweltbedingungen angepasst sind. Vor allem sie werden sich fortpflanzen und ihr Erbgut weitergeben können. So führt die natürliche Auslese zu einer immer besser werdenden Anpassung.

Vom Birkenspanner (*Biston betularia*) gibt es eine helle und eine dunkle Form. Früher wurden die meisten der auffälligeren dunklen Falter durch Vögel erbeutet und waren deshalb selten. Die rauchenden Schloten des Industriezeitalters veränderten die Umwelt des Birkenspanners. Auf den flechtenlos gewordenen, rußverschmutzten Birkenstämmen war nun die dunkle Form besser getarnt als die helle. Sie wurde häufiger und breitete sich stark aus.

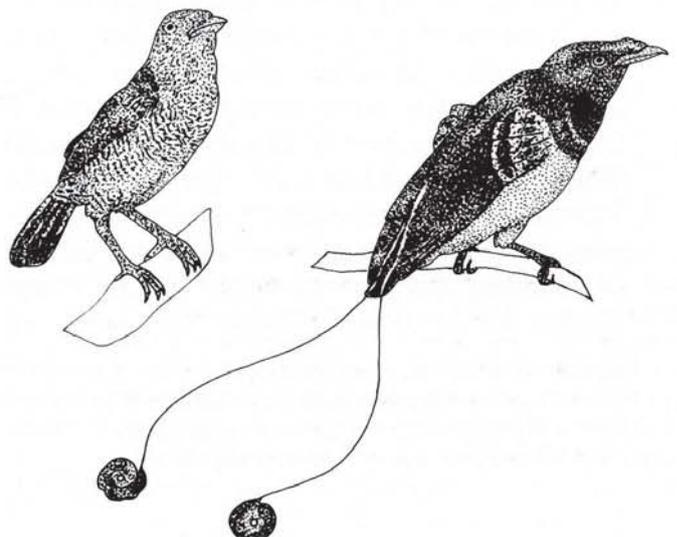
Geschlechtliche Auslese (Sexuelle Selektion)

Warum sind Paradiesvögel so bunt, wenn doch getarnte Tiere bessere Überlebenschancen haben? In der Evolution nützt das bloße Überleben nichts. Wichtig ist nur die Weitergabe der Erbanlagen an die nächste Generation. Ob es dazu kommt, entscheidet neben der Umwelt auch der Geschlechtspartner.

Die Paradiesvogel-Weibchen wählen bevorzugt das Männchen, das bei der Balz die meiste Pracht entfaltet. Die Männchen stehen deshalb unter einem starken, von den Weibchen ausgehenden Selektionsdruck, der die Entwicklung auffälliger Farben, Strukturen und Verhaltensweisen fördert. Das Brutgeschäft besorgen die tarnfarbenen Weibchen alleine.

*Ausgestellt sind ein Männchen und ein Weibchen des Königsparadiesvogels *Cicinnurus regius*.*

➤ *In überwältigender Fülle balzen Paradiesvögel im tropischen Regenwald Neuguineas (3□7).*



➤ Weitere Beispiele zur Auswirkung sexueller Selektion finden Sie in großer Zahl in der Ausstellung, vor allem unter den Vögeln in Raum 203 und im Bereich Heimische Lebensräume (206 bis 208), wie z.B. Pfau (203.04), Auerhahn und -henne (203.15), Birkhahn und -henne (206.10). Rothirsche beider Geschlechter sind im Diorama 208.03 zu sehen (Geweih!).

Künstliche Auslese (Domestikation)

Kulturpflanzen und Haustiere entstanden aus wilden Stammarten dadurch, dass Menschen durch gezielte Auslese und Zucht (Kreuzung) erwünschte Eigenschaften förderten und andere unterdrückten. Haustiere und Kulturpflanzen können ohne den Menschen nicht überleben. Umgekehrt ist aber auch die Entwicklung von Hochkulturen ohne jene völlig undenkbar (Co-Evolution). Das erste Sesshaftwerden der Menschen vor über 10 000 Jahren ging einher mit der Domestikation von Gerste, Weizen, Ziege und Schaf.

Über Jahrtausende bedeutete Züchtung eine zwar gesteuerte, aber auf den natürlichen Grundlagen und Mechanismen beruhende Evolution. Mit den direkt am Erbgut ansetzenden Verfahren der Gentechnologie können heute dagegen völlig neue Eigenschaften auf Pflanzen und Tiere übertragen werden.

In der Ausstellung wird mit einer stark vereinfachten Grafik und einigen Ähren die Domestikation des Weizens dargestellt: Die Entstehung des Wildemmers durch Kreuzung des Wildeinkorns mit einem Wildgras, die Weiterentwicklung des Wildemmers zum Kulturemmer durch Domestikation und die Entstehung des Saatweizens durch Kreuzung des Kulturemmers mit dem Ziegenweizen.

201.03: Vor über 8500 Jahren zähmten Menschen erstmals Auerochsen. Durch gezielte Auslese und Zucht entstanden Hausrinder. Heute gibt es zahlreiche verschiedene Rassen, die als Zugtiere, Fleisch- oder Milchlieferanten dienen. Die "Deutsche Rotbunte" ist auf hohe Milch- und Mastleistung gezüchtet. Da Hörner in modernen Viehställen als störend gelten, wurden die Hornanlagen dieser Kuh zerstört. Aber die künstliche Auslese geht weiter: Heute gibt es schon Rinder, denen gar keine Hörner mehr wachsen.

Zu Füßen der "modernen" Kuh liegt ein aus Kiesen des Oberrheingrabens stammendes Schädelfragment eines Auerochsen (Bos primigenius), der im Jahr 1627 endgültig ausgerotteten Stammform der Hausrinder.

➤ Im Nebenraum 209 finden Sie eine Rekonstruktionszeichnung des Auerochsen und eine Fotografie einer "Rückzüchtung". Der Wolf und einige Hunde (Skelett eines römischen Hundes, Präparate von Schäferhund, Langhaardackel und Yorkshire-Terrier; Schädel von Wolf, Schäferhund, Dackel und Pinscher) sind in 204.27-28 ausgestellt. Die Tafeln 204.29-30 geben einen Überblick über domestizierte Säugetiere.

Wilde Stammformen von Haustieren sind (neben dem Wolf) Wildschwein (204.26 und 208.01), Przewalskipferd (204.25 und 209), Ziege (305.04), Wildkaninchen (204.04 und 206.08), Stockente (203.18 und 207.09) und Bankivahuhn (203.17). Unter den zu Haustieren gewordenen Insekten sind Seidenspinner (202.32) und Honigbiene (202.32 und 206.05) zu nennen.

Co-Evolution

Blumen und Blumentiere: Nächtlich blühende Pflanzen locken mit ihrem Duft Nachtfalter an. Nur diese können mit ihren langen Saugrüsseln anderen Insekten unzugänglichen Nektar aus den tiefen Trichterblüten ausbeuten. Dabei bestäuben sie die Blüten auch. Die gegenseitige Abhängigkeit von Pflanze und Bestäuber ist das Ergebnis einer langen, gemeinsamen Evolution, wobei jede Weiterentwicklung des einen Partners wieder eine Anpassung des anderen bewirkte (Co-Evolution).

Präparat eines Weinschwärmers und Fotografie eines solchen Schmetterlings beim Besuch einer Lichtnelke.

➤ Die 30fach vergrößerten Modelle in Vitrine 202.09/30 (Mooshummeln an Salbeiblüten) zeigen die morphologischen Anpassungen von Pflanze und Insekt in einem "eingespielten Team".

Im Regenwald (307) trinkt ein Afrikanischer Langzungen-Flughund Nektar an einer Blüte des Leberwurstbaums.

Räuber und Beute: Um sich zu orientieren, stoßen Fledermäuse Ultraschallrufe aus und fangen deren Echo auf. Über die Veränderung des Echos orten und erkennen sie auch ihre Beute sehr genau. Im Laufe der Evolution hat sich aber nicht nur das Ortungssystem der Fledermäuse entwickelt – die Auslese durch die geschickten Jäger hat auch bei den Beutetieren zu Anpassungen geführt: Manche Nachtschmetterlinge haben Ultraschallempfänger, die dem Falter das Nahen der Fledermaus verraten. Zur Tarnung dient die dichte, schallschluckende Behaarung.

Fliegende Hufeisennase und Eulenfalter.

Lebende Fossilien

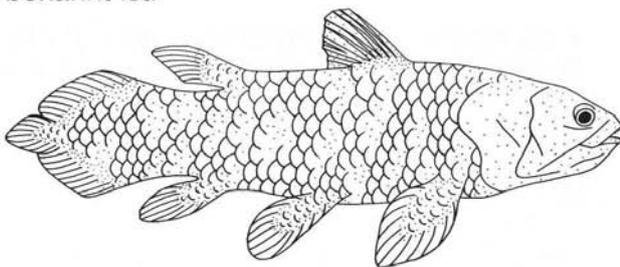
2□1.04-06

"Lebende Fossilien" sind Tiere und Pflanzen, die sich gegenüber verwandten Formen der Vorzeit kaum weiter entwickelt haben. Meist stehen sie im System der heutigen Lebewesen sehr isoliert, weil ihre näheren Verwandten längst ausgestorben sind. Viele "lebende Fossilien" haben heute kleine oder sehr lückenhafte Verbreitungsgebiete.

In Vitrine 2□1.05 sind einige der bekanntesten rezenten "lebenden Fossilien" ausgestellt. Ihre fossilen Verwandten liegen auf dem Boden der Vitrine. 2□1.04 und 2□1.06 betreffen die daneben offen ausgestellten Pflanzen.

Quastenflosser *Latimeria chalumnae*

Am 22.12.1938 erhielt Miss Latimer, die Leiterin eines kleinen Museums an der südafrikanischen Küste, von Fischern einen seltsamen Fang. Ihre rohe Skizze, die sie an einen Fischkundler schickte, löste eine zoologische Sensation aus – und eine steckbriefliche Suche nach weiteren Exemplaren, die erst Jahre später von Erfolg gekrönt wurde. Der Fisch erwies sich als Quastenflosser und damit als lebende Art einer altertümlichen Fischgruppe, die fossil aus dem Zeitraum zwischen 400 und 70 Millionen Jahre vor heute bekannt ist.

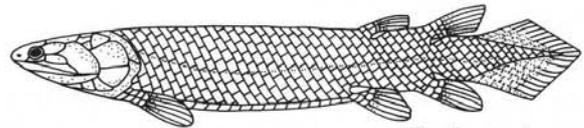


Quastenflosser sind stammesgeschichtlich von großer Bedeutung: Aus einem süßwasserbewohnenden Entwicklungszweig haben sich vor ungefähr 350 Millionen Jahren die ersten Landwirbeltiere entwickelt (siehe Vitrine 2□2.38). *Latimeria* gehört allerdings zu einer anderen Gruppe, die überwiegend dem Leben im Meer angepasst ist. Die Art lebt an den steilen Hängen der Komoren in Wassertiefen von 90-800 m.

Rezenter Quastenflosser *Latimeria chalumnae* (Abguss) von den Komoren und fossiler Quastenflosser *Whiteia* aus Kanada, 230 Millionen Jahre alt; Verbreitungskarte von *Latimeria*; von Miss Latimer angefertigte Handskizze der "ersten" *Latimeria*.

➤ Die Quastenflosser sind immer wieder für Überraschungen gut. Im Jahr 1997 wurde in Indonesien, fast 10 000 km von den Komoren entfernt, eine zweite Population von Quastenflossern entdeckt.

Einige weitere Objekte sind in diesem Zusammenhang von Interesse: Der fossile Quastenflosser *Eusthenopteron* aus der Gruppe der *Rhipidistia*, der vermutlich die Tetrapoden entstammen, ist in Vitrine 2□2.38 ausgestellt. Wer sich mit *Latimeria* (aus der Quastenflosser-Gruppe der *Actinistia* oder *Coelacanthen*) und der Stammesgeschichte der Wirbeltiere auseinandersetzt, sollte an diesem Fossil nicht vorbeigehen. In derselben Vitrine: ein fossiler Lungenfisch. Auch die Lungenfische sind wieder in der Diskussion als mögliche Vorfahren der Landwirbeltiere.

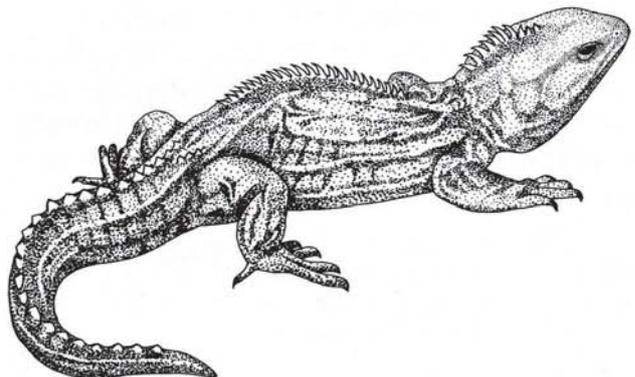


Eusthenopteron

Im Zusammenhang mit der Entwicklung der Gliedmaßen der Landwirbeltiere ist auch ein Blick auf Vitrine 2□1.15 lehrreich.

Die **Brückenechse** (*Sphenodon punctatus*) gilt als einzige überlebende Art der Schnabelköpfe, einer Reptiliengruppe, die schon in der Jurazeit vor etwa 180-140 Millionen Jahren nachgewiesen ist. Die namengebenden Knochenbrücken am Schädel und das funktionsfähige Scheitelauge sind sehr ursprüngliche Merkmale. Brückenechsen sind nachtaktiv und leben in Erdhöhlen gemeinsam mit Sturmvögeln. Sie kommen heute nur noch in kleinen Restbeständen auf einigen neuseeländischen Inselchen vor. Wegen der erst mit 20 Jahren eintretenden Geschlechtsreife vermehrt sich die Art nur äußerst langsam.

Rezente Brückenechse *Sphenodon* und fossiler, aquatisch lebender Verwandter *Pleurosaurus* aus Bayern, 140 Millionen Jahre alt.

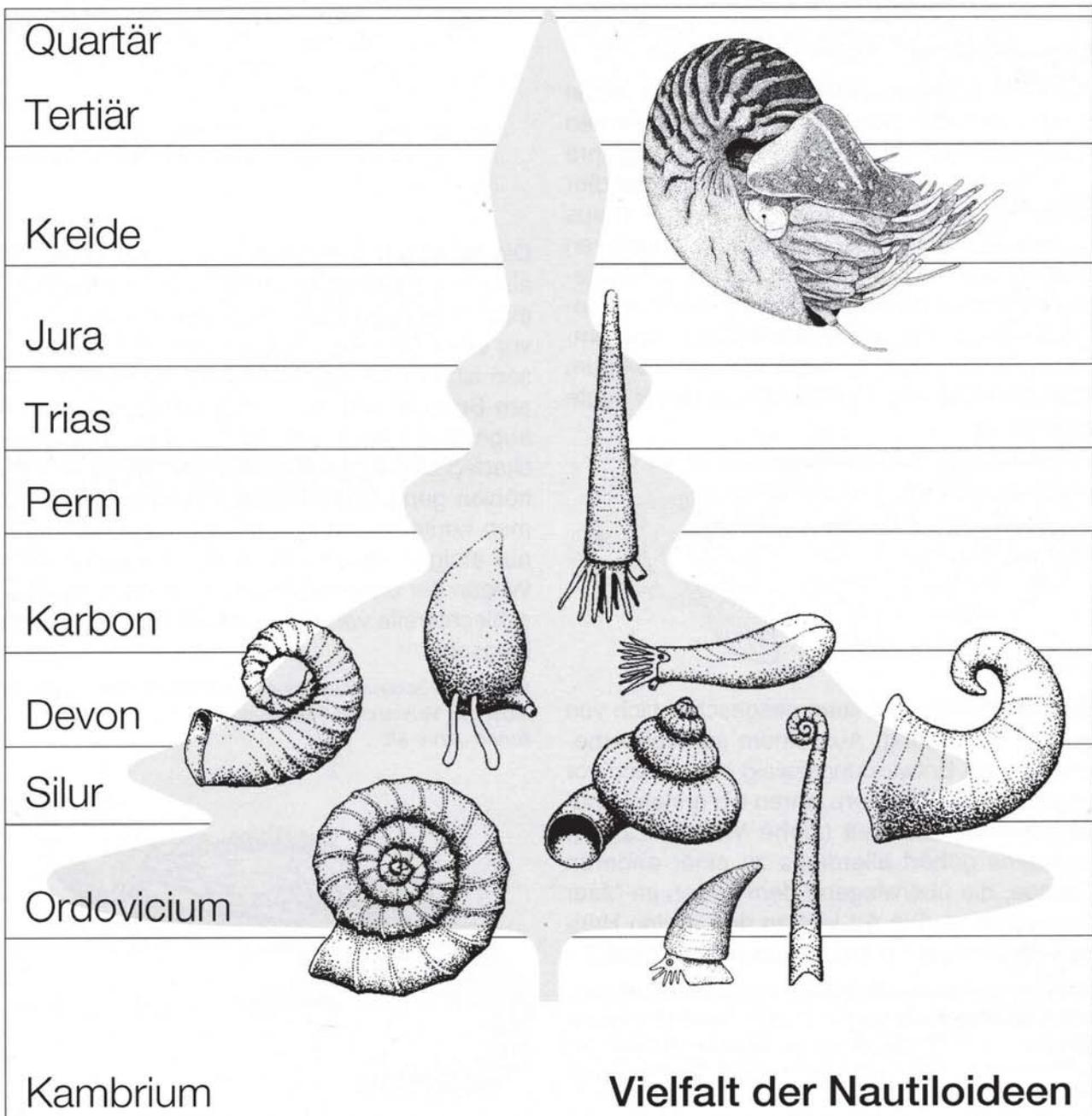


Perlboote (*Nautilus*) sind die einzigen lebenden Kopffüßer mit einem äußeren, gekammerten Gehäuse (siehe Vitrine 2□2.16). Ein solches wurde schon bei den ältesten fossilen Kopffüßern aus dem Erdaltertum (Oberes Kambrium; 515-500 Millionen Jahre vor heute) nachgewiesen. Nachfahren sind die wenigen *Nautilus*-Arten, die heute noch in südostasiatischen und australischen Meeren vorkommen. Das Gehäuse des Perlboots ist teilweise gasgefüllt und dient als Auftriebsorgan. Beim Wachstum neu angelegte Kammern enthalten zunächst Flüssigkeit. Sie werden über den sie durchziehenden Siphon geleert und mit Gas gefüllt.

Gehäuse des rezenten Perlboots *Nautilus scrobiculatus*; längsgeschnittenes Perlboot *Nautilus pompilius*; Steinkern eines fossilen Nautiliden *Cenoceras* aus Baden-Württemberg, 190 Millionen Jahre alt; Grafik der Mannigfaltigkeit von Nautiliden in verschiedenen Erdzeitaltern.

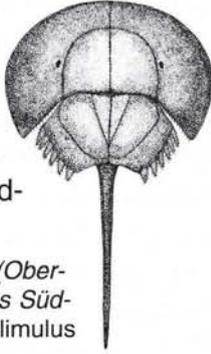
Der im Text angesprochene Siphon ist bei dem in Vitrine 2□2.16 ausgestellten *Nautilus* besser zu sehen.

Der **Pfeilschwanz** (*Limulus polyphemus*) ist ein Verwandter der Spinnentiere (siehe Vitrine 2□2.20). Pfeilschwänze sind seit dem Kambrium (etwa 540 Millionen Jahre vor heute) bekannt. Wenig später erschienen Arten, die den heute lebenden ähneln. 140 Millionen Jahre alte Fossilien aus der Jurazeit gleichen heutigen Pfeil-



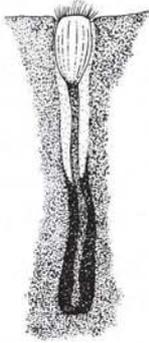
schwänzen schon weitgehend. Diese besiedeln mit vier Arten und stellenweise in hoher Dichte marine Flachwasserbereiche der amerikanischen Atlantikküste ("Hufeisenkrabbe") und Südostasiens ("Molukkenkrebse").

Pfeilschwänze *Limulus* aus Amerika (Oberseite) und *Tachypleus* (Unterseite) aus Südostasien; fossiler Pfeilschwanz *Mesolimulus* aus Bayern, 140 Millionen Jahre alt.



Zwei Schalenklappen (auf Bauch und Rücken) lassen den **Armfüßer** oder **Brachiopoden** *Lingula anatina* muschelähnlich erscheinen, obwohl keine Verwandtschaft besteht. Armfüßer lebten schon im frühen Kambrium vor 600 Millionen Jahren. Aus 450 Millionen Jahre alten Gesteinen sind Schalen bekannt, die von denen der heutigen *Lingula* nicht zu unterscheiden sind. *Lingula* lebt in selbstgegrabenen Röhren im Meeresboden.

Rezenter Armfüßer *Lingula* (Präparat mit Weichkörper) und fossile *Lingula* (Schalenklappen) aus Baden-Württemberg, 235 Millionen Jahre alt.



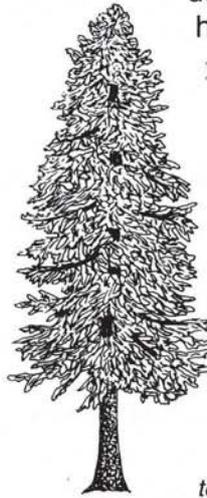
2□1.04: **Palmfarn** (Cycadatae) verdanken ihren Namen dem palmenartigen Stamm und den farnwedelartigen Blättern, sind aber weder mit Palmen noch mit Farnen näher verwandt. Sie gehören zu den fiederblättrigen Nacktsamern, die im Erdmittelalter sehr mannigfaltig und weit verbreitet waren. Heute sind die meisten Gruppen ausgestorben. Als "lebende Fossilien" wachsen noch etwa 100 Arten von Palmfarnen in den Tropen und Subtropen Amerikas, Australiens, Asiens und Afrikas.



Lebender Palmfarn *Cycas*; das Blatt eines fossilen Gegenstückes (*Pterophyllum*) finden Sie in Vitrine 2□2.02.

2□1.06: In der Tertiärzeit (vor ca. 65 bis 2 Millionen Jahren) waren **Mammutbäume** auf der nördlichen Halbkugel weit verbreitet. Die in dieser Zeit entstandenen Braunkohle-Lagerstätten enthalten häufig Zweig-, Zapfen- und Holzreste einer Art, die dem heute nur noch an der nordamerikanischen Pazifikküste vorkommenden

Küsten-Mammutbaum (*Sequoia sempervirens*) ähnelt. Küsten-Mammutbäume können über 100 Meter hoch und über 2000 Jahre alt werden. Die ausgestellte Baumscheibe hat 1328 Jahresringe.



➤ Einer anderen Art gehört der südöstlich des Schlosses stehende Mammutbaum an. Er stammt, ebenso wie die Bäume im Wäldchen der Wilhelma, von im Jahr 1864 ausgesäten Samen des Riesen-Mammutbaumes (*Sequoiadendron giganteum*).

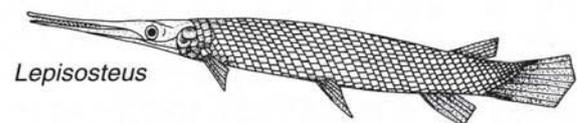
Fossile Pflanzen, darunter das Blatt der fossilen Cycadee *Pterophyllum* aus der Stuttgarter Trias und ein Blatt des fossilen Ginkgos *Baiera* aus dem Jura (Bayern), sind in Vitrine 2□2.02 zu sehen. Dort liegen auch Fossilien der altertümlichen Gruppen der Schachtelhalme und Bärlappe. Rezente Vertreter dieser Gruppen sind daneben in Vitrine 2□2.05 ausgestellt.

Das Perlboot *Nautilus* hat auch seinen Platz im Kreise seiner Kopffüßer-Verwandtschaft (2□2.16). Weitere "konservative" Mollusken sind die seit dem Jura bekannte Meeresschnecke *Pleurotomaria* (2□2.14) und die seit der Obertrias vorkommende Hahnenkamm-auster *Lopha* (2□2.15).

Im Erdmittelalter waren die (zu den Stachelhäutern gehörenden) festsitzenden, gestielten Seelilien häufig. Heute gibt es nur noch wenige Arten, die in tiefem Wasser leben. Wir zeigen in Vitrine 2□2.17 ein Präparat der Seelilie *Metacrinus rotundatus* vor der Fotografie einer im Museum am Löwentor ausgestellten Seelilien-Platte aus dem Schwarzen Jura.

Der Pfeilschwanz *Limulus* begegnet uns im – nach den Grundsätzen der Phylogenetischen Systematik aufgebauten – Stammbaum der Gliederfüßer wieder (2□2.20).

Weitere lebende Fossilien finden Sie unter den Fischen (der Knochenhecht *Lepisosteus*, 2□2.36 samt einem fossilen Verwandten *Atractosteus* aus dem Tertiär, 2□2.38) und unter den Amphibien (der Japanische Riesensalamander *Andrias* und ein Abguss seines 13 Millionen Jahre alten fossilen Gegenstücks vom Bodensee, 2□2.52-53).



Sehr altertümliche Formen sind auch Krokodile (Brillenkaiman, 2□2.57; Schädel rezenter Krokodile und des 190 Millionen Jahre alten Meereskrokodils *Stenosaururus* aus dem Schwarzen Jura, 2□2.58) und Schildkröten (2□2.59-60).

Unter den Säugetieren werden zum Beispiel die seit der Kreidezeit nahezu unveränderten Beutelratten oder Opossums *Didelphis* und die Opossummaus *Caenolestes*, beides amerikanische Beuteltiere (2□4.10), der zu den Insektenfressern gehörende Dominikanische

Schlitzrüssler *Solenodon paradoxus* (2□4.13) und das Spitzhörnchen *Tupaia glis* (2□4.03) als lebende Fossilien bezeichnet.

Die zeitliche und verwandtschaftliche Einordnung der Fossilien wird in vielen Fällen durch die Benutzung der "Zeittafeln" (siehe Kapitel 3, Seite 37) erleichtert.

Wie kam die Giraffe zu ihrem langen Hals?

2□1.07 und 2□1.08

Wie das höchste lebende Landtier zu seinem langen Hals kam, hat Generationen von Naturforschern Kopfzerbrechen bereitet. Heute scheint die Frage gelöst.

An diese alte Frage knüpfen wir einige Anmerkungen zur Geschichte des Evolutionsgedankens. Ungeachtet der bis heute äußerst vielschichtigen Diskussion um Wesen und Ablauf der Evolution beschränken wir uns hier auf drei prägnante Standpunkte.

Seite 9, oben: Die Unveränderlichkeit der Arten galt lange als selbstverständlich: Die Giraffe hat einen langen Hals, weil sie so geschaffen wurde. Noch der berühmte Naturforscher CARL VON LINNÉ (1707-1778) vertrat in jungen Jahren die Auffassung, die bestehenden Arten seien in einem Schöpfungsakt geschaffen worden und hätten sich seither nicht verändert: *"Jede Gattung ist natürlich, im Uranfang unmittelbar so geschaffen."*

Mitte: Gegen Ende des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts lieferten die aufblühenden Naturwissenschaften zahlreiche Beobachtungen, die sich mit der herrschenden Auffassung von der Unveränderlichkeit der Arten nicht in Übereinstimmung bringen ließen. Der französische Zoologe JEAN BAPTISTE LAMARCK (1744-1829) entwickelte in seinem 1809 erschienenen Buch "Philosophie zoologique" als erster eine Theorie der Entwicklung der Arten, nach der *"die Natur in ihrem Gange mit der Schöpfung der einfachsten Organismen begonnen hat"* und im Lauf langer Zeiträume *"durch die umändernde Wirkung neuer Standorte und neuer Gewohnheiten alle jetzt existierenden Organismen unmerklich so gebildet worden sind, wie wir sie wahrnehmen."*

Triebfeder dieser Evolution ist nach Lamarcks Auffassung der Gebrauch (oder Nichtgebrauch) von Organen: Häufiger Gebrauch kräftigt und

vervollkommnet ein Körperteil. Diese von den Eltern erworbene Verbesserung wird auf die Nachkommen vererbt. Neue Organe werden an den erforderlichen Stellen durch *"Anstrengungen eines inneren Gefühls"* ins Dasein gerufen.

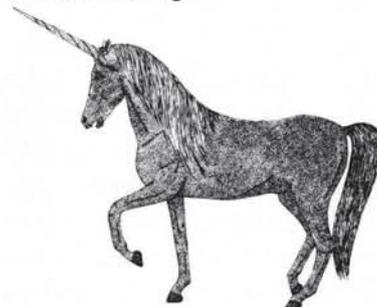
Unten: Erst die Veröffentlichung des Hauptwerkes von CHARLES DARWIN (1809-1882) "On the origin of species by means of natural selection" (Über die Entstehung der Arten durch natürliche Auslese) brach die vorherrschende Meinung von der gemeinsamen Schöpfung und Unveränderlichkeit der Arten. Darwin verknüpfte die Abstammungslehre mit seiner Selektionstheorie: Die Individuen einer Art sind untereinander nicht ganz gleich. Viele dieser Unterschiede sind im Erbgut verankert. Unter der Fülle ihrer Nachkommen überleben nur die am besten Angepassten. Mit ihnen überlebt ihr Erbgut, während das der weniger gut Angepassten verschwindet. So kann sich das Erscheinungsbild einer Art allmählich ändern. Damit gab Darwin eine wesentlich überzeugendere Vorstellung von den Ursachen des Artenwandels als Lamarck.

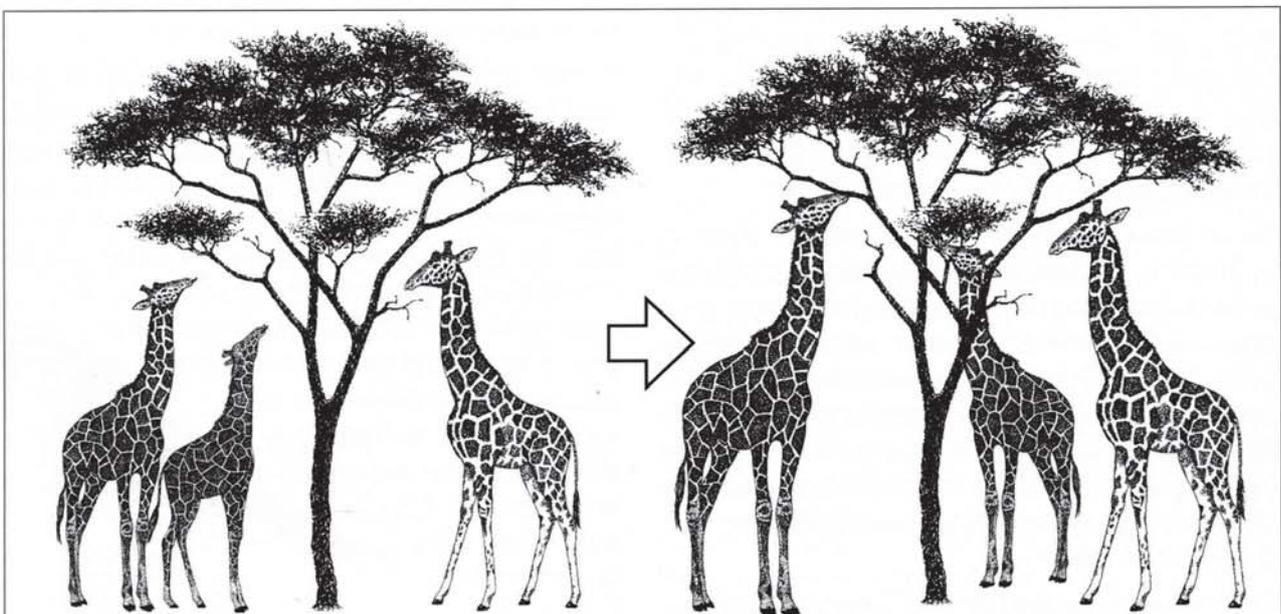
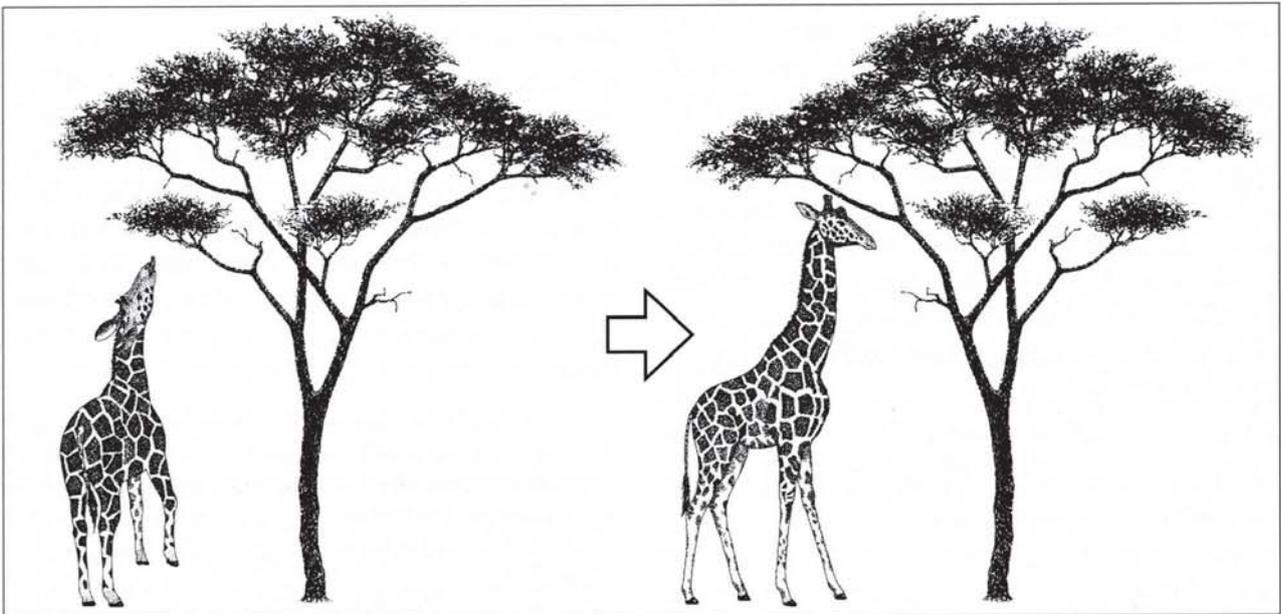
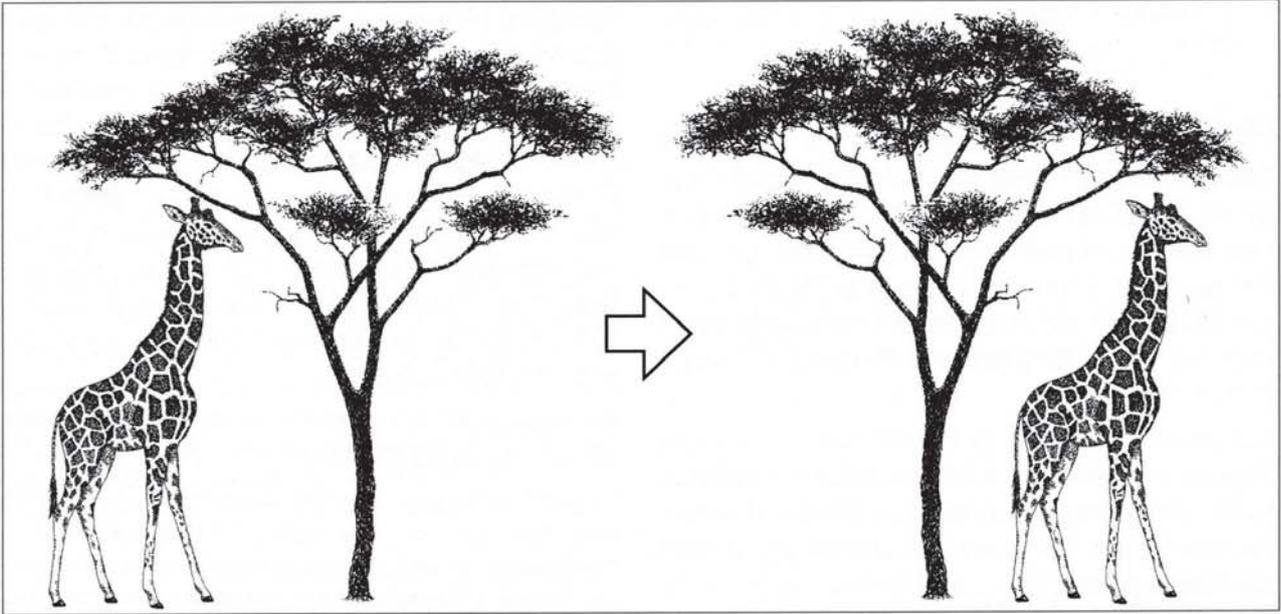
Seit Darwin wissen wir, wie die Giraffe zu ihrem langen Hals kam. Seine Gedanken bilden auch heute noch das Grundgerüst der Evolutionstheorie.

➤ *Beispiele für wissenschaftshistorisch interessante Interpretationen fossiler Funde: J.J.Scheuchzers Flugblatt mit dem "Bein-Gerüst eines in der Sündflut ertrunkenen Menschen" von 1726 zeigt einen fossilen Riesensalamander *Andrias scheuchzeri* (2□2.52).*

Dem Mythos des Einhorns wird ausführlich in Vitrine 2□1.15 nachgespürt. Auch hier wurden Überbleibsel fossiler (Mammut) und rezenter Tiere (Narwal) anders gedeutet als heute.

Selbst der einäugige Riese Polyphem, der Odysseus und seine Gefährten auf einer Insel gefangen hielt, ist fossil überliefert. Heute interpretieren wir die großen Schädel, die in Höhlen auf Mittelmeerinseln gefunden wurden, als Reste von Zwergelafanten (2□1.24); in der zentral auf der "Stirn" liegenden Öffnung saß, wie ein Vergleich mit dem daneben ausgestellten Schädel des heutigen Elefanten zeigt, kein einzelnes Auge, sondern die Nasenöffnung.





Artbildung

201.09 bis 201.11

Was ist eine "Art"?

202.09

Alle Lebewesen einer Art stimmen in ihren wesentlichen Merkmalen überein. Sie können miteinander fruchtbare Nachkommen erzeugen, die wieder ihren Eltern gleichen. Alle Mitglieder einer Art bilden also zusammen eine gegenüber anderen Arten abgegrenzte Fortpflanzungsgemeinschaft.

Gelegentlich lassen sich sehr nah verwandte Tierarten kreuzen, ihre Nachkommen sind dann aber unfruchtbar, so zum Beispiel das Maultier, dessen Eltern Pferd und Esel sind. Bei Pflanzen können dagegen durch Kreuzung neue Arten entstehen (201.02).

Jedes Lebewesen ist einmalig: Verschiedene Erbanlagen, aber auch unterschiedliche Umwelteinflüsse bewirken, dass selbst innerhalb einer Art jedes Individuum Merkmale hat, die nur ihm eigen sind. Das gilt nicht nur für den Menschen, sondern für sämtliche Pflanzen- und Tierarten, wenn es auch nicht immer so augenfällig wie bei der karibischen Kegelschnecke *Conus cedonulli* ist. Alle Farbvarianten dieser Meeresschneckenart kommen gemeinsam auf engem Raum miteinander vor.

20 Gehäuse der Kegelschnecke *Conus cedonulli* zeigen exemplarisch die **Variabilität** innerhalb einer Art. Ein Farbbild von *Conus omaria* gibt einen Eindruck vom Habitus lebender Kegelschnecken.

Artbildung I

201.09

Keine Art übersteht unverändert Jahrmillionen. Selbst die "lebenden Fossilien" (201.04-06) unterlagen einem Wandel, wenn auch einem besonders langsamen. Die Weiterentwicklung bestehender und Bildung neuer Arten ist ein zentraler Vorgang im Evolutionsgeschehen.

Neue Arten entstehen meist dadurch, daß ursprünglich zusammenhängende Verbreitungsgebiete zum Beispiel durch klimatische oder geologische Ereignisse zerrissen werden (**Separation**). Räumlich getrennt entwickeln sich die Populationen der Art unabhängig voneinander weiter. Kommen sie später wieder in Kontakt, ist es möglich, dass sie sich nicht mehr fruchtbar fortpflanzen. Neue Arten mit unterschiedlichem Erbgut sind entstanden.

Bei den im Sumpfgebiet der Everglades (Flori-

da, USA) lebenden Landschnecken der Gattung *Liguus* befindet sich die Artbildung noch im Anfangsstadium. Auf vielen der kleinen Waldinseln haben sich, räumlich isoliert von anderen Populationen, eigenständige, nur dort vorkommende Formen entwickelt. Zwar können alle diese Formen noch miteinander gekreuzt werden, gehören also noch einer gemeinsamen Art an, jedoch bestehen schon beträchtliche Unterschiede im Erbgut. Damit ist der erste Schritt zur Bildung eigener Arten getan.

Ein Luftbild gibt einen Überblick über den Lebensraum von *Liguus* auf kleinen Waldinseln ("hammocks") in den Everglades; ein weiteres Bild zeigt den Habitus einer solchen Landschnecke. Mit zahlreichen Gehäusen wird demonstriert, dass sich Schneckengehäuse einzelner Waldinseln stark ähneln und von Schnecken anderer hammocks gut unterscheiden lassen (**Unterarten, Rassen**).

Artbildung II

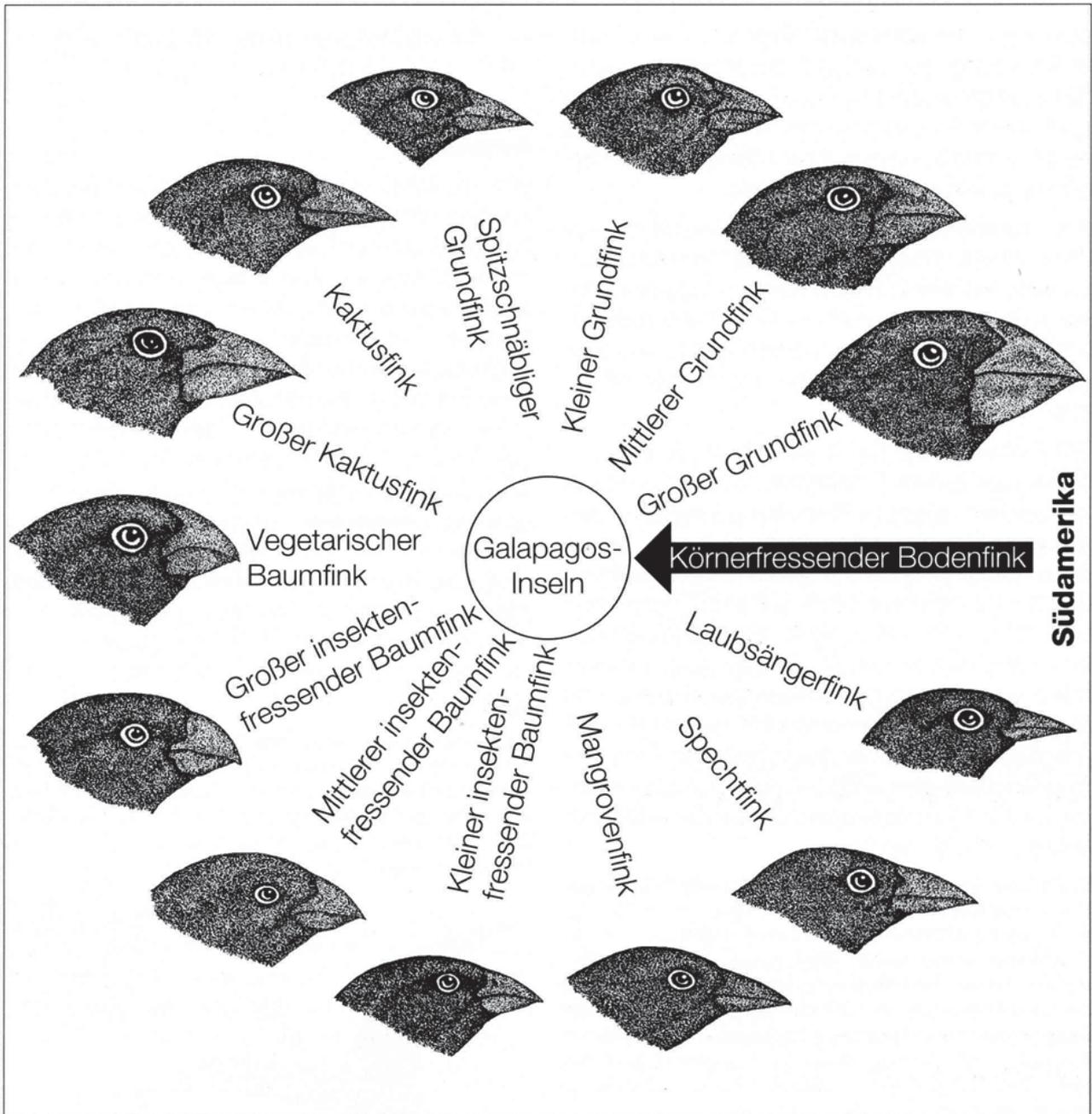
201.10

In Europa wurde das vorher geschlossene Verbreitungsgebiet vieler Tiere und Pflanzen während der Eiszeiten zerschnitten. Das kalte Klima verdrängte viele Arten. Manche überlebten, räumlich getrennt, in Rückzugsgebieten in Südwest- und Südosteuropa. Nach dem Ende des Eiszeitalters wanderten diese Populationen wieder nach Mitteleuropa ein und trafen dort aufeinander – mit unterschiedlichem Ergebnis:

1. STICHLINGE aus dem südwestlichen Rückzugsgebiet (*trachurus*-Form: ganze Flanke mit Knochenplatten) und solche aus dem östlichen Rückzugsgebiet (*leirus*-Form: nur vorne einige Platten) unterscheiden sich zwar schon deutlich, können sich aber noch fruchtbar fortpflanzen. Ihre Nachkommen sind deutlich als Mischform erkenntlich (*semiarmatus*-Form).

2. Mit SOMMER- und WINTERGOLDHÄHNCHEN sind dagegen bereits getrennte Arten entstanden, die sich nicht mehr kreuzen. Sie unterscheiden sich nicht nur äußerlich, sondern auch durch ihr Verhalten und ihren Gesang. Da sich Vögel derselben Art am Gesang erkennen, können veränderte Gesänge einer Population die Artbildung fördern: Obwohl noch gar keine genetischen Schranken bestehen müssen, kommt es nicht mehr zur Kreuzung, weil sich die Weibchen von einem veränderten Gesang nicht mehr angesprochen fühlen.





Eine Vegetationskarte Europas während der letzten Eiszeit zeigt insbesondere die Lage der Waldrefugien in Südwest- und Südost-Europa. Die drei unterschiedlichen Formen des Stieglings sind in eine Karte der heutigen Verbreitung integriert. Sommer- und Wintergoldhähnchen werden als Präparate gezeigt; eine Karte ihrer Verbreitung in Europa lässt ein großflächiges sympatrisches Vorkommen erkennen und die Lage der ehemaligen Refugien dieser Waldvögel erschließen.



Sommergoldhähnchen (S. 10 unten) und Wintergoldhähnchen (links)

Artbildung III

201.11

Die Galápagos-Inseln liegen 1000 km westlich von Südamerika auf dem Äquator. Sie sind vulkanischen Ursprungs. Die ältesten Inseln sind drei bis fünf, die jüngsten eine Million Jahre alt. Die zunächst kahlen Inseln wurden allmählich von zufällig nach dorthin verschlagenen Landpflanzen und -tieren besiedelt.

Mit dem Wind oder auf treibenden Baumstämmen muss als erster Landvogel auch die gemeinsame Stammart der Darwinfinken eingewandert sein. Von diesem Grundtyp "körnerfressender bodenlebender Fink" ausgehend, kam es auf den Inseln in Anpassung an unterschiedliche Lebensräume und Nahrungsgrundlagen zur Ent-

stehung zahlreicher neuer Formen. Die schnelle Artbildung wurde durch die Isolation kleiner "Gründerpopulationen" auf einzelnen Inseln stark gefördert. Heute sind 13 Arten bekannt, deren Schnabelformen ihre unterschiedliche Ernährungsweise erkennen lassen.

Auf vielen kleineren Inseln kommen nur wenige Darwinfinkenarten vor. Größere, landschaftlich vielfältigere Inseln bieten mehr ökologische Nischen. Hier können mehr Arten mit unterschiedlichen Lebensraumsansprüchen nebeneinander vorkommen. Auf der größten Insel leben elf Arten.

Die Evolution der Darwinfinken ist ein Beispiel für eine **adaptive Radiation**, eine Entwicklung zahlreicher unterschiedlich angepasster Formen aus einer Stammgruppe. Das Prinzip der adaptiven Radiation erkannte schon Charles Darwin, der die Inselgruppe 1835 auf seiner Weltreise besuchte: *"Wenn man diese Abstufung und Verschiedenartigkeit der Struktur in einer kleinen, nahe unter einander verwandten Gruppe von Vögeln sieht, so kann man sich wirklich vorstellen, daß in Folge einer ursprünglichen Armut an Vögeln auf diesem Archipel die eine Spezies hergenommen und zu verschiedenen Zwecken modifiziert worden sei."*

Die Vitrine enthält eine Karte, die die isolierte Lage der Galápagos-Inseln verdeutlicht, zwei Präparate von Darwinfinken (links: Mittlerer Grundfink im Schlichtkleid; rechts: Kaktusfink), Fotos zweier Arten (oben: Laubsängerfink; unten: Mittlerer Grundfink im Brutkleid) und ein Schema der adaptiven Radiation, das die Köpfe der 13 Arten von Darwinfinken zeigt, Fotos verschiedener Lebensraumtypen auf Galápagos (Wüste, Savanne, Regenwald) und das Nest eines Darwinfinken – alle Arten bauen überdachte Nester mit seitlichem Eingang.

➤ Adaptive Radiationen größeren Ausmaßes lassen sich an den Zeittafeln zur erdgeschichtlichen Entfaltung der verschiedenen Wirbeltierklassen erkennen, besonders deutlich bei den Amphibien (2□2.48; Seite 42) und den Säugetieren (2□4.01-02; Seite 46).

Weitere, sehr instruktive Beispiele bieten die Beuteltiere Australiens (2□4.09-12), die auf opossumähnliche Einwanderer zurückgehen und eine große Vielfalt entwickelten, die Halbaffen (Lemuren) Madagaskars (2□5.01/02) – darunter das merkwürdige Fingertier – und die Hornträger (verschiedene Antilopen- und Gazellenarten in den Räumen 3□6 und 3□8).



Aussterben und Ausrottung

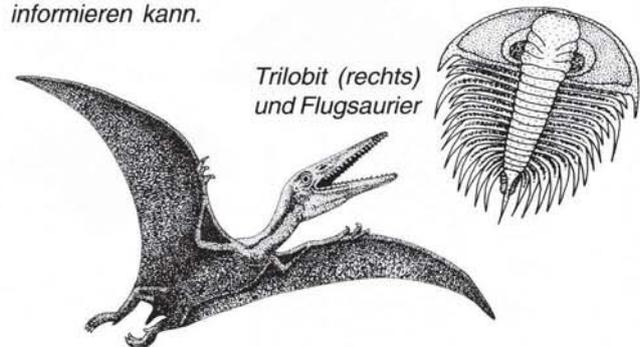
2□1.12 bis 2□1.14

Aussterben

2□1.13

Wie die Bildung neuer Arten ist auch das Aussterben von Pflanzen- und Tierarten ein normaler Vorgang in der Evolution. Die Zahl der im Laufe der Erdgeschichte ausgestorbenen Arten übersteigt die der bestehenden bei weitem. Viele Arten sind hochspezialisiert. Schon eine geringfügige Änderung der Umweltbedingungen kann sie aussterben lassen. Großräumige Meeresspiegelschwankungen oder Klimaänderungen können Ursachen höherer Aussterberaten sein. Besonders spektakulär ist das Verschwinden der Dinosaurier, Flugsaurier, Ammoniten, Belemniten und vieler Meeresreptilien gegen Ende der Kreidezeit vor etwa 65 Millionen Jahren, kein plötzlicher Untergang übrigens, sondern ein Ereignis, das Millionen Jahre dauerte und dessen Ursachen nach wie vor heftig umstritten sind.

Als Beispiele ausgestorbener Tierarten dienen Trilobiten (sie gehören zu den Gliederfüßern), Rudisten (eigenartig geformte Muscheln), Flugsaurier, Belemniten und Ammoniten. Die beiden letztgenannten gehören zu den Kopffüßern, über die man sich eingehender in Vitrine 2□2.16 informieren kann.



Auch das Auftreten überlegener Arten kann zum Aussterben führen: Nord- und Südamerika waren lange Zeit getrennt. Auf jedem Kontinent entwickelten sich unabhängig voneinander Säugetierformen mit sehr ähnlichem Aussehen und ähnlichen ökologischen Ansprüchen.

Vor zwei Millionen Jahren entstand mit der mittelamerikanischen Landbrücke ein reger Artenaustausch. In der Folgezeit verdrängte die jeweils besser angepasste und damit überlegene Art die ökologisch entsprechende Form.

Die Geschichte der nord- und südamerikanischen Säugetiere wird mit einer Grafik illustriert. Die nordamerikanische Fauna hat die – unter anderem aus sehr vielen Beuteltierarten bestehende – Fauna des Südkontinents weitgehend ersetzt.

Ausrottung – Das Ende der Evolution?

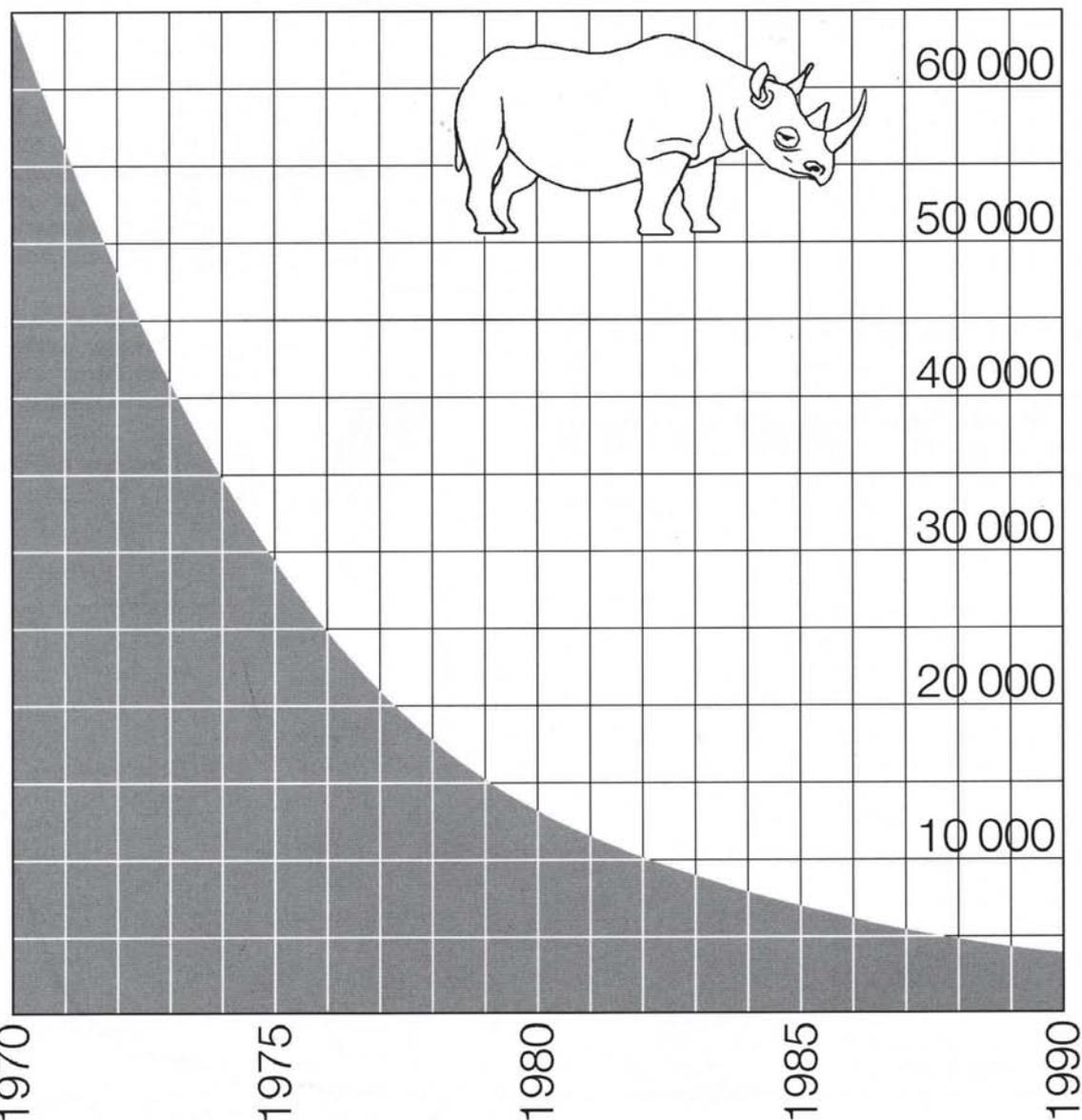
201.14

Wir Menschen sind für das schwerwiegendste Artensterben in der Geschichte der Evolution verantwortlich. Schon beim Mammut und anderen späteiszeitlichen Großsäugetieren vermutet man, dass Jäger zu ihrem Verschwinden beigetragen haben. In historischer Zeit wurden durch Jagd viele Tierarten ausgerottet (Beispiele im Saal 209). Manchen steht dieses Schicksal unmittelbar bevor, so den Nashörnern. Ihre Hörner werden mit Gold aufgewogen. Sie werden als

die Liebeskraft stärkendes Mittel konsumiert oder erhöhen, zu Dolchgriffen verarbeitet, das soziale Ansehen ihrer Träger. Je seltener die Nashörner werden, desto höher klettert der Preis ihrer Hörner und desto stärker ist der Anreiz zum Wildern – ein kaum zu durchbrechender Teufelskreis, der auch Elefanten wegen ihres Elfenbeins zum Verhängnis wird.

Grafisch dargestellt wird der Rückgang des afrikanischen Spitzmaulnashorns bis zum Jahr 1990. Ergänzend sind ein längsgeschnittenes Nasenhorn, ein afrikanischer Zeremonienstab aus Nasenhorn und vom Zoll beschlagnahmte Elfenbeinschnitzereien ausgestellt.

Rückgang des Spitzmaulnashorns in Afrika



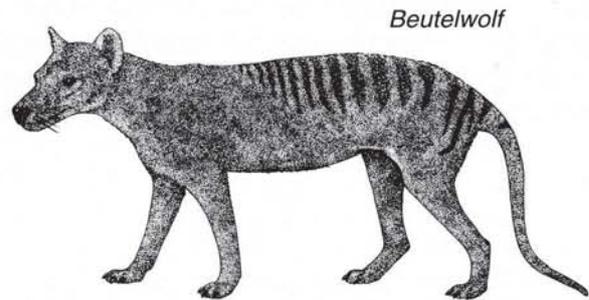
Die meisten Pflanzen- und Tierarten sterben aber aus, weil sie sich der rasanten Änderung ihrer Lebensbedingungen nicht anpassen können. Wir rotten sie "unabsichtlich" aus: Sie gehen mit der Zerstörung ihrer Lebensräume nebenbei zugrunde. Besonders gefährdet sind dabei die tropischen Regenwälder, wo die überwiegende Zahl aller Arten der Erde beheimatet ist. Mit dem – wenigstens gelegentlich schlagzeilenträchtigen – Untergang einer Säugerart sterben hunderte von anderen Tier- und Pflanzenarten einen unbemerkten Tod. Wieviele Arten täglich unwiederbringlich vernichtet werden, ist nicht leicht zu ermitteln. Realistische Schätzungen gehen heute von 10-50 Arten pro Tag aus – eine Zahl, die sich in Zukunft wesentlich erhöhen wird.

Durch die Zerstörung der Umwelt vernichten wir zwar einen großen Teil der Ökosysteme und Arten dieser Erde – die Evolution selbst ist damit aber nicht außer Kraft gesetzt. Der Mensch verändert "nur" die Selektionsbedingungen. Nach seinem Verschwinden wird voraussichtlich eine neue Vielfalt entstehen.

2□1.12

Das afrikanische Breitmaulnashorn (*Ceratotherium simum*) steht kurz vor der Ausrottung. Im Jahr 1990 lebten nur noch etwa 4000 Tiere. Noch geringer sind die Bestände der anderen vier Nashornarten.

➤ Weitere Texte und Grafiken zu diesem Themenkomplex finden sich hauptsächlich in dem der Umweltvernichtung und dem Artensterben gewidmeten Ausstellungsteil in Raum 2□9. Dort sind in zwei Vitrinen spektakuläre Beispiele ausgerotteter Tierarten versammelt: Kaplöwen, Beutelwolf, Riesenalk, Dronte, Wandertaube und Carolinasittich. Begleitende Informationen zu diesen Präparaten stehen daneben an den Wandtafeln.

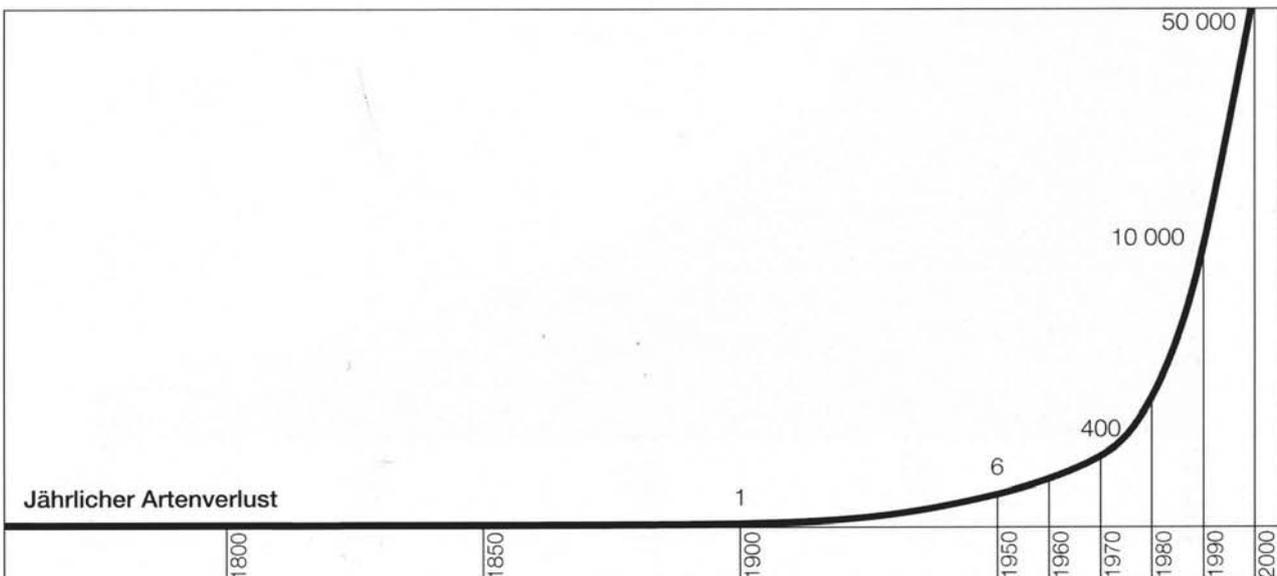


Das Ei des riesigen, vermutlich auch vom Menschen ausgerotteten Madagaskarstraußes liegt in Vitrine 2□3.11 und Informationen zur ausgerotteten Riesenseekuh oder Steller'schen Seekuh finden Sie in Vitrine 3□1.05.

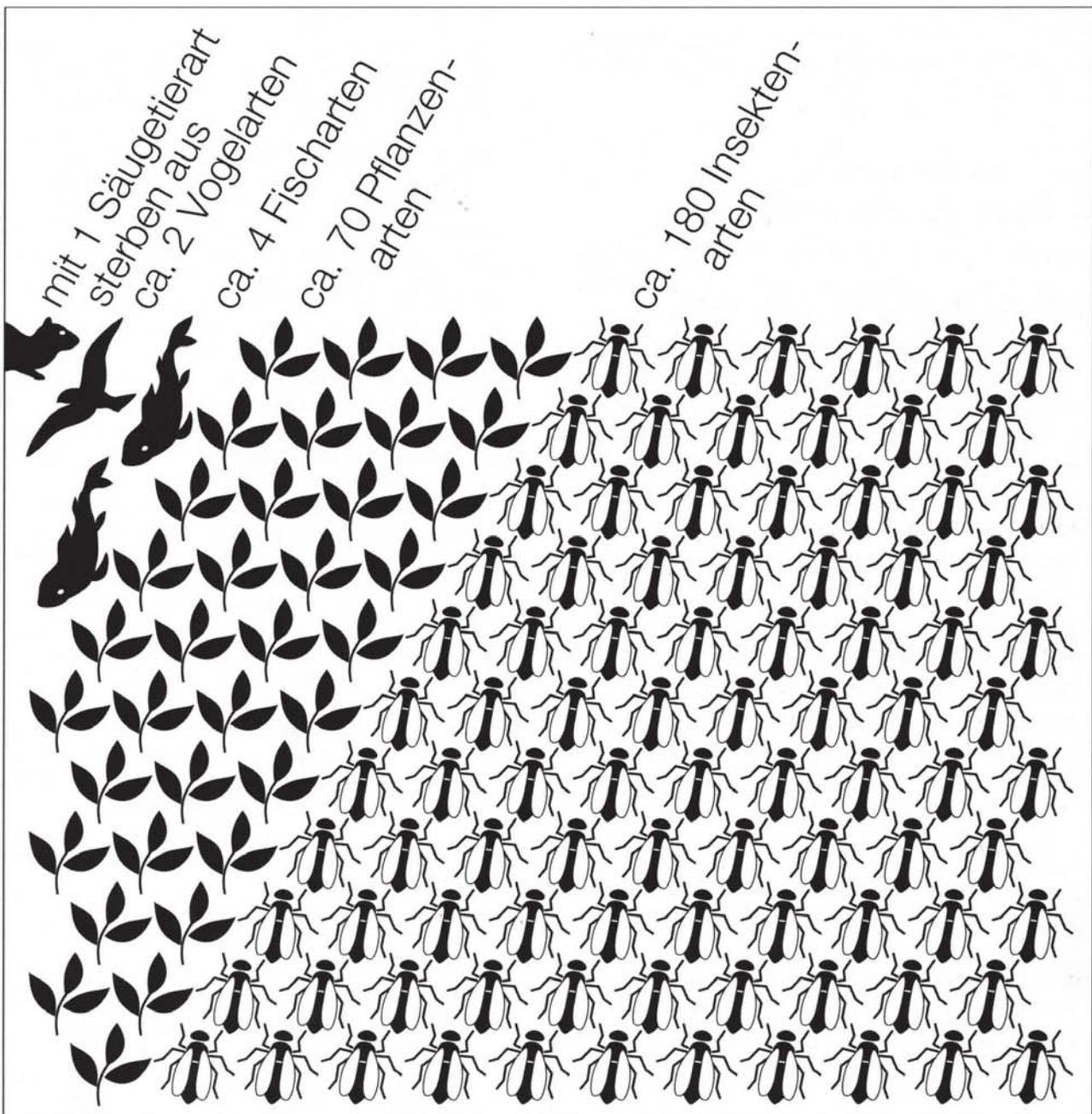
Das bei den ausgerotteten Arten in Raum 2□9 stehende Przewalski-Pferd, das in freier Wildbahn vernichtet scheint und dessen gesamter Bestand in Zoologischen Gärten auf nur zehn Tiere zurückgeht, kann zum Anlass genommen werden, Diskussionen über Mindestgrößen von Populationen und Inzuchteffekte zu führen.

Auf Baden-Württemberg bezogene Beispiele zum Verschwinden von Tier- und Pflanzenarten werden ebenfalls in Raum 2□9 anhand "Roter Listen" und in den Vitrinen 2□6.14-15 mit Präparaten, Objekten und Fotos veranschaulicht.

Der Wert der Artenvielfalt wird auf zwei Wandtafeln in Raum 2□9 kurz angesprochen.



Am Beispiel des (meist in der Eingangshalle stehenden) Großen Pandas lassen sich die Probleme erläutern, die bei Artenschutzprojekten entstehen, wenn der Raumbedarf des Menschen in wenig "entwickelten" Ländern zu Nutzungskonflikten führt. Das Wapentier des Naturschutzes lebt in wenigen kleinen und isolierten Populationen in unzugänglichen Bergwaldarealen. Trotz großer Schutzanstrengungen sind die Bambusbären dort durch Umwelteinflüsse (z.B. synchrones Blühen einzelner Bambusarten und nachfolgendes Absterben wichtiger Nahrungspflanzen), Inzucht und Wilderei nach wie vor extrem gefährdet.



Homologie und Analogie

2□1.15

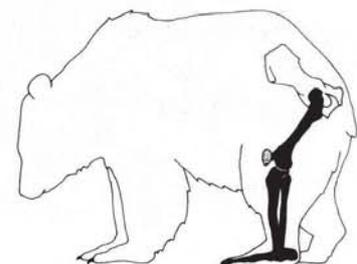
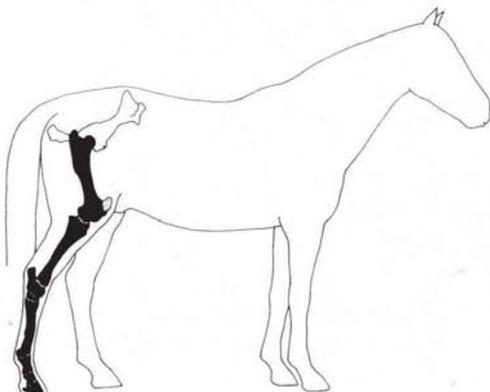
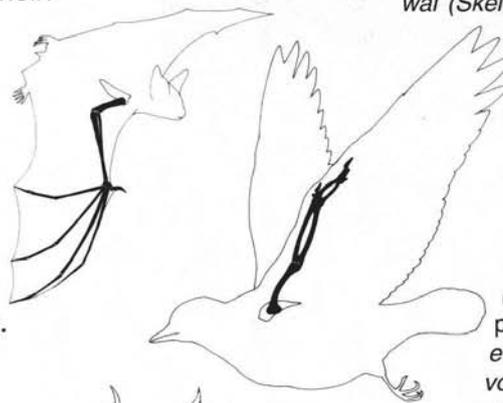
Nahe Verwandtschaft macht sich oft durch große Ähnlichkeiten bemerkbar – andererseits *müssen* Verwandte sich nicht unbedingt gleichsehen. Dagegen kann es durchaus vorkommen, dass sich nicht miteinander Verwandte stark ähneln. Dieses Problem stellt sich auch in der biologischen Systematik, die sich bemüht, Lebewesen nach ihrer Verwandtschaft zu ordnen. Oft ist eine genaue Untersuchung notwendig, um zu klären, ob große Ähnlichkeit auf enge Verwandtschaft zurückgeht, oder ob sie das Ergebnis einer unabhängig voneinander verlaufenen Evolution ist. Andererseits können auf den ersten Blick völlig verschieden aussehende Lebewesen doch verwandt sein (Wal und Maus sind beide Säugetiere).

Variationen über ein Thema:

Die Gliedmaßen der Landwirbeltiere

Vogelschwinge und Bärenbein, Fledermausflügel und Pferdefuß sehen sehr unterschiedlich aus und dienen den verschiedensten Zwecken. Erst die genauere Betrachtung zeigt, dass sie alle aus denselben "Bausteinen" bestehen und auf demselben Grundplan beruhen. Das ist ein Beleg für die Verwandtschaft aller Landwirbeltiere. Sie alle stammen von einem gemeinsamen Vorfahren ab. Von ihm haben sie den Grundplan des Gliedmaßenbaus ererbt.

Solche Merkmale gleicher stammesgeschichtlicher Herkunft werden als **homolog** bezeichnet. Durch Homologien können Verwandtschaften erkannt und belegt werden.



Vollständige Skelette von Hund, Maulwurf, Flughund und Bussard, Beinskelette eines Bären, eines Paarhufers (Hirsch) und eines Unpaarhufers (Pferd) sowie die Armskelette einer Robbe und eines Schimpansen sind ausgestellt. Dabei sind homologe Knochen des Extremitätenskeletts gleich eingefärbt. Die Dermoplastik eines Paarhufers (Kleiner Kudu *Tragelaphus imberbis*) erlaubt, wenigstens an einem Beispiel den "Einbau" der Extremitätenknochen in den Körper nachzuvollziehen.

➤ Weitere vollständige Skelette rezenter oder fossiler Tiere, bei denen der Bau der Extremitäten deutlich erkennbar ist:

Amphibien: fossiler *Temnospondyle Sclerocephalus* (2□2.49), Riesensalamander *Andrias* (Skelett eines Fossils und Präparat, 2□2.52), Ochsenfrosch (2□2.54).

Reptilien: Flugsaurier (2□1.13 und 2□2.55), Ichthyosaurier (2□1.16), Mesosaurier (2□2.55), Brückenechse (fossiles Skelett *Pleurosaurus* + Präparat einer rezenter Brückenechse, 2□1.05), Galápagos-Riesenschildkröte (2□2.60).

Vögel: fossile Vögel wie *Archaeopteryx* und tertiäre Vögel aus Messel (2□3.01), Skelett eines Graureihers mit angesetztem Großgefieder, Kiwi und Pinguin (alle 2□3.06), *Dronte* (2□9).

Säugetiere: Raum 2□4: Dachs, mit Grafik, auf der die Knochen benannt werden (2□4.06), Känguru (Skelett + Dermoplastik zweier Arten, 2□4.09), Fledermaus (Skelett + Präparate verschiedener Arten, 2□4.14), römischer Hund (Skelett + Dermoplastiken verschiedener Hunde, 2□4.27); – Raum 2□5: Koboldmaki (Skelett + Dermoplastik, 2□5.02), Klammeraffe (Skelett + Dermoplastik, 2□5.04), Gibbon (Skelett + Dermoplastik, 2□5.07), Gorilla (2□5.10), Mensch (2□5.11), Vormensch *Australopithecus afarensis* (2□5.14), Neandertaler (2□5.17); – Raum 2□1: Waldelefant *Elephas antiquus* (Skelett, 2□1.21, vergleichbar mit der Dermoplastik des Afrikanischen Elefanten, 2□1.25), Schweinswal (Skelett und Modell, 2□1.16); – Raum

3□1: Seiwal (Originalskelett im Modell, 3□1.01), fossiler Bartenwal (3□1.30), Zwerggrindwal (3□1.10), Weißseitendelphin (Skelett + Modell, 3□1.21), Seehund (Skelett + Dermoplastik, 3□1.26-27), Ohrenrobbe (Skelett eines Seelöwen + Dermoplastiken von Seebären, 3□1.28), Walross (3□1.28), fossile Hundsrobbe *Acrophoca* (3□1.29), Seekuh (Skelett eines Dugongs + Dermoplastiken von Dugong und Manati, 3□1.03).

Zum Thema Homologie bitte auch einen Blick auf die Mundwerkzeuge der Insekten (2□2.25) werfen.

Gleitflug bei Wirbeltieren

201.15

Verschiedene Wirbeltiere haben Einrichtungen zum Gleitfliegen, die sie meist nutzen, um Feinden zu entkommen. Die Tragflächen der Gleitflieger haben sich aus den unterschiedlichsten Körperteilen entwickelt. Sie lassen sich nicht auf einen gemeinsamen Grundplan zurückführen und können deshalb auch nicht als Beweis für eine enge Verwandtschaft der Gleitflieger dienen.

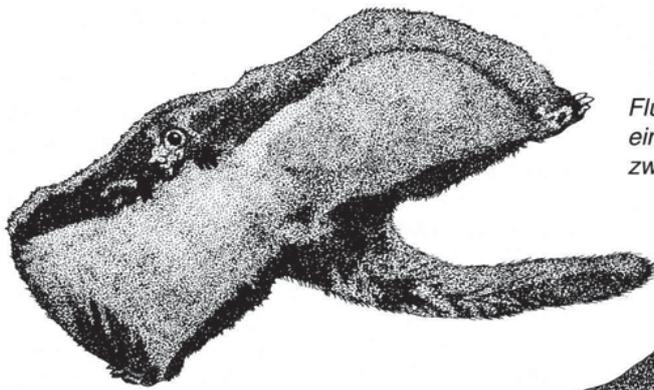
Solche unabhängig voneinander entstandenen Anpassungsähnlichkeiten werden **Analogien** genannt.

Gelegentlich ähneln sich analoge Bildungen trotz ihrer unabhängigen Entstehung verblüffend (wie bei Taguan und Flugbeutler) und sind dann schwierig zu deuten.

➤ In Vitrine 202.63 ist ein zweiter Flugdrache im Kreis seiner Echsen-Verwandten ausgestellt. Flugbeutler und Taguan haben jeweils kleinere Pendant: Unter den Beuteltieren ist das der Gleithörnchen-Beutler (204.12), unter den Nagetieren sowohl das Eurasische Gleithörnchen (204.20) als auch das Rotwangengleithörnchen (204.24). Im tropischen Regenwald (Raum 307) sind solche Gleiter im natürlichen Lebensraum zu entdecken. Das Dornschwanzhörnchen lebt in Afrika, der Kurzkopf-Gleitbeutler turnt durch die Baumkronen Neuguineas.

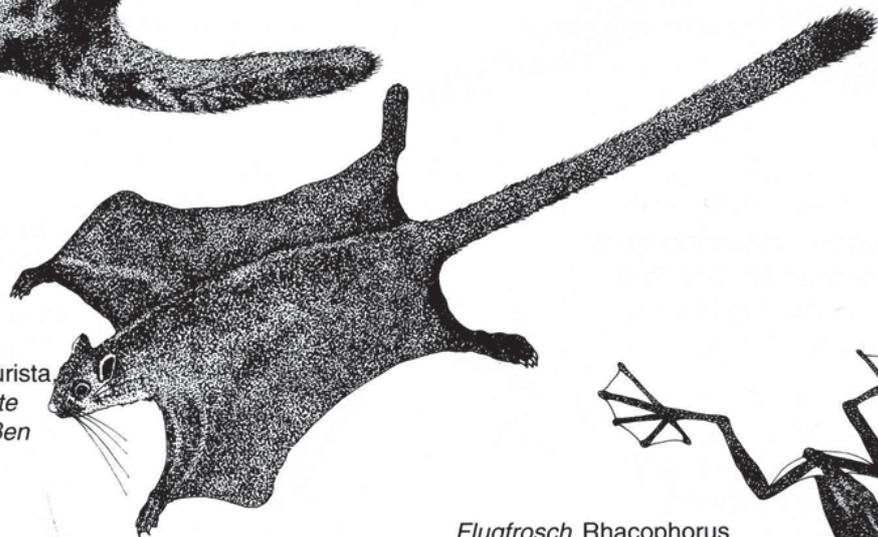
Analog sind auch die zweiklappigen Schalen der Brachiopoden (201.05) und der Muscheln (202.15) oder die Ausbildung der Vorderextremitäten als Flossen bei Walen und Seekühen (301.01, 301.03). Letztere sind zwar als Vorderextremitäten homolog, nicht aber als Flossen. Die Umgestaltung zu Schwimmorganen ist in beiden Gruppen unabhängig erfolgt. Entsprechend sind auch die Flügel von Flugsauriern, Vögeln und Fledertieren zu werten.

Solche Spezialfälle unter den Analogien (analoge Bildungen an homologen Strukturen) werden auch als "Homoiologien" bezeichnet.

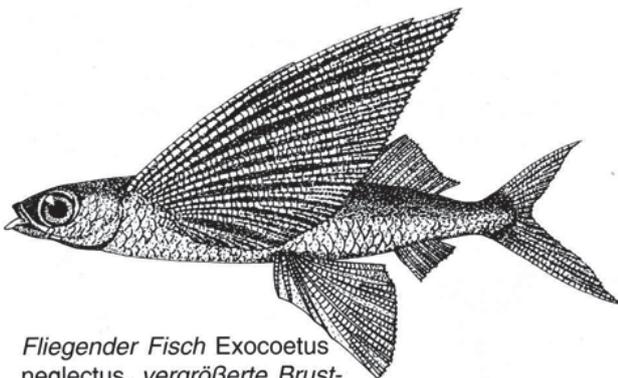


Flugbeutler *Petauroides volans*, ein Beuteltier, Spannhäute zwischen den Gliedmaßen

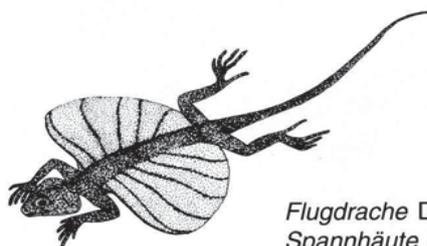
Taguan *Petaurista petaurista*, ein Nagetier, Spannhäute zwischen den Gliedmaßen



Flugfrosch *Rhacophorus reinwardtii*, Spannhäute zwischen Fingern und Zehen



Fliegender Fisch *Exocoetis neglectus*, vergrößerte Brust- und Bauchflossen



Flugdrache *Draco volans*, Spannhäute an verlängerten, aufstellbaren Rippen

Konvergenz: Ähnliche Probleme erfordern ähnliche Lösungen

201.16-20

Fischform

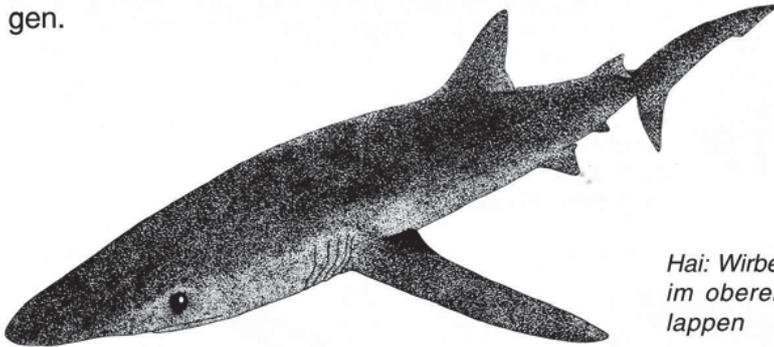
201.16

Fischsaurier, Haifisch, Walfisch – die verblüffende Ähnlichkeit dieser Tiere spiegelt sich schon in diesen Namen wider, die Verwandtschaft andeuten, wo keine besteht. Denn der Fischsaurier ist ein Reptil, der Hai ein Knorpelfisch und der Wal ein Säugetier. Ihre Fischform entstand als Ergebnis einer langen natürlichen Auslese im selben Lebensraum unter ähnlichen Lebensbedingungen. Stromlinienform und Heckantrieb sind das Ergebnis konvergenter, das heißt unabhängig voneinander verlaufender, aber zur gleichen Lösung führender Entwicklungen.

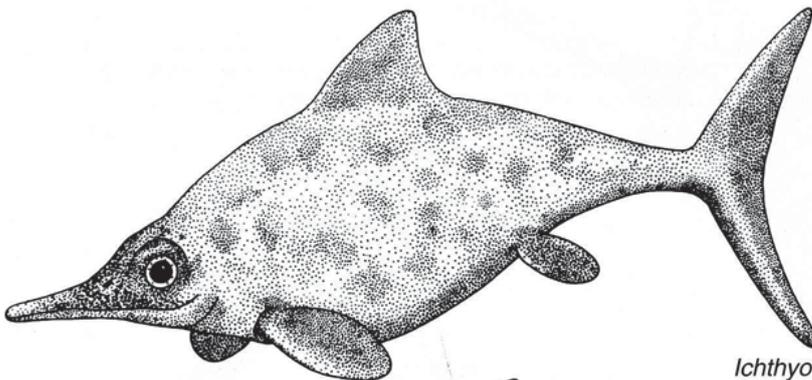
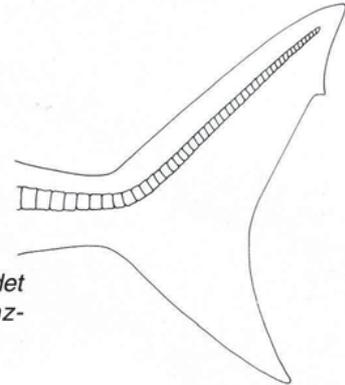
Ein Vergleich zeigt, dass die Schwanzflossen trotz oberflächlicher Ähnlichkeit völlig unterschiedlich gebaut sind.

Ausgestellt (und beschriftet) sind das Modell und Skelett eines Schweinswals (*Phocoena phocoena*), ein fossiler Fischsaurier (*Stenopterygius*) mit Hauterhaltung aus dem Schwarzjura von Holzmaden und das Präparat eines Blauhais (*Prionace glauca*). Drei (hier ebenfalls wiedergegebene) Grafiken zeigen den unterschiedlichen Verlauf der Wirbelsäule im Schwanzbereich.

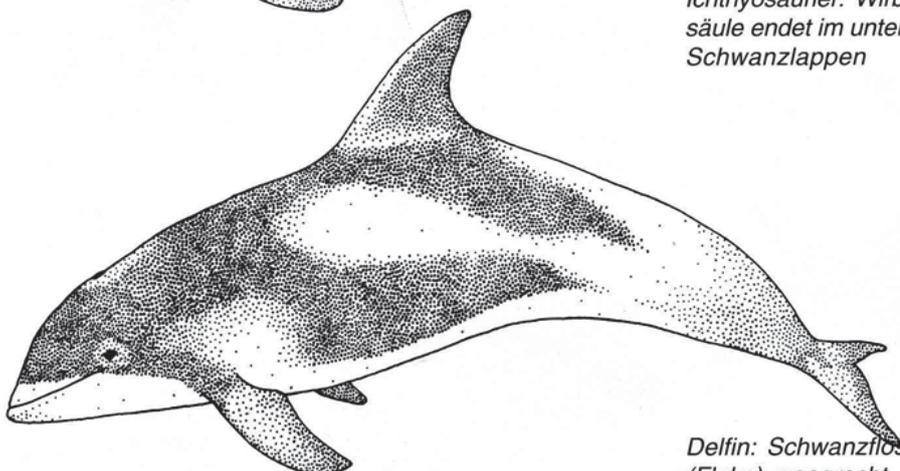
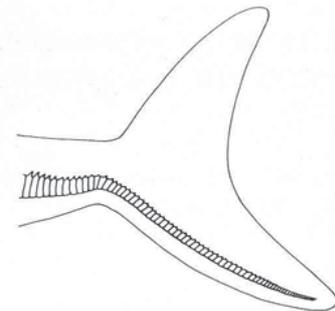
➤ Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Blick auf Hochseevögel: Der Prachtttaucher (203.18) hat ebenfalls einen spindelförmigen Körper mit Heckantrieb. Beim Pinguin (203.08) hat der Körper zwar auch Stromlinienform. Der Antrieb ist aber ein anderer: Pinguine "fliegen" unter Wasser, wie dies auch in einem kurzen Filmabschnitt in Vitrine 203.07 zu sehen ist. Ähnlich "fliegend" bewegen sich, im Gegensatz zu den Hundsrobben, übrigens auch die Ohrenrobben (301.28).



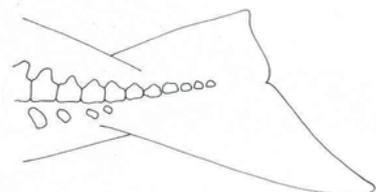
Hai: Wirbelsäule endet im oberen Schwanzlappen



Ichthyosaurier: Wirbelsäule endet im unteren Schwanzlappen

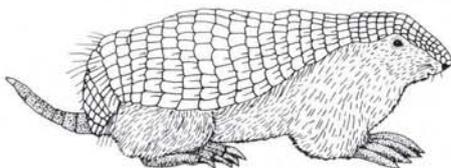
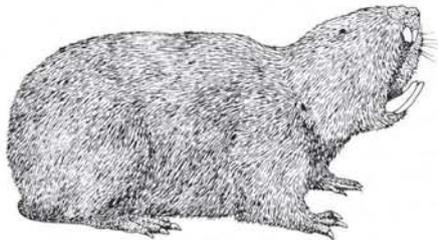
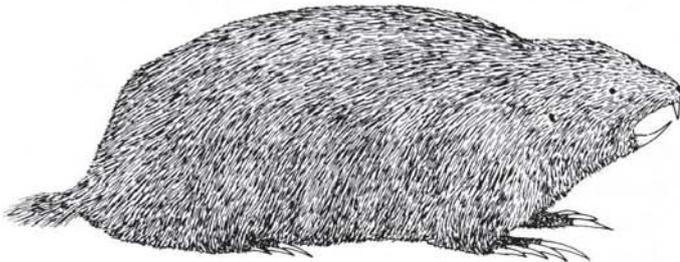
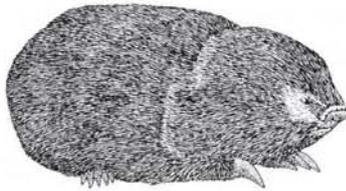
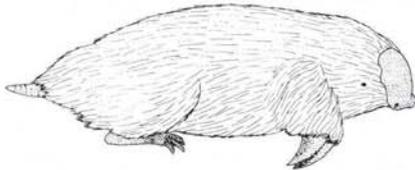


Delfin: Schwanzflosse (Fluke) waagrecht



Konvergenz bei grabenden Tieren 201.17

Geringe Körpergröße, eine walzenförmige Gestalt mit kurzen und kräftigen Vorderbeinen und kurzem Schwanz, ein dichtes und kurzhaariges Fell, rückgebildete Ohrmuscheln und winzige, bei manchen Arten sogar unter der Haut liegende und damit funktionslos gewordene Augen – diese Anpassungen zeigen alle unterirdisch lebenden Säugetiere. Sie sind das Ergebnis einer langen Evolution unter den Auslesebedingungen eines extremen Lebensraumes.



Wie bei den fischförmigen Meereswirbeltieren (201.16) beruht die große Ähnlichkeit der unterirdisch lebenden Säugetiere nicht auf enger Verwandtschaft, sondern auf Konvergenz: Ein einseitiger Selektionsdruck begünstigte die Entstehung ähnlicher Anpassungen. Nicht näher miteinander verwandte Arten erhielten so im Lauf der Zeit ein ähnliches Aussehen.

Beutelmull (*Notoryctes*), Beuteltier, Australien: Starke Grabklauen am 3. und 4. Finger und ein verhorntes Nasenschild. Beutel nach hinten geöffnet. Lebt im lockeren Wüstensand, in dem die Gänge hinter dem grabenden Tier sofort einstürzen ("Sandschwimmer").

Maulwurf (*Talpa*), Insektenfresser, Europa und Asien: Seitlich am Körper stehende Hände sind als Grabschaufeln gestaltet, die Handflächen durch einen zusätzlichen sichelförmigen Knochen vergrößert. Der empfindliche Rüssel dient nicht zum Graben.

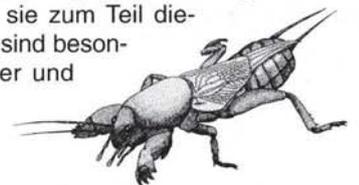
Goldmull (*Chrysochloris*), Insektenfresser, Afrika: Graborgane sind weniger die Hände selbst als die kräftigen Fingerkrallen. Die Schnauze mit Hornschild dient zum Wegschaffen der gelockerten Erde. Völlig blind.

Strandgräber (*Bathyergus*), Nagetier, Afrika: Einer der größten unterirdischen Wühler. Gräbt hauptsächlich mit seinen gewaltigen, weit nach vorne ausladenden Nagezähnen. Die Beine sind deshalb weniger stark entwickelt.

Blindmaus (*Spalax*), Nagetier, Europa, Asien, Nordafrika: Als Grabschaufel dient der keilförmige Kopf mit der verhornten Nase (Kopfgräber). Kräftige Nagezähne lockern das Erdreich. Beine nur schwach entwickelt. Völlig blind. An den Kopfseiten auffällige Reihe steifer Tastborsten.

Gürtelmull (*Chlamydomorphus*), Nebengelenktier, Südamerika: Starke Grabklauen und eine verhornte Schnauzenspitze. Gepanzertes Hinterteil als Schutz gegen Eindringlinge. Schwanz als Stützorgan ermöglicht gleichzeitiges Arbeiten mit beiden Hinterbeinen.

Maulwurfsgrille (*Gryllotalpa*), Insekt, Europa: Die Lebensweise der Maulwurfsgrille ähnelt der grabender Säugetiere. Dementsprechend zeigt sie zum Teil dieselben Anpassungen. Auffällig sind besonders der walzenförmige Körper und die kräftigen Grabbeine.

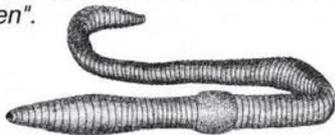


Wurmformige Tiere

2□1.18

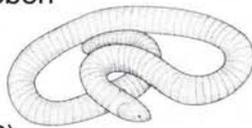
gibt es bei sehr vielen unterschiedlichen Gruppen. Auch hier ist, wie bei den Schwimmern (Vitrine 2□1.16) und bei den grabenden Tieren (2□1.17), äußere Ähnlichkeit kein Hinweis auf nähere Verwandtschaft.

Die hier angeführten Vitrinenummern verweisen auf die Verwandtschaft der "Würmer" im Ausstellungsteil "Bau und Leistungen der Lebewesen".



Die einheimischen Regenwürmer (*Lumbricus*) leben im Boden. Sie gehören zu den Glieder- oder Ringelwürmern. (2□2.18)

Blindwühlen (*Siphonops*) sehen zwar aus wie große Regenwürmer und leben ebenfalls im Boden, sind aber Amphibien, also Verwandte von Fröschen und Molchen. (2□2.53)



Der Spulwurm (*Ascaris*), ein parasitischer Schlauchwurm, bewohnt den Dünndarm von Menschen und Affen. (2□2.19)

Die Kieferlosen Fische sind die ursprünglichsten heute lebenden Wirbeltiere. Alle Arten sind wurmförmig wie das Bachneunauge (*Lampetra*) (2□2.35)



Schlangen sind die bekanntesten beinlosen Reptilien. Eine typische Schlange ist die Aspiviper (*Vipera*, links). Ungewöhnlicher sehen die grabend und wühlend unter der Erde lebenden Blindschlangen (*Typhlops*) und Schlank-Blindschlangen (*Leptotyphlops*) aus. (2□2.61)

Doppelschleichen oder Ringeleichen (*Blanus*, *Amphisbaena*) sind unterirdisch lebende, fast schuppenlose Reptilien, die sich in ihren engen Gängen vorwärts und rückwärts gleich schnell bewegen. Auf den Boden gesetzt, kriechen Doppelschleichen nicht schlängelnd, sondern geradeaus. (2□2.62-63)

Wurmmollusken (*Epiménia*) bewohnen den Meeresboden. Sie gehören zu den Weichtieren, ebenso wie die Schnecken, Muscheln und Tintenfische. (2□2.14-16)

**Konvergenz bei Pflanzen**

2□1.19

In trocken-heißen Gebieten mit zwar regelmäßigen, aber seltenen Niederschlägen wachsen viele Pflanzenarten mit dicken, als Wasserspeicher dienenden Stämmen. Ihre Blätter sind oft zu schützenden Dornen umgebildet. In verschiedenen Erdteilen haben ganz unterschiedliche Pflanzengruppen diese "ökologische Nische" besetzt. So gleichen Kakteen (Cactaceae) der Halbwüsten Amerikas manchen Wolfsmilchgewächsen (Euphorbiaceae) aus den afrikanischen Savannen, obwohl sie nicht miteinander verwandt sind.

Konvergenz bei Neuweltgeiern und Altweltgeiern

2□1.20

Die amerikanischen Neuweltgeier wurden lange für Greifvögel gehalten, obwohl sie keine typischen Greiffüße haben. Inzwischen ist nachgewiesen, dass Neuweltgeier zu den Schreitvögeln gehören und eng mit den Störchen verwandt sind. Ihre Ähnlichkeit mit den Altweltgeiern beruht auf gleichgerichteter Anpassung (Konvergenz), nicht auf Verwandtschaft.

Nicht nur Merkmale des Körperbaus belegen die enge Verwandtschaft der Neuweltgeier mit den Störchen.

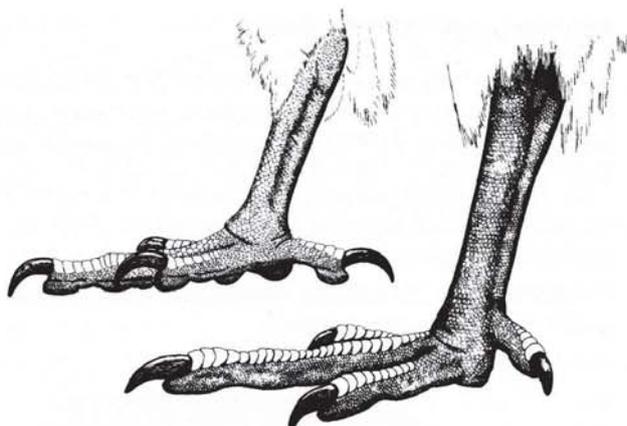
Große Übereinstimmungen zeigen auch das Verhalten, die Zusammensetzung der körpereigenen Eiweiße, die Anzahl und Form der das Erbgut tragenden Chromosomen und das genetische Material selbst, die Desoxyribonucleinsäure (DNS).

Die Vitrine enthält folgende Präparate: Zur Ordnung der Greifvögel gehören die beiden Altweltgeier Sperbergeier *Gyps rueppellii* (fliegend) und Fahlgeier *Gyps coprotheres* (stehend). Zur Ordnung der Schreitvögel gehören sowohl der zu den Neuweltgeiern zählende Königseier *Sarcophamphus papa* als auch der Sattelstorch *Ephippiorhynchus senegalensis*.

➤ Europäische Geier am Aas (Bartgeier, Mönchsgeier, Gänsegeier, Schmutzgeier) zeigen wir im Diorama 3□5.07.

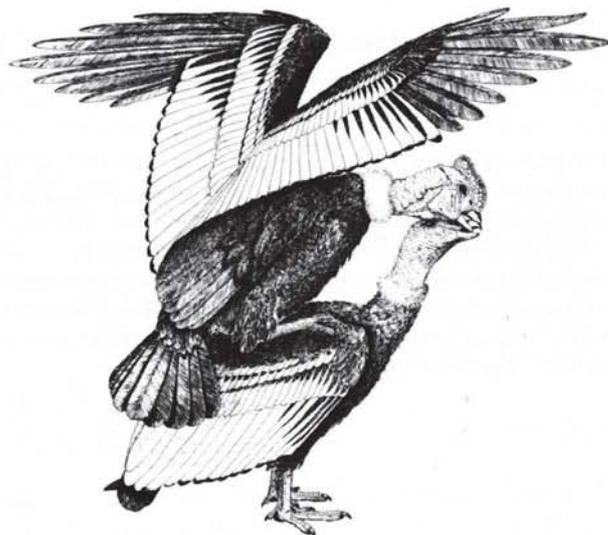
Den Palmgeier, der sich (ganz ungewöhnlich für einen Greifvogel) überwiegend vegetarisch von Früchten der Ölpalme ernährt, finden Sie im tropischen Regenwald Afrikas (3□7).

Andenkondore, die zu den Neuweltgeiern zählenden größten flugfähigen Vögel der Erde, sind im Anden-Diorama im Tropensaal (3□7) ausgestellt.



Oben: Greiffuß eines Greifvogels (hier: Gänsegeier) mit kräftiger Hinterzehe.

Unten: Neuweltgeier (hier: Andenkondor) haben eine schwach entwickelte und relativ hoch ansetzende Hinterzehe. Sie ist nicht zum Greifen geeignet.



Bei der Begattung schnäbeln Kondore wie Storchartige – eine Verhaltenshomologie.

➤ Weitere Beispiele für Konvergenzen finden Sie an zahlreichen Stellen. Einige Hinweise – ohne Vollständigkeit anzustreben:

Zahlreiche Beuteltiere ähneln placentalen Säugetieren bis in Einzelheiten. Unter den Beuteltieren finden sich, konvergent zu ihren Gegenstücken unter den Echtsäugetern entstanden und mit ihnen nicht näher verwandt, zahlreiche scheinbar vertraute Typen wie "Mäuse", "Ratten", "Marder", "Kleinbären", "Hundeartige Raubtiere", "Maulwürfe" oder "Gleithörnchen". Auch die Schädel zeigen erstaunliche Übereinstimmungen bei Arten, die ähnliche ökologische Nischen besetzen. Vergleichend sind in Vitrine 2□4.10 folgende Schädel ausgestellt: Nasenbeutel/Igel, Beutelteufel/Waschbär, Wombat/Biber, Beutelwolf/Wolf, Känguru/Schaf.

Weitere Präparate in den Beuteltier-Vitrinen sind (2□4.09-12): Flinkes Känguru, Skelett eines Hasenkängurus, Beuteljunges eines Riesenkängurus, Vieraugen-Beutelratte mit Beuteljunges. – Amerikanische Beuteltiere: Nordopossum, Opossummaus, Schwimmbeutel. – Australische Beuteltiere: Honigbeutel, Fuchskusu, Tüpfelkusu, Südlicher Haarnasen-Wombat, Gleithörnchen-Beutler, Koala mit Jungtier, Beutelteufel, Ameisenbeutel, Langnasenbeutel und Schmalfuß-Beutelmaus.

Einzelne Beuteltiere sind in anderem Zusammenhang ausgestellt: Quokka-Känguru (2□4.25), Beutelwolf (2□9), Flugbeutel (2□1.15) und Beutelmull (2□1.17). Im Tropenraum (3□7) sind im Amazonien-Diorama die Graue Zwergbeutelratte, im Regenwald Neuguineas Baumkänguru und Kurzkopf-Gleitbeutel zu entdecken.

Ein "Nagetiergebiss" hat das Fingertier (2□5.01), ein Primat, der ursprünglich aufgrund dieses Merkmals tatsächlich als Nager beschrieben wurde. Fingertiere öffnen mit Hilfe ihrer Zähne Bohrgänge von Insektenlarven.

Wale und Seekühe (Raum 3□1) zeigen viele Übereinstimmungen, die nicht auf Verwandtschaft, sondern

auf Konvergenz zurückgeführt werden: weitgehende Haarlosigkeit, Körperform, waagrechte Schwanzflosse, zu Flossen umgebildete Arme, reduzierte Hinterextremitäten...

Die südhemisphärischen Pinguine (2□3.08, 2□3.19) haben auf Konvergenz zurückgehende Ähnlichkeiten mit anderen Hochsee-Wirbeltieren wie den Walen (siehe 2□1.16, S. 18). Frappierend sind auch die Übereinstimmungen mit den Alken der Nordhalbkugel, insbesondere mit dem flugunfähigen Riesenalken (2□9).

Die südamerikanischen Tukane und die afrikanischen Hornvögel (2□3.10) gleichen sich stark. Beide haben Schnäbel, die als Fruchtpresse arbeiten. Verschiedene Tukan- und Hornvogelarten im Lebensraum sind im tropischen Regenwald (3□7) ausgestellt, weitere Hornvögel auch in den Savannen Afrikas (Rotschnabel-Toko und Hornrabe 3□8.08, Von-der-Decken-Toko 3□6.07). Savannenbewohnende Hornvögel ernähren sich allerdings überwiegend von Insekten und anderen Kleintieren.

Die amerikanischen Kolibris und die Nektarvögel der Alten Welt nutzen dieselbe Nahrungsquelle und sehen sich sehr ähnlich (2□3.10 und Tropenraum 3□7). Springmaus, Rennmaus, Taschenspringer, Kängurumaus und Elefantenspitzmaus in Vitrine 3□6.01/02 sind Beispiele für eine weltweit in Trockengebieten entwickelte Anpassungsform.

Die "Langbeine", Läufer und Hüpfier in Vitrine 3□6.16 bewohnen offene Lebensräume der Steppen und Savannen. Viele Übereinstimmungen gehen auf Konvergenzen zurück. Bei den Laufvögeln (Strauß, Nandu, Emu) ist bis heute umstritten, welche ihrer Merkmale auf enger Verwandtschaft und welche auf Konvergenz beruhen.

Hundskopfboa (3□7, Südamerika) und Grüner Baumpython (3□7, Neuguinea), zwei Schlangen aus ganz unterschiedlichen Verwandtschaftsgruppen, gleichen sich in Aussehen und Lebensweise stark.

Evolution der Rüsseltiere

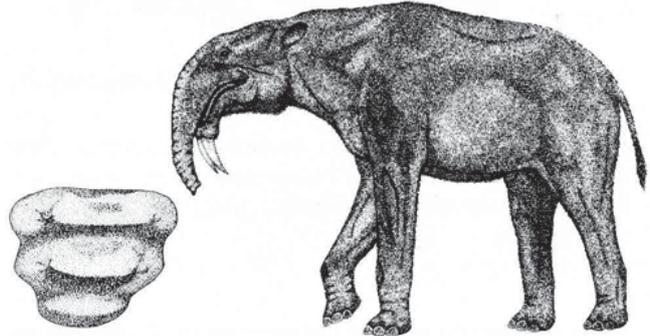
201.21 bis 201.26

Diese Ausstellungseinheit umfasst Dermoplastiken der beiden rezenten Elefantenarten, den Abguss eines Mammutbabys und das Skelett eines Waldelefanten. Die Stammesgeschichte betreffende Informationen sind vor allem bei zwei Ausstellungstafeln mit betastbaren Backenzahn-Abgüssen und in einer Großvitrine mit Schädeln verschiedener Rüsseltiere zu finden. In dieser Begleitbroschüre werden die Informationen kombiniert.

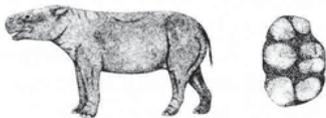
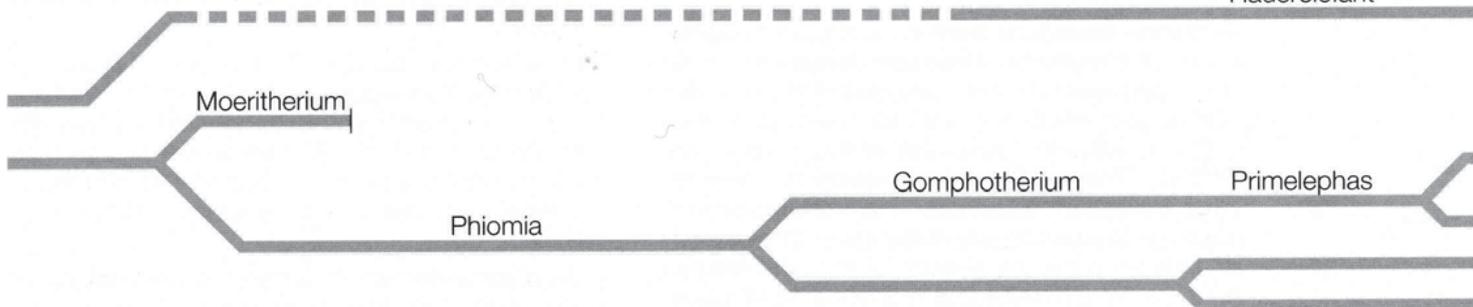
Der Stammbaum der Rüsseltiere lässt sich etwa 40 Millionen Jahre zurückverfolgen. Der gabelförmig verzweigte Stammbaum am Boden der Vitrine zeigt, sehr stark vereinfacht, die verwandtschaftlichen Beziehungen der ausgestellten Rüsseltierformen. Zahlreiche Entwicklungslinien der vielfältigen Rüsseltier-Verwandtschaft sind weggelassen.

Hauerelefanten (Deinotherioidea) hatten nur im Unterkiefer Stoßzähne. Die Entwicklungslinie der Hauerelefanten hat sich schon früh von der der übrigen Rüsseltiere getrennt. Die ältesten bekannten Deinotherien sind etwa 20 Millionen Jahre alt. Die letzten Hauerelefanten starben in Afrika vor etwa einer Million Jahren aus, lebten dort also noch zusammen mit vorzeitlichen Menschen. Hauerelefanten (*Deinotherium*) hatten relativ kleine Backenzähne mit zwei oder drei Querjochen.

Deinotherium cf. bavaricum, Unterkiefer, Unter-Miozän, Langenau, Baden-Württemberg

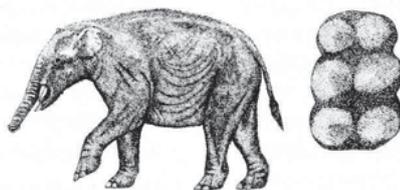


Hauerelefant



Moeritherium, das älteste bekannte Rüsseltier, lebte im Eozän und frühen Oligozän (vor 40-35 Millionen Jahren). Bei einem geschätzten Gewicht von 225 kg und einer Rückenlänge von 80 cm hatte es die Größe, die Proportionen und vielleicht auch die amphibische Lebensweise eines Zwergflussspferdes. Ein Rüssel fehlte. Die zweiten Schneidezähne waren etwas verlängert. Eine Zahnlucke trennte sie von den sechs Backenzähnen. *Moeritherium* hatte kleine Backenzähne mit höckeriger Oberfläche.

Moeritherium lyonsi, Ober-Eozän, Fayum (Ägypten)



Phiomia gehört mit einem Alter von etwa 35 Millionen Jahren zu den erdgeschichtlich ältesten Elefantenartigen (Elephantoidea). *Phiomia* war ein etwa tapirgroßes Rüsseltier mit einem langen Schädel und kurzen Stoßzähnen im Ober- und Unterkiefer. Bei *Phiomia* sind die Höcker der Backenzähne paarweise angeordnet.

Phiomia serridens, Unter-Oligozän, nördlich Dimê, Fayum (Ägypten)

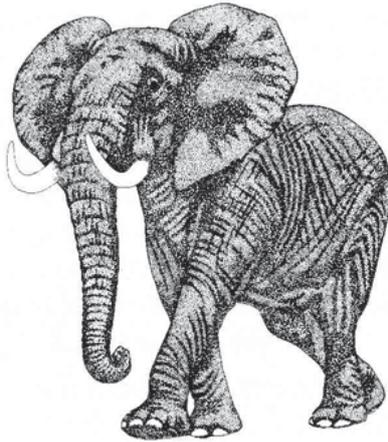


Gomphotherium hatte (wie *Phiomia*) vier Stoßzähne, erreichte aber fast die Größe eines Indischen Elefanten. Zwar findet bei dieser Art (Alter etwa 15 Millionen Jahre) noch ein normaler Zahnwechsel statt, die Anlage der Backenzähne weit hinten im Schädel deutet aber bereits den horizontalen Zahnwechsel späterer Elefantenformen an (siehe 201.22). Ausgestellt ist der Schädel eines jüngeren Tieres von der Gaumenseite her. Die großen Backenzähne von *Gomphotherium* tragen paarweise miteinander verbundene Höcker.

Gomphotherium angustidens, Mittel-Miozän, Südfrankreich

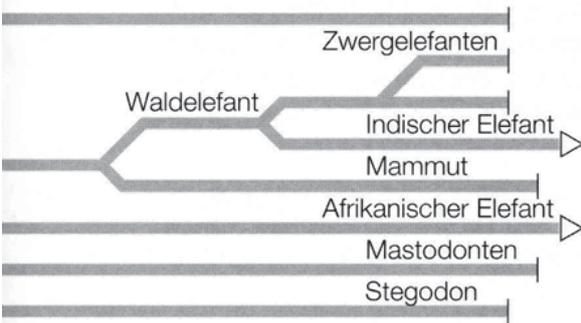
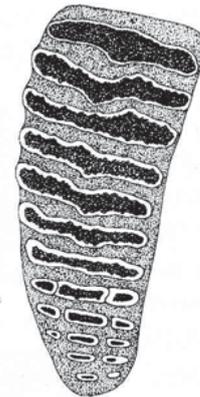
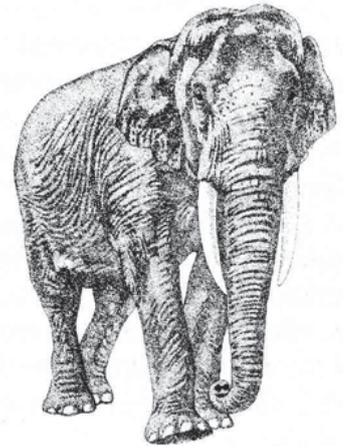
Die großen, hochkronigen Backenzähne des heutigen **Afrikanischen Elefanten** (*Loxodonta africana*) tragen rautenförmig angeordnete Grate aus hartem Zahnschmelz. Ein fressender Elefant bewegt den Unterkiefer vor und zurück und zerreibt dabei die Nahrungspflanzen mit den harten Graten.

Afrikanischer Elefant (*Loxodonta africana*), Schädel des als Dermoplastik ausgestellten Bullen, Tansania

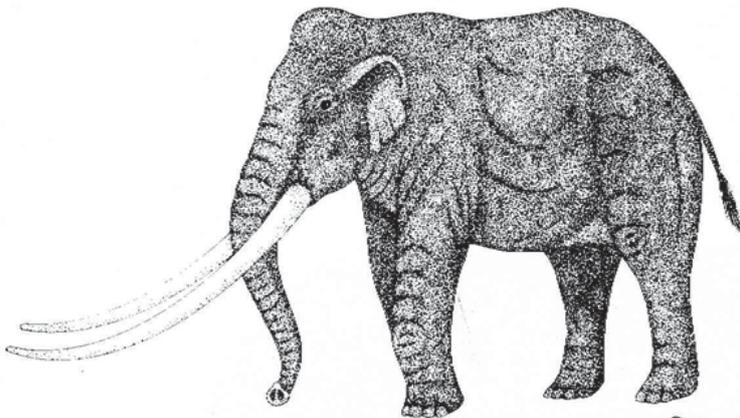
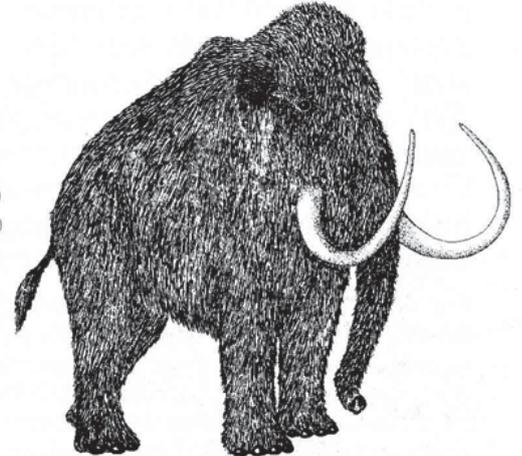
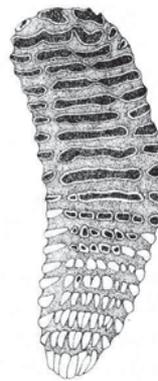


Von der ehemals reichen Vielfalt der Elefanten haben lediglich zwei Arten überlebt, die nur weitläufig miteinander verwandt sind: der Afrikanische Elefant (*Loxodonta africana*) und der Indische Elefant (*Elephas maximus*).

Beim **Indischen Elefanten** (*Elephas maximus*) verlaufen die Grate der Backenzähne, anders als beim Afrikanischen Elefanten, annähernd parallel.

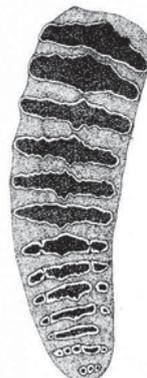


Das **Mammut** (*Elephas primigenius*) hatte Backenzähne mit sehr vielen, eng stehenden Schmelzrippen. Damit konnte es auch die harte Kost der winterlichen Tundra (Gräser, Zwergsträucher und Rinde) sehr gut zerkleinern.

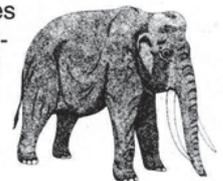


Die Backenzähne des **Waldelefanten** (*Elephas antiquus*) ähneln denen des Afrikanischen Elefanten. Ein Skelett dieser ausgestorbenen großen Elefantenart des Eiszeitalters steht direkt vor Ihnen.

Weitere Informationen: S. 26.



Auf Inseln des Mittelmeers lebten im Eiszeitalter drei kleine Elefantenarten mit Schulterhöhen zwischen 1,9 m (*Elephas mnaidriensis*) und nur 90 cm. Es sind Abkömmlinge des Waldelefanten (*Elephas antiquus*), der zu den mächtigsten Elefanten des Pleistozäns gehörte. Auf Inseln mit ihrem knappen Nahrungsangebot sind kleine Formen den größeren oft überlegen. Das dürfte ein Grund für die "Verzweigung" der Elefanten sein.



Zwergelfant *Elephas mnaidriensis*, Pleistozän, Sizilien

Backenzähne und Lebensbilder 201.22-23

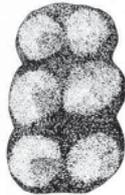
Im Lauf der Stammesgeschichte hat sich das Aussehen der Rüsseltiere stark verändert. Aus relativ kleinen Tieren entstanden Riesenformen (siehe Vitrine 201.24). Aus Oberlippe und Nase entwickelte sich der Rüssel. Die Schneidezähne beider Kiefer oder nur des Ober- oder Unterkiefers wurden zu Stoßzähnen umgebildet.

Auch die Backenzähne haben sich erheblich verändert. Frühe Formen hatten ein Quetschgebiss, mit dem sie weiche Pflanzen zerkleinerten. Ihre Backenzähne waren klein und alle gleichzeitig in Funktion. Später kam es zur Vergrößerung der Backenzähne und zu einer Veränderung ihrer Oberfläche. Es entstanden Mahlgebisse, mit denen auch härtere Pflanzenteile wie Äste oder Gräser gefressen werden konnten.

"Moderne" Elefanten (zum Beispiel *Loxodonta*, *Elephas*) haben einen sehr eigenartigen Zahnwechsel: Ihre Backenzähne (sechs in jeder Kieferhälfte) erscheinen nicht gleichzeitig, sondern nacheinander. Der jeweils funktionsfähige Zahn wird durch Kauen abgenutzt. Am Vorderrand lösen sich scheinbar Lamellen ab, wodurch der Zahn immer kleiner wird. Allmählich wird er vom folgenden Backenzahn, der von hinten nachrückt, ersetzt.

Für alle auf den beiden vorhergehenden Seiten beschriebenen Rüsseltierformen ist ein betastbarer Backenzahnabguss, kombiniert mit einer Rekonstruktionszeichnung des Tieres, ausgestellt. Alle Arten sind entweder als Dermoplastik, Abguss, Skelett oder Schädel mit weiteren Objekten vertreten, sodass die Backenzähne zu anderen Präparaten in Bezug gesetzt werden können.

➤ Der horizontale Zahnwechsel der Elefanten ist mit vielen weiteren Einzelheiten im Museum am Löwentor dargestellt.

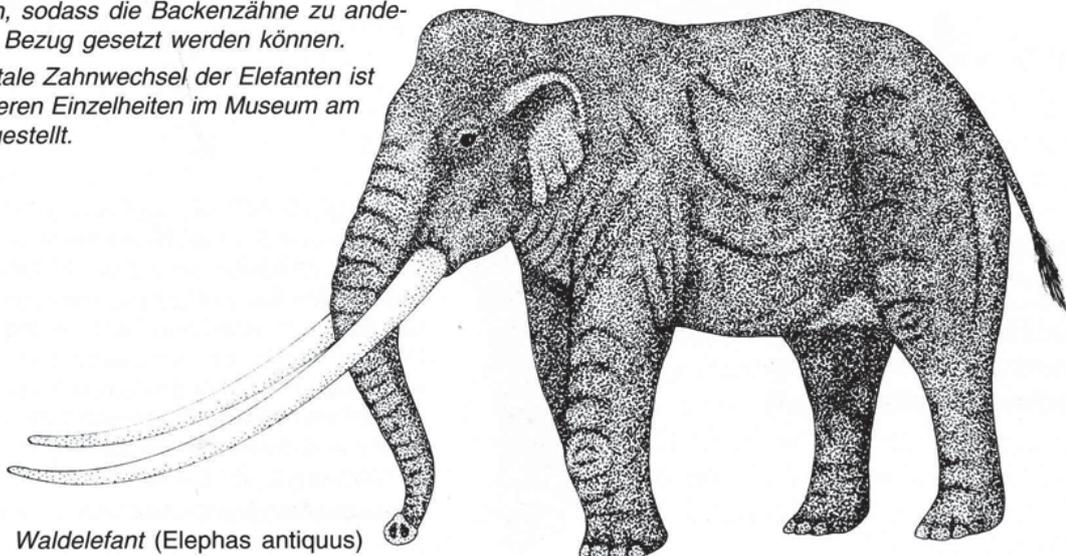
**Waldelefant (*Elephas antiquus*)** 201.21

Im Eiszeitalter (Pleistozän) wechselten kalte Perioden, die eigentlichen Eiszeiten, mit wärmeren Zeitabschnitten. Das Klima dieser Warmzeiten war zum Teil sogar wärmer als das heutige.

Ein typisches Tier der Warmzeiten war der Waldelefant, ein hochbeiniger, bis vier Meter hoher Elefant mit langen, wenig gebogenen Stoßzähnen. Schon vor etwa 500.000 Jahren lebte er, gemeinsam mit Säbelzahn tiger, Höhlenlöwe, Reh und Edelhirsch, Waldbison, Flusspferd und Frühmenschen (*Homo erectus* bzw. Heidelberger Mensch *Homo heidelbergensis*; siehe Vitrine 205.16) in Süddeutschland. Auch in späteren Warmzeiten gab es Waldelefanten bei uns. Erst zu Beginn der letzten Eiszeit (Würm) vor knapp 100.000 Jahren starben sie endgültig aus.

Das ausgestellte Waldelefanten-Skelett stammt aus Kiesen des Oberrheingraben (Brühl, Landkreis Heidelberg). Beim Kiesabbau wurde es im Sommer 1972 mit einem Schwimmbagger aus etwa 15 m Wassertiefe geborgen. Der Elefant lebte wohl vor gut 100.000 Jahren in der letzten Warmzeit des Eiszeitalters. Er hatte eine Schulterhöhe von 3,5 m.

Ein ergänzendes Lebensbild stellt eine kleine Waldelefanten-Herde und eine Gruppe von Frühmenschen in einer Warmzeit an den Cannstatter Sauerwasser-Quellen dar.



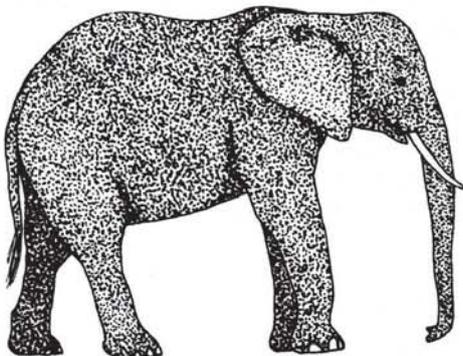
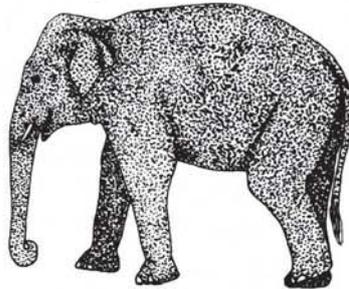
Waldelefant (*Elephas antiquus*)

Mammut und Indischer Elefant 2□1.26

Vor etwa 12.000 Jahren starb das Mammut (*Elephas primigenius*) aus, das während der letzten Eiszeit in den Tundragebieten Europas, Sibiriens und Nordamerikas gelebt hatte. Ein dichtes Fell, eine dicke Fettschicht und ein gedrungenere Körperbau schützten vor Kälte. Die Schulterhöhe dieser Eiszeit-Elefanten betrug etwa 2,8 m. Das wenige Monate alte, "gefriergetrocknete" Jungtier (Abguss) wurde 1977 im sibirischen Dauerfrostboden gefunden. Es starb vermutlich vor etwa 40.000 Jahren.

Erwachsen sind Indische Elefanten (*Elephas maximus*) mit einer Schulterhöhe von 2,4-2,9 m nicht ganz so groß wie die afrikanische Art (2□1.25). Ihre Ohren sind kleiner und ihre Rüsselspitze hat nur einen "Greiffinger". Ausgestellt ist ein 15 Monate altes Jungtier.

Indischer
(rechts) und
Afrikanischer
Elefant (unten)



Afrikanischer Elefant 2□1.25

Der Afrikanische Elefant (*Loxodonta africana*), mit bis zu 7,5 Tonnen Gewicht das schwerste Landtier, ist die größere der beiden heute noch lebenden Rüsseltierarten. Er wird 2,2 bis 3,7 m hoch, hat riesige Ohren und eine Rüsselspitze, die einen oberen und einen unteren "Greiffinger" aufweist.

Die Dermoplastik des im Jahr 1960 in Tansania erlegten, fast drei Meter hohen Elefantenbullen entstand in den Jahren 1962-1964. Ein kunstvoll hergestellter Körper, in den Ausmaßen dem Vorbild genau entsprechend, trägt die echte Elefantenhaut.

Rudimentäre Organe

2□1.16

Verborgene Erinnerungen an die Abstammung

Während die Vorfahren der Knorpelfische im Wasser lebten, stammen sowohl Fische als auch Wale von landlebenden Vierfüßern ab. Beim Saurier sind die vier zu Flossen umgebildeten Beine deutlich zu sehen. Bei Walen sind dagegen äußerlich nur die Arme erkennbar. Die hinteren Gliedmaßen sind zurückgebildet. Vom Beckenknochen ist nur noch ein rudimentärer Rest vorhanden.

➤ Rudimente lassen sich bei zahlreichen weiteren Präparaten entdecken:

Bei sämtlichen Walskeletten in Saal 3□1 kann man die rudimentären Beckenknochen erkennen: Seiwal 3□1.01, Zwerggrindwal 3□1.10, Weißseitendelphin 3□1.21. Der Prozess der Reduktion der Gliedmaßen und des Beckengürtels lässt sich am Lebensbild von Protocetus (3□1.16), der noch äußerlich erkennbare Hinterbeine hatte, zeigen. Auch beim Vergleich rezenter Wale fallen Unterschiede auf (3□1.07): Am ausgestellten Finnwal-Becken ist noch ein rudimentärer Oberschenkel zu sehen, der beim Seiwal fehlt. Beim Pottwal ist das Becken spangenförmig, also noch weiter reduziert.

Seekühe haben ebenfalls reduzierte Hintergliedmaßen. Während bei dem im Museum am Löwentor ausgestelltten Skelett des fossilen Dugongs Halitherium Becken und darin eingelenkter Oberschenkel noch deutlich sind, hat der rezente Dugong (3□1.03) nur noch kleine spangenförmige Beckenrudimente.

Die heutigen Elefantenarten (2□1.25, 2□1.26) haben beide ein stark reduziertes Haarkleid. Bei Seekühen (3□1.03) ist nur noch eine äußerst spärliche Behaarung, vor allem in der Mundregion, zu erkennen. Der Seiwal (3□1.01) verfügt noch über wenige Tastborsten am Kinn und auf dem Oberkiefer. Delfine sind völlig haarlos (3□1.21-22).

Beispiele aus dem Bereich der Vogelwelt sind Dronte (2□9) und Kiwi (Skelett 2□3.06, Präparat 2□3.20), zu Fuß laufende Inselbewohner, bei denen die Flügel reduziert sind. Unter den Alkenvögeln haben Trottellummen zwar kleine, aber noch funktionsfähige Flügel (2□3.16, 2□3.11), während sie beim Riesenalke (2□9) nicht mehr zum Fliegen taugen.

Bei den Echsen (2□2.63) werfen das Präparat der Erzschleiche mit ihren rückgebildeten, aber noch erkennbaren Extremitäten und das der Blindschleiche, bei der ein rudimentärer Beckengürtel nur noch im ebenfalls ausgestellten Röntgenbild gesehen werden kann, Licht auf die Entstehung von Rudimenten.

Ein vergleichbares Beispiel unter den Amphibien: Der Dreizehen-Aalmolch (2□2.53) mit seinen reduzierten Gliedmaßen.

Mimese und Mimikry

201.27 bis 201.29

Jäger im Tarnkleid

201.27

Streifen im Fell lösen die Gestalt eines Tieres auf: So ist auch der Umriss eines Tigers (*Panthera tigris*) auf größere Entfernung nicht mehr gut zu erkennen. Dieses Tarnkleid erleichtert der Großkatze das unauffällige Anschleichen an ihre Beute.

➤ Natürlich nutzen nicht nur Jäger, sondern auch potenzielle Beutetiere die gestaltsauflösende Wirkung von Streifen und Flecken. Frischlinge sind in Vitrine 204.05 ausgestellt, ein Rehkitz in 207.02. Zahlreiche weitere Beispiele finden Sie im Tropenraum 307 (Okapi, Bongo, Zibetkatze, Rüsselhündchen, Jaguar...).

Mimese –

201.28

Tarnung durch Farbe und Form

Durch natürliche Auslese (Selektion) sind erstaunliche Anpassungen entstanden.

Viele Tiere haben als Schutz vor Fressfeinden eine Tarnfärbung.

Häufig kommen dem Untergrund angepasste Farben vor. Nicht nur die Farbe, auch die Form

kann ein Tier "unsichtbar" machen. Die Tarnung durch

Nachahmung von Gegenständen der Umgebung nennt man **Mimese**.

Sie ist vor allem bei Insekten weit verbreitet. Tarnfarben und -formen

werden durch Verhaltensweisen ergänzt. So verharren als dürre Zweigstücke getarnte Tiere nach einer leichten Erschütterung ihres Sitzastes oft lange Zeit vollkommen regungslos.

Ausgestellt sind eine an einem Ästchen sitzende Spannerraupe, der Blattschmetterling *Kallima inachis* mit offenen und geschlossenen Flügeln, ein Rüsselkäfer zwischen Flechten und ein Ziegenmelker.

➤ Ein weiterer Ziegenmelker sitzt in natürlicher Umgebung im Ausstellungsbereich "Heimische Lebensräume" (207.06). In derselben Vitrine befindet sich auch eine Waldschnepfe. Zahlreiche weitere Arten sind gerade in diesem Ausstellungsteil (206, 207) versteckt. Aber auch in den anderen Räumen kann man fündig werden (viele Insekten in 202.28-29, See-teufel in 202.46). Spektakuläre Beispiele lassen sich in den Räumen 305 (Lebensräume rund um's Mittelmeer), 306 und 308 (Trockengebiete) und 307 (Tropenwald) entdecken. Oft sind die Tiere ihrer Umge-



bung so gut angepasst, dass sie selbst im Museum erst auf den zweiten Blick zu sehen sind.

Zur aktiven Farbanpassung sind unter anderen Dreihorn-Chamäleon (202.63) und Gemeiner Tintenfisch *Sepia* (202.16; mit Film, in dem dieses zu sehen ist) in der Lage.

Mimikry –

201.28-29

Nachahmung und Täuschung in der Natur

Viele Arten "erschleichen" sich Vorteile, indem sie Signale anderer Arten nachahmen. Die Signalempfänger werden dabei getäuscht – zum Nutzen des "Fälschers". Aus der Vielfalt der Erscheinungsformen dieses **Mimikry** genannten Phänomens vier Beispiele:

1. Dass die Schmetterlingsart *Danaus erippus* ungenießbar ist, lernen Feinde schon nach wenigen Versuchen. Sie meiden die Art fortan. Die ungiftige Art *Limenites archippus* ahmt die Flügelzeichnung von *Danaus* nach und wird von Fressfeinden verschont, ohne selbst durch ein Gift geschützt zu sein. Auch in der heimischen Fauna gibt es zahlreiche Beispiele für diese Art von Mimikry.

Drei weitere Beispiele für diese 'Batessche Mimikry' ergänzen die Ausstellung:

Vorbild: Hummel *Bombus lapidarius* – Nachahmer: Schwebfliege *Volucella bombylans* (Europa).

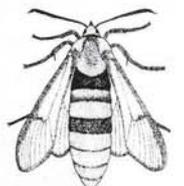
Vorbild: Hornisse *Vespa crabro* – Nachahmer: Schwebfliege *Milesia crabroniformis*, Schwebfliege *Volucella zonaria*, Bockkäfer *Plagionotus detritus*, Schmetterling *Sesia apiformis* (Europa). Dieses Beispiel zeigen die Abbildungen rechts am Rand.

Vorbild: Faltenwespe – Nachahmer: Käfer, Schmetterling (Südamerika).

2. Sämtliche dieser nicht näher verwandten, aber äußerst ähnlich gefärbten Schmetterlinge sind ungenießbar. Der Vorteil: Macht ein Fressfeind schlechte Erfahrungen mit irgendeinem Falter dieser Gruppe, profitieren alle Arten davon. Diese Form von Mimikry nutzt also allen Beteiligten.

Diese 'Müllersche Mimikry' demonstrieren wir an den vier südamerikanischen Schmetterlingsarten *Mechanitis lysimnia*, *Lycorea halia*, *Heliconius marcea*, *Melinaea imitata*.

Eine Mischung dieser beiden Mimikry-Formen gibt es bei südamerikanischen Fröschen: Die beiden giftigen Froscharten



Epipedobates pictus und *Epipedobates femoralis* bilden einen Mimikry-Kreis. Als Nachahmer hat sich die ungiftige Art *Lithodytes lineatus* "eingeschlichen".

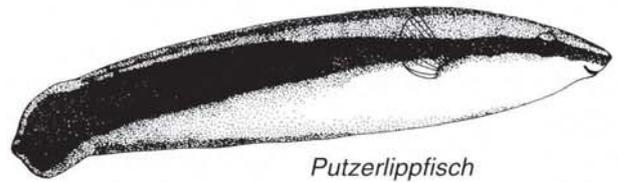
3. Als Korallenschlangen werden etwa 75 amerikanische Schlangenarten mit äußerst ähnlicher Färbung bezeichnet. Die auffällige "Koralentracht" kommt in verschiedenen Verwandtschaftsgruppen vor. Unter den Korallenschlangen gibt es ungiftige, schwach giftige und extrem giftige Arten. Wer hier Vorbild, wer Nachahmer ist, war lange Zeit umstritten. Heute nimmt man an, dass die schwach giftigen Formen die Vorbilder in diesem Mimikry-Kreis sind. Deren Warntracht wird von den ungiftigen Arten nachgeahmt. Aber auch die hochgiftigen Schlangen werden von Angreifern gemieden, die durch Kontakte mit den schwach giftigen Vorbildern gelernt haben, dass Korallenschlangen unangenehm sein können. Aus einem ganz einfachen Grund können die extrem giftigen Formen nicht selbst Vorbild sein: ein gebissener Angreifer stirbt, kann also aus der Begegnung nichts lernen.

Zu Ehren des Zoologen, der diesen schwierigen Fall gelöst hat, als 'Mertenssche Mimikry' bezeichnet. Ausgestellt ist der ungiftige Nachahmer *Oxyrhopus trigeminus* und die hoch giftige, ebenfalls nachahmende Art *Micrurus corallinus*. Im südamerikanischen Regenwald (3□7) lebt die giftige Echte Korallenschlange (*Micrurus surinamensis*).

4. Mimikry hat nicht immer nur Schutzfunktion: Putzerfische besetzen in Korallenriffen feste Reviere, die von "Putzkunden" aufgesucht werden. Wenn der charakteristisch gezeichnete Putzerfisch sich mit seinem auffällig wippenden Schwimmen einem wartenden Putzkunden nähert, fällt dieser in eine Art Trance. Der Putzer entfernt nun Parasiten und säubert Verletzungen – ein Unternehmen, von dem beide Partner profitieren. Der Säbelzahnschleimfisch ahmt Form, Färbung und Schwimmbewegungen des Putzerfisches nach, nähert sich so den Putzkunden und beißt ihnen Flossenstücke heraus, um diese zu fressen – ein Fall von aggressiver Mimikry.

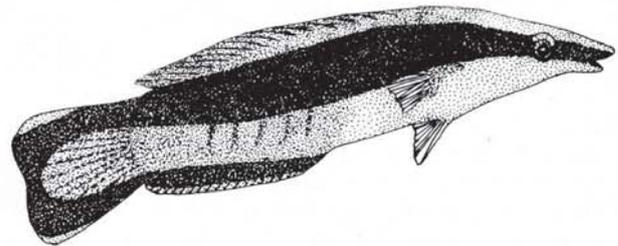
Der Putzerfisch *Labroides dimidiatus* und der Säbelzahnschleimfisch *Aspidontus taeniatus* sind als Modelle ausgestellt. Ein ergänzendes Foto zeigt einen Putzerfisch bei der Arbeit.

➤ Eine Putzerstation ist in Vitrine 2□2.47 aufgebaut und erläutert.



Putzerlippfisch

Säbelzahnschleimfisch



Alle Arten von Mimikry funktionieren nur, wenn die Vorbilder viel häufiger sind als ihre Nachahmer. Nur dann ist gewährleistet, dass die meisten Angriffe mit unangenehmen Erinnerungen verbunden sind. Treten zu viele "Betrüger" auf, lässt die Wirksamkeit der Warnfarben natürlich nach.

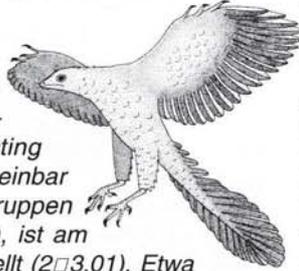
➤ Einige Mimikry betreibende Insekten sind auch in den Heimischen Lebensräumen (2□6, 2□7) versteckt, so zum Beispiel eine hummelähnliche Schwebfliege in 2□6.10, eine bienenähnliche in 2□6.05.

Beim einheimischen Kuckuck (2□3.13) sind die Eier sowohl in ihrer für einen solchen Vogel außerordentlich geringen Größe als auch in ihrer Färbung denen der Wirtsvögel angepasst. Einzelne Kuckuckseier sind in Rotkehlchen-, Teichrohrsänger- und Gartenrotschwanzgelegen ausgestellt. (Zum Vergleich zeigen wir auch den etwa gleich großen Häherkuckuck, der bei Elstern parasitiert und wesentlich größere Eier legt.) Der junge Kuckuck, der ohne Konkurrenten aufwächst, gleicht den Jungen seiner Wirte nicht. Sein riesiger, leuchtend oranger Sperr-Rachen stimuliert seine Wirtseltern (in der Ausstellung Teichrohrsänger) zur Fütterung. – Ganz anders bei den Witwen: Junge Witwen wachsen in den Nestern von Prachtfinken auf. Erst der Anblick der artspezifischen, sehr komplizierten Rachenzeichnung der sperrenden Jungvögel löst die Fütterung aus. Junge Witwen haben eine täuschend ähnliche Rachenzeichnung. Die Ausstellung zeigt Präparate der Strohwitwe und des von ihr parasitierten Veilchenastrilden, sowie die Zeichnungen im Sperr-Rachen der Jungen beider Arten.

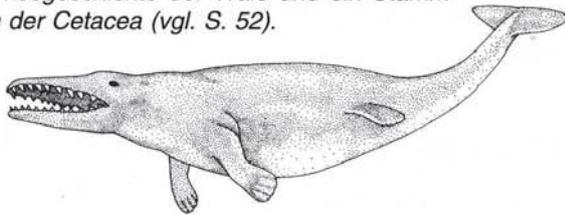
Nicht zu vergessen...

...sind einige Präparate, die in anderem Zusammenhang in der Schausammlung stehen und deshalb weder im Text der Evolutionsausstellung erwähnt sind noch in den ergänzenden Hinweisen auftauchen:

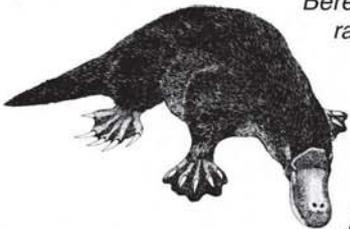
Der 140 Millionen Jahre alte **Urvogel Archaeopteryx lithographica**, als "befiedertes Reptil" eines der bekanntesten 'connecting links' zwischen zwei heute scheinbar ganz verschiedenartigen Tiergruppen (den Reptilien und den Vögeln), ist am Anfang des Vogelsaals ausgestellt (2□3.01). Etwa 125 Millionen Jahre alt ist eine in Bernstein eingeschlossene Feder, die denselben Feinbau wie heutige Vogelfedern hat (Foto in 2□3.01).



Ein connecting link weniger grundsätzlicher Bedeutung ist in Vitrine 3□1.16 zu sehen. Der **Urwal Protocetus atavus** zeigt deutliche "Erinnerungen" an die landlebenden Vorfahren der Wale. Seine Zähne sind verschiedenartig, die Backenzähne mehrwurzig, und die Nasenöffnung lag noch im Bereich der Schnauze. Grafisch dargestellt sind das "Wandern" der Nasenöffnung im Lauf der Stammesgeschichte der Wale und ein Stammbaum der Cetacea (vgl. S. 52).



Die **Eierlegenden Säugetiere** mit ihrem interessanten Merkmalsmosaik sind in Vitrine 2□4.08 zu sehen. Die Eiablage, das Vorhandensein einer Kloake als gemeinsamer Öffnung für Stoffwechsel- und Geschlechtsprodukte sowie die relativ niedrige und in einem breiten Bereich schwankende Körpertemperatur weisen neben vielen weiteren reptilienartigen Merkmalen darauf hin, dass Schnabeltier und Schnabeligel die ursprünglichsten heute lebenden Säugetiere sind. Der zahnlose Schnabel ist allerdings kein Ahnenerbe, sondern eine Neuerwerbung der Kloakentiere.



Zahlreiche weitere Merkmale lassen sich ebenfalls nur als Folge einer langen, eigenständigen Entwicklung deuten.

Die Vitrine enthält Präparate eines Lang- und eines Kurzschnabeligels, zweier Schnabeltiere, Schädelpräparate von Schnabeltier und Langschnabeligel und vielfältige Informationen über Biologie, Verhalten und Verbreitung.

Die **Stammgruppe der Säugetiere** unter den Reptilien, die Theromorphen oder Säugerähnlichen Reptilien, ist in der Ausstellung nur durch den Schädel von Lystrorhynchus aus der Trias Südafrikas vertreten (2□2.55).



Soziale Insekten – hatte Darwin unrecht?

Insektenstaaten können aus nur wenigen oder aus Hunderten oder Tausenden von Tieren bestehen. Eine Kolonie der afrikanischen Treiberameise umfasst bis zu 22 Millionen Individuen. In jedem Insektenstaat gibt es verschiedene Gruppen ("Kasten"), die jeweils eigene Funktionen haben. Wichtige Aufgaben sind Brutpflege und Verteidigung. Sie werden gemeinschaftlich von unfruchtbaren Tieren wahrgenommen.

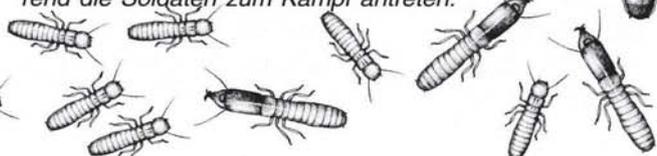
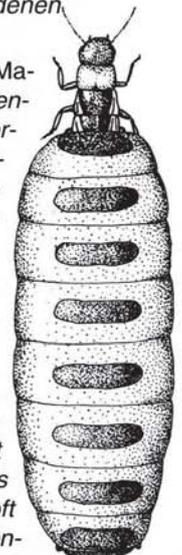
Insgesamt sind etwa 12000 sozial lebende Insektenarten bei Hautflüglern (Ameisen, Bienen, Wespen), Termiten und Blattläusen bekannt.

Nach der Selektionstheorie Charles Darwins setzen sich in der Stammesgeschichte die Lebewesen durch, welche über zahlreiche Nachkommen möglichst viel des eigenen Erbguts in die nächste Generation einbringen. Wie können dann aber unfruchtbare Tiere (z.B. Arbeiterinnen) entstehen, die, anstatt sich selbst fortzupflanzen, scheinbar selbstlos andere Larven aufziehen? Das lässt sich nur verstehen, wenn man weiß, dass alle Mitglieder eines Stocks miteinander verwandt, also genetisch sehr ähnlich sind. Wenn Arbeiterinnen sich um ihre Geschwister kümmern, sorgen sie damit gleichzeitig für die Vermehrung des eigenen Erbguts.

Wir zeigen soziale Hautflügler (Honigbiene, Wespen, Hornissen) in den Vitrinen 2□2.31/32. Filme über Treiberameisen, Blattschneiderameisen und Termiten sind in die Multimedia-Stationen im Tropensaal (3□7) integriert. Besonders anschaulich lässt sich das Leben im Insektenstaat am Beispiel der Termiten *Macrotermes* (3□6.05/06) zeigen:

Im perfekten Zusammenspiel tragen König und Königin, Arbeiter und Soldat mit ihren jeweils verschiedenen Aufgaben dazu bei, dass ihr Staat funktioniert.

Jeder der eindrucksvollen Termitenhügel von *Macrotermes bellicosus* beherbergt die Nachkommen einer einzigen **Königin**. Mit ihrem Wohlergehen steht und fällt der Staat mit seinen oft Millionen von Bürgern. Kein Wunder, dass die Königin mit ihrem zu einer unförmigen Eierlegemaschine aufgeblähten Hinterleib sorgfältig gepflegt wird. Pro Tag kann eine Königin bis zu 43000 Eier legen. Der wesentlich kleinere **König** bewohnt mit der Königin zusammen die Königskammer. Beide werden etwa 40 Jahre alt. Die **Arbeiter** und **Arbeiterinnen** pflegen Königin, König, Eier und Nachwuchs, übernehmen Bauarbeiten und versorgen den ganzen Staat mit Nahrung. Bewegen sie sich außerhalb des Nestes in einem ihrer Erdtunnel, werden sie oft von Soldaten begleitet und geschützt. Die augenlosen **Soldaten**, auch sie männlich oder weiblich, haben einen riesigen Kopf mit kräftigen Kieferzangen. Sie verteidigen das Volk. Bei Gefahr alarmieren sie das Nest, indem sie kräftig mit dem Kopf an die Wand der Nestgänge schlagen. Arbeiter und Larven ziehen sich dann ins Nestinnere zurück, während die Soldaten zum Kampf antreten.



2 Evolution des Menschen

Überblick über die Primaten

Raum 205

Die Spitzhörnchen werden, nach einer Odyssee durch das zoologische System und zeitweiligem Asyl an der Basis der Primaten, inzwischen in eine eigene Ordnung Scandentia gestellt (siehe 204.01-02). Trotzdem können sie uns nach wie vor eine Vorstellung davon geben, wie ursprüngliche Primaten ausgesehen haben könnten. Deshalb lohnt sich in diesem Zusammenhang ein Blick auf das Spitzhörnchen *Tupaia glis* in Vitrine 204.03.



Einen Überblick über verwandtschaftliche Gruppierungen der Primaten und ihr Vorkommen in den verschiedenen Erdzeitaltern gibt die Zeittafel 205.08 (s. Seite 50).

Tafel 205.09 bietet anhand zahlreicher Grafiken die Möglichkeit zum morphologischen Vergleich zwischen den verschiedenen Primatengruppen. Vom (wie gesagt, nicht zu den Primaten gehörenden) Spitzhörnchen, von einem Halbaffen, einem Neuweltaffen und einem Altweltaffen, einem Menschenaffen und einem Menschen sind jeweils Schädel und Gesicht von vorne, Gaumen, Schädel in Seitenansicht, Gehirn, Hand und Fuß dargestellt.

Halbaffen

205.01-02

Die "Halbaffen" bilden keine geschlossene Verwandtschaftsgruppe; vielmehr sammeln sich unter diesem Begriff mehrere Primatengruppen mit vielen ursprünglichen Merkmalen. Halbaffen haben eine längere Schnauze, einen ausgeprägteren Geruchssinn und ein viel kleineres Gehirn als die Echten Affen. Man unterscheidet die LORIVERWANDTEN



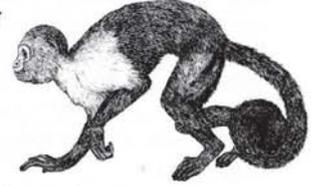
aus Afrika und Asien (ausgestellt sind mit dem Plumplori und dem Riesengalago Vertreter der beiden wichtigsten Typen innerhalb dieser Gruppe) und die LEMUREN Madagaskars, von denen wir mit dem Mausmaki den kleinsten Primaten, mit dem Indri die größte Halbaffenart und mit dem hoch spezialisierten Fingertier eines der seltensten Tiere der Erde zeigen. Auch der Katta gehört zu den Lemuren. Die südostasiatischen KOBOLDMAKIS gleichen in einigen Merkmalen eher den Echten Affen als den Halbaffen (zum Beispiel haben sie unbehaarte Ohren und eine trockene Nase). Ausgestellt sind ein Präparat und ein Skelett.

Neuweltaffen

205.03-04

Wie nahe die Echten Affen der Alten und der Neuen Welt miteinander verwandt sind, ist umstritten. Die Neuweltaffen lassen sich an ihren seitlich stehenden Nasenöffnungen ("Breitnasenaffen") von den Altweltaffen unterscheiden. Sie haben wie diese ein hoch entwickeltes Gehirn und orientieren sich überwiegend optisch. Der Ge-

ruchssinn spielt eine untergeordnete Rolle – äußerlich ist das an der trockenen Nase zu erkennen. In den beiden Vitrinen sehen Sie Präparate eines Weißpinseläffchens (aus der Familie der Krallenaffen), eines Nachtaffen, eines Mönchsaffen und eines Klammeraffen mit seinem Skelett (aus der Familie der Kapuzinerartigen). Nicht nur im Hinblick auf die Lebensweise, sondern auch auf die Intelligenz, lassen sich Klammeraffen durchaus mit Gibbons vergleichen.



Altweltaffen

205.05-06

Die Affen Afrikas und Asiens haben nahe beieinander liegende, nach vorne gerichtete Nasenöffnungen ("Schmalnasenaffen"). Sie lassen sich in zwei



Gruppen einteilen: die Geschwänzten Altweltaffen und die Menschenaffen. Für erstere stehen hier die Guerezas oder Mantelaffen, von denen zwei Alttiere und ein Junges ausgestellt sind, die Monameerkatze und der Blutbrustpavian oder Dschelada.

Menschenaffen

205.07, 205.10

205.21, 205.22

Menschenaffen sind schwanzlose und langarmige, an das hangelnde Klettern angepasste Altweltaffen mit hochentwickeltem Gehirn. Gibbons, meist als "Kleine Menschenaffen" (Hylobatidae) von ihren großen Verwandten getrennt, sind in Vitrine 205.07 mit der Dermoplastik eines Weißhandgibbons und einem Skelett vertreten. Von den großen Menschenaffen (Pongidae) zeigen wir an dieser Stelle das Skelett eines männlichen Gorillas (205.10) und Dermoplastiken von Schimpanse (205.22) und Orang-Utan (205.21).



➤ Es lohnt sich, Affen nicht nur im Primatensaal, sondern auch in ihrem Lebensraum zu betrachten. Im Tropenwald (307) sind die Anpassungen der Menschenaffen an das Leben in Bäumen sehr viel augenfälliger. Mit dem Bonobo oder Zwergschimpanse begegnet uns dort auch eine weitere Menschenaffenart.

Außerdem zu entdecken: Potto (ein Halbaffe), Weißnasenmeerkatze und Roter Stummelaffe (Altweltaffen) aus Afrika, Roter Brüllaffe, Zwergseiden- und Totenkopffchen (Neuweltaffen) aus Südamerika.

Skelette Gorilla / Mensch

205.11

So wie die Dermoplastiken des Schimpansen (205.22) oder der Bonobos (307) dazu genutzt werden können, die äußeren Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Mensch und Menschenaffe herauszuarbeiten, lassen sich an den nebeneinander stehenden Skeletten von Gorilla (205.10) und Mensch vergleichend zahlreiche Merkmale erkennen und, wenigstens teilweise, als Anpassungen an verschiedene Fortbewegungsweisen interpretieren.

Menschen (*Homo sapiens*) sind Primaten mit großem Gehirn und einer aufrechten Haltung.

Auch Affen können aufrecht stehen und laufen, allerdings nur kurze Zeit und unter erheblichem Kraftaufwand. Das Menschen-Skelett zeigt dagegen Anpassungen, die eine dauernde aufrechte Haltung ermöglichen:

○ Beim Stehen ist das Menschenbein gestreckt, das Affenbein nicht.

○ Die Wirbelsäule ist doppelt S-förmig gekrümmt. Der Schwerpunkt des Körpers liegt daher über den Füßen, wenn die Beine gestreckt sind.

○ Die Rippen biegen erst zur Rückenseite aus und ziehen dann halbkreisförmig zum Brustbein. Der Brustkorb ist flach und breit. Die Wirbelsäule als tragende Achse rückt so mehr zur Mitte des Rumpfes.

○ Das menschliche Becken bietet größere Ansatzflächen für eine stärkere Bauch- und Oberschenkelmuskulatur und bildet eine tragende Schüssel für die Eingeweide.

○ Die Beine sind lang und haben schräggestellte Oberschenkelknochen (X-Beine). Die tragende Achse rückt damit unter den Körperschwerpunkt.

○ Statt eines Greiffußes haben Menschen einen gewölbten Standfuß.

Ebenso deutlich sind die wichtigsten Unterschiede im Schädelbau: ausgeprägte Schnauze, flache Nase, deutlich vergrößerte Eckzähne, paralleler Zahnbogen, starke Überaugenwülste und relativ kleines Schädelvolumen beim Menschenaffen; flaches Gesicht (bei spitzer Nase und spitzem Kinn), U-förmiger Zahnbogen ohne vergrößerte Eckzähne, hohe Stirn und sehr großes Schädelvolumen beim Menschen.

Der auffällige Scheitelkamm ist eine Spezialität des männlichen Gorillas und kein allgemeines Merkmal aller Menschenaffen.

Zeittafel

205.13

Obwohl nur wenig Fossilfunde vorliegen, kann man vermuten, dass sich die Linie des Menschen erst vor gut fünf Millionen¹⁾ Jahren von den Menschenaffen getrennt hat.

Die Grundzüge der menschlichen Stammesgeschichte der letzten vier Millionen Jahre gelten als gesichert: Die Entwicklung von *Australopithecus* über *Homo erectus* zum heutigen Menschen *Homo sapiens*. Über die Verwandtschaft der Arten und die Einordnung einzelner Funde wird dagegen nach wie vor heftig diskutiert.

Die Zeittafel finden Sie auf S. 51.

*) Solche Datierungen basieren zur Zeit vor allem auf der Analyse von Gensequenzen und dem Konzept der molekularen Uhr. Hierbei zieht man aus dem Grad der Unterschiede im Genom zweier Arten Rückschlüsse auf den Zeitpunkt der Trennung in zwei Entwicklungslinien. Neuere Datierungen haben ergeben, dass sich der Orang-Utan vor ca. 16 Millionen Jahren und der Gorilla vor 7-9 Millionen Jahren von den übrigen Menschenaffen abgespalten hat. Die Wege von Mensch und Schimpanse/Bonobo haben sich demnach vor 6,2 bis 6,7 Millionen Jahren getrennt. Aber auch hier gibt es unterschiedliche Vorstellungen...

Die Vitrinenreihe 205.14-20 belegt die STAMMESGESCHICHTE DES MENSCHEN mit einigen ausgewählten Beispielen. Sämtliche "Entwicklungsstufen" (Vormenschen, Frühmenschen, Altmenschen, Neumenschen) werden nach demselben Schema vorgestellt: Lebensbilder, Schädelabgüsse und -rekonstruktionen, Portraits, Gehirnvolumen, überlieferte Werkzeuge sind jeweils in derselben Höhe ausgestellt, so dass leicht verglichen werden kann.

Schädel und Werkzeuge sind großenteils Abgüsse oder Nachbildungen.

Vorläufer

205.14

Einen heutigen Menschenaffen zu erkennen, ist nicht schwierig. Von ausgestorbenen Affen sind dagegen oft nur Knochen-Bruchstücke bekannt. Um zu beurteilen, ob ein Fossil von einem "gewöhnlichen" Affen oder einem Menschenaffen stammt, ist man oft auf kleinste Merkmale angewiesen. Ein solches ist zum Beispiel die Form der Backenzähne. Der untere Backenzahn eines Gorillas (*Gorilla gorilla*) zeigt das für Menschenaffen und Menschen kennzeichnende, fünfhöckerige Muster. Zähne anderer Affen haben andere Kauflächen.

Propliopithecus war ein katzen großer, geschwänzter Affe, der vor ungefähr 35 Millionen Jahren (Oligozän) mit mehreren verwandten Arten in Nordafrika lebte. Die Form seiner Backenzähne lässt ihn als möglichen Vorfahren der Menschenaffen erscheinen.

Im Miozän (vor 24-5 Millionen Jahren) waren Menschenaffen mit vielen Arten in Afrika, Europa und Asien verbreitet. Welche dieser Arten die Vorläufer der heutigen Menschenaffen und der Vormenschen sind, ist weitgehend unbekannt.

Der Backenzahn (Molar) eines Gorillas im Original und Foto zeigt das fünfhöckerige "Dryopithecus-Muster". *Propliopithecus* ist durch einen Unterkiefer repräsentiert, die miozänen Menschenaffen durch einen Schädel und ein Lebensbild des afrikanischen Proconsul, einen Unterkiefer von *Dryopithecus* aus Europa sowie Unterkiefer eines weiblichen und eines männlichen *Ouranopithecus*, ebenfalls aus Europa (Sexualdimorphismus!).

Vormenschen

205.14-15

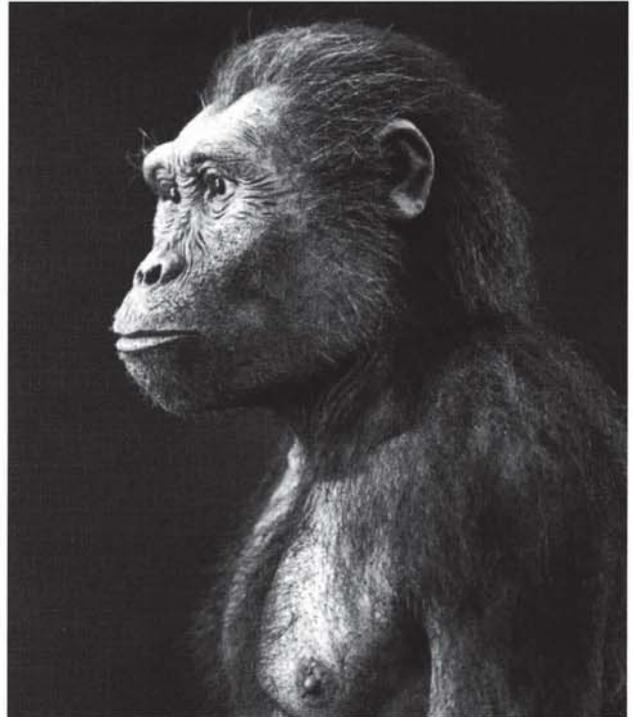
Die Wurzeln der Menschheit liegen in Afrika – jedenfalls lebten dort die ältesten bekannten Menschenartigen. Sie werden der Gattung *Australopithecus* (übersetzt: "Südafte") zugeordnet. Unklar ist allerdings noch immer, welche der Vormenschen-Arten in die direkte Ahnenreihe des heutigen Menschen gehören.

Die *Australopithecus*-Arten bewohnten die afrikanischen Savannen, eine Art "Parklandschaft" mit weiten, wildreichen Grasebenen, einzelnen Bäumen und Waldinseln. Trockenzeiten wechselten mit Regenzeiten. Viele Fundplätze liegen im Grenzbereich zwischen offener und dichter Vegetation, zum Beispiel an Seeufern oder Flusstälern.

Ein Lebensbild mit nahrungssuchenden *A. africanus* befindet sich in 205.15. Einen Eindruck der heutigen Savanne Ostafrikas geben die Dioramen "Afrikanische Savanne" (Räume 308 und 306).

Australopithecus afarensis

Reste dieser frühen Vormenschen-Art stammen aus Äthiopien und Tansania (bis 3,7 Millionen Jahre alt). Außergewöhnlich gut erhalten ist ein 1974 gefundenes Skelett einer erwachsenen, aber ziemlich kleinwüchsigen Frau, das unter dem Namen "Lucy" weltweit bekannt wurde.



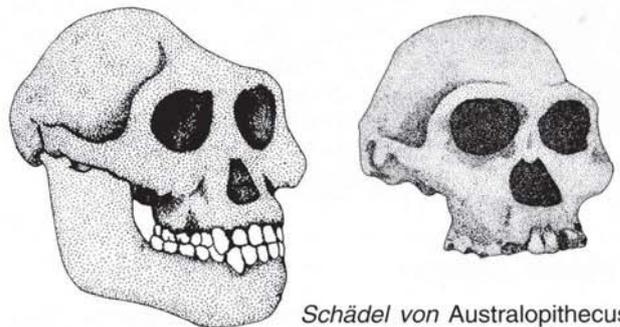
Rekonstruktion: Wildlife-Art, Foto: Harling

Portrait von "Lucius", eines männlichen *Australopithecus afarensis*. Die lebensgroße Rekonstruktion dieses Vormenschen gibt eine sehr eindrückliche Vorstellung vom Aussehen unserer Vorfahren. "Lucius" ist in Raum 306 unterwegs. Dort vermitteln die Dioramen afrikanischer Savannen gleichzeitig einen Einblick in die offenen "Parklandschaften", in denen sich der erste Teil der menschlichen Evolution abspielte.

Im benachbarten Tropenraum (307) klettern Bonobos durch die Bäume. Ein Vergleich dieser Lebensräume und der Anpassungen an unterschiedliche Fortbewegungsweisen bietet einen interessanten Ansatz zum Verständnis der Evolution von Menschenaffen und Menschen.

Dass *A. afarensis* aufrecht ging und damit schon ein wesentliches Menschen-Merkmal aufwies, zeigen der Bau von Becken und Beinen ebenso wie ihm zugeordnete 3,6 Millionen Jahre alte Fußspuren in vulkanischen Aschen.

Wir zeigen "Lucy" als Stahlskelett, in das Abgüsse der Knochen integriert sind (Hadar, Äthiopien, Alter etwa 3 Millionen Jahre), die Rekonstruktion eines Schädels von *A. afarensis* und ein Portrait dieser Vormenschen-Art.



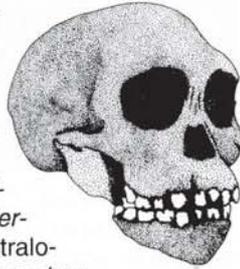
Schädel von *Australopithecus afarensis* (links) und *A. africanus* (rechts)

Australopithecus africanus

Der grazile, gut metergroße *A. africanus* ist nur wenig jünger als *A. afarensis*. Der Schädel dieser Vormenschen-Art weist zahlreiche affenartige Merkmale auf, zum Beispiel die vorspringende Mundpartie und den kräftigen Überaugenwulst. Auch das Gehirn ist kaum größer als das eines Menschenaffen. Eher menschenähnlich ist dagegen das Gebiss mit seinen kleinen Eck- und Schneidezähnen. Vermutlich war *A. africanus* ein unspezialisierter Allesesser.

Mit dem "Kind von Taung" (Taung, Südafrika, Alter etwa 2 Millionen Jahre) und einer Rekonstruktion auf der Basis des Fundes von "Mrs. Ples" (St 5, Sterkfontein, Südafrika, Alter 2,5-3 Millionen Jahre) sind zwei auch historisch wichtige Schädel ausgestellt. Das 1924 als erster Vormensch gefundene "Kind von Taung" (Abb. rechts) besitzt noch sein Milchgebiss, war also bei seinem Tod erst wenige Jahre alt. Interessant ist, dass der kindliche *Australopithecus*-Schädel wesentlich menschenähnlichere Züge aufweist als der eines Erwachsenen.

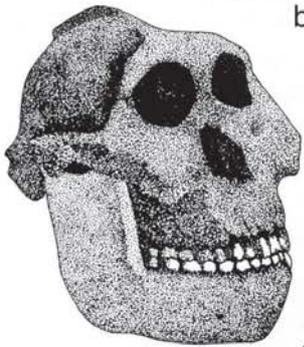
Ergänzende Grafiken zeigen ein Lebensbild und ein Porträt von *A. africanus*, das Gehirnvolumen von *Australopithecus* (428-530 cm³) und eine Karte wichtiger Fundorte (Ost- und Südafrika).



***Australopithecus boisei* – der "Nussknacker-Mann"**

Spätere *Australopithecus*-Formen waren wesentlich kräftiger gebaut. *A. robustus* und *A. boisei* dürften, bei einem Gewicht von 40-50 kg, ungefähr 140 cm groß gewesen sein. Sie aßen Pflanzen und Samen, die mit Hilfe der breiten Backenzähne zermahlen wurden. Ein Scheitelkamm vergrößerte die Ansatzfläche für die dazu benötigte kräftige Kaumuskulatur.

Schädel von *Australopithecus boisei* (OH 5 aus Olduvai in Ostafrika, Alter ca. 1,8 Millionen Jahre). Die Art wird heute oft als *Paranthropus boisei* bezeichnet (s. S. 36). Über einen Spiegel sind auch die großflächigen Backenzähne gut zu sehen.



"Homo" habilis

Zusammen mit *Australopithecus boisei* wurden gleichaltrige Reste einer weiteren Art gefunden, der man die in großer Zahl herumliegenden Stein-



geräte zuschrieb. Nach der Fähigkeit, solche Geräte herzustellen, wurde sie "*Homo*" *habilis* ("der befähigte Mensch") genannt. Ob die Art noch ein *Australopithecus* oder schon ein *Homo* ist, ist umstritten. Er-

schwert wird die Entscheidung durch die Vielgestaltigkeit der als "*Homo*" *habilis* bezeichneten Funde, deren frühester ungefähr zwei (möglicherweise drei) Millionen Jahre alt ist. Fortschrittliche Merkmale von "*Homo*" *habilis* sind sein gerundeter Gehirnschädel mit einem relativ großen Gehirnvolumen (bis 760 cm³) und das wenig vorstehende Gesicht.

Schädel von "*Homo*" *habilis* (OH 24 aus Olduvai in Ostafrika, Alter ca. 1,8 Millionen Jahre); Steinwerkzeug (pebble tool). Zur Diskussion um frühe *Homo*-Arten siehe Seite 36.

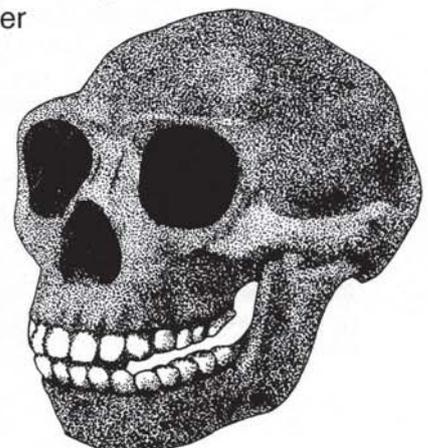
Frühmenschen

205.16

Homo erectus

Während *Australopithecus* anscheinend auf Afrika beschränkt war, war *Homo erectus* ("aufrechter Mensch") weiter verbreitet: Pekingmensch und Javamensch gehören ebenso zu seinem Formenkreis wie der Heidelberger Mensch. Aber auch von diesem Frühmenschen stammen die ältesten Funde (1,8 Mio. Jahre) aus Afrika. Zu dieser Zeit lebten neben den ersten Frühmenschen noch mehrere Vormenschenarten (*Australopithecus*, *Homo habilis*).

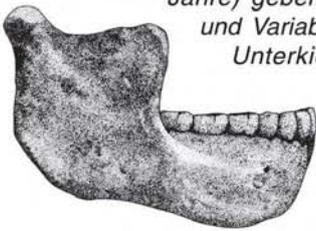
Gegenüber dem Schädel von *Australopithecus* zeigt *Homo erectus* deutlich fortgeschrittene Merkmale: Sein Gehirn ist wesentlich größer und die Mundregion steht weniger weit vor. Der Bau der Schädelunterseite lässt vermuten, dass Sprachbildung anatomisch möglich war (womit natürlich nicht bewiesen ist, dass *Homo erectus* wirklich sprechen konnte).



Ursprünglich sind am *erectus*-Schädel die kräftigen Überaugenwülste, die Einschnürung hinter den Augen und die flache Stirn.

Von *Homo erectus* sind verschiedene Steingeräte überliefert. Charakteristisch sind besonders die aus einem Rohling hergestellten, beidseitig zugeschlagenen Faustkeile. Knochenfunde an Wohnplätzen belegen, dass die Frühmenschen auch Großwild jagten. An einigen Wohnplätzen wurden Hinweise auf Feuer gefunden. In den Höhlen der Pekingmenschen zeugen dicke Aschenschichten von der Nutzung und Erhaltung des Feuers.

Schädelrekonstruktionen des Javamenschen aus Trinil in Indonesien (Alter etwa 500.000 Jahre) und des Pekingmenschen aus Zhoukoudian in China (Alter etwa 300.000 Jahre) geben Aufschluss über Merkmale und Variabilität von *Homo erectus*. Der Unterkiefer des Heidelberger Menschen aus Mauer (Alter etwa 500.000 Jahre) darf in diesem Zusammenhang natürlich nicht fehlen. Außerdem ist ein Faustkeil von *Homo erectus* ausgestellt.



Grafiken zeigen ein Lebensbild einer Frühmenschen-Gruppe (Feuer!), das Gehirnvolumen von *Homo erectus* (775-1225 cm³) und eine Karte wichtiger Fundorte in Afrika, Europa und Asien. Zu neuen Interpretationen des Formenkreises von *Homo erectus* siehe Seite 36.

Auf der Suche nach dem vom Evolutionsgedanken geforderten fehlenden Glied zwischen Affen und Menschen fand Eugène Dubois 1891 in Java ein Schädeldach, im Jahr darauf noch einen Oberschenkelknochen (mit einer krankhaften Knochenwucherung am Schaft): der "Urmensch" war gefunden. Dubois nannte ihn *Pithecanthropus erectus*: aufrechter Affenmensch. Heute wird die Art meist als *Homo erectus* bezeichnet.

Schädeldach und Femur von Trinil auf Java.

Altmenschen

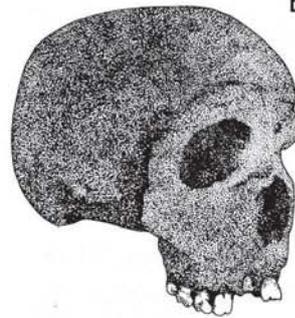
2015.17-18

Der Formenkreis des *Homo erectus* wurde von Menschentypen abgelöst, die eine Mischung von "primitiven" und "modernen" Merkmalen aufwiesen. Je nach Deutung und Wertung dieser Merkmale kommen Wissenschaftler zu ganz unterschiedlichen Auffassungen über die Stellung ein-

zelner Fossilfunde in der menschlichen Entwicklungsgeschichte. Eine endgültige Einordnung ist noch nicht möglich.

Steinheimer Mensch

Das Alter des im Jahr 1933 gefundenen Schädels wird auf 250.000 Jahre geschätzt.



Er zeigt mit dem kräftigen Überaugenwulst und dem relativ geringen Schädelvolumen ursprüngliche Merkmale. An den heutigen Menschen erinnert die Schädelform mit der größten Breite weit oberhalb der Ohröffnungen, dem gerundeten Hinterhaupt und der ausgeprägten Wangengrube.

Wissenschaftler, welche die Bedeutung der "modern" wirkenden Merkmale betonen, stellen den Steinheimer Menschen in die direkte Ahnenreihe des Jetztmenschen. Für andere gilt er als Vorfahr der Neandertaler oder als gemeinsamer Vorläufer beider Formen.

Von dem in Flussschottern eingebetteten Steinheimer sind keine Werkzeuge bekannt. Im südenglischen Swanscombe wurden jedoch zusammen mit Schädelresten desselben Menschentyps Faustkeile gefunden.

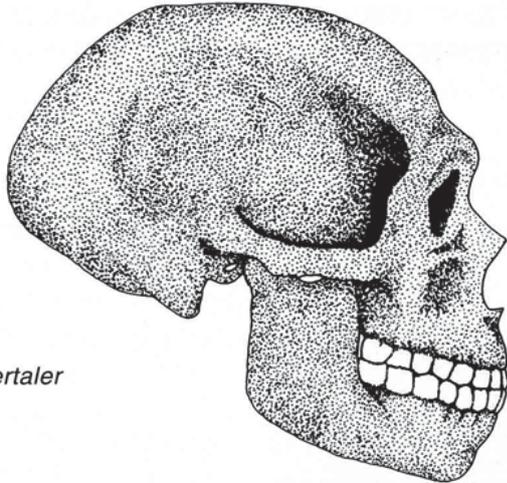
Schädel des Steinheimer Menschen aus Steinheim/Murr (Deutschland), Alter etwa 250.000 Jahre. Faustkeil aus Swanscombe. Grafische Darstellung des Gehirnvolumens des Steinheimer Menschen (etwa 1150 cm³).

Neandertaler

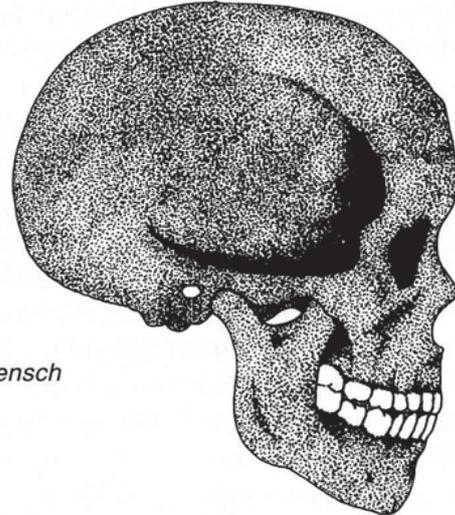
Einer der wichtigsten Funde des vorgeschichtlichen Menschen gelang im Jahr 1856 im Neandertal bei Düsseldorf. Der Lehrer Johann Carl Fuhlrott deutete die Knochen richtig als Reste eines frühen Menschen, der wahrscheinlich im Eiszeitalter gelebt hatte – eine damals für viele unerträgliche Behauptung, die heftige Diskussionen über die Abstammung des Menschen zur Folge hatte.

Abgüsse des Urfundes eines Neandertalers sind in ein Stahlskelett eingefügt. Das genaue Alter ist unbekannt (etwa 50.000 Jahre?).

Die oft gepflegte Vorstellung vom Neandertaler als einem dumpf und gebückt einhertrottenden Affenmenschen ist falsch. Neandertaler sind



Neandertaler



Neumensch

eben nicht die "Urmenschen" schlechthin, für die sie vielen gelten, sondern gehören zu einer relativ jungen, hochentwickelten Menschenform, die vor etwa 100.000 bis 35.000 Jahren Europa, den Vorderen Orient und das Mittelmeergebiet besiedelte.

Weite Bereiche Mitteleuropas wurden in dieser Zeit von wildreichen Steppen eingenommen. (Die letzte Kaltzeit begann vor etwa 80.000 und endete vor 10.000 Jahren.) Gegen die winterliche Kälte schützten sich die Neandertaler durch Felle. Sie lebten als Jäger und Sammler und wohnten im Eingangsbereich von Höhlen, unter Felsvorsprüngen oder in Fellzelten.

Zum ersten Mal in der Geschichte der Menschheit gibt es Nachweise von Kulthandlungen: Neandertaler legten Toten Beigaben ins Grab oder bestatteten einzelne Schädel. Es gibt auch Hinweise auf rituellen Kannibalismus.

Neandertaler waren etwas kleiner als heutige Mitteleuropäer und von kräftiger Statur. Mit früheren Menschenformen teilen sie die Überaugenwülste und die flache Stirn. Der Mund steht leicht vor, Kiefer und Zähne sind kräftig. Der langgestreckte Schädel barg ein Gehirn, das dem des Jetzmenschen an Größe nicht nachstand.

Neandertaler fertigten eine große Zahl verschiedener Werkzeuge. Zwar findet man auch noch Faustkeile, typisch für Neandertaler sind aber Abschlaggeräte: Aus einem einzigen Rohling wurden durch gezielte Schläge viele Schaber, Spitzen, Klingen oder Messer hergestellt.

Einen "Bärenkult" der eiszeitlichen Menschen kann man aus Schädelsetzungen oder ungewöhnlichen Knochenanordnungen erschließen. Die meisten in Höhlen zu findenden Bären-

knochen stammen allerdings von Tieren, die in ihren Winterquartieren eines natürlichen Todes gestorben sind.

Ausgestellt sind die Schädelrekonstruktion eines Neandertalers, drei verschiedene Steingeräte und die (nachgestellte) Schädelsetzung eines Höhlenbären, wie sie in einer von Neandertalern benutzten Höhle in der Schweiz gefunden wurde. Ein Lebensbild zeigt eine Neandertaler-Sippe am Wohnplatz; im Hintergrund sind eiszeitliche Tiere zu sehen, die als Jagdbeute dienen. Das Portrait eines Neandertalers, sein Gehirnvolumen (1350-1723 cm³), der Fund einer Schädelbestattung (kultisches Verhalten) und eine Karte wichtiger Fundorte sind grafisch dargestellt.

Neumensch

205.19-20

Homo sapiens

Vor ungefähr 35.000 Jahren wanderten, von Südosten kommend, die modernen Menschen in Europa ein. Wenig später verschwanden die Neandertaler. Bis heute ist unklar, ob der Jetzmensch dieses Verschwinden verursacht hat und wie es vor sich ging.

Echte "Höhlenmenschen" waren unsere spät-eiszeitlichen Vorfahren nicht. Sie siedelten aber häufig an Höhleneingängen. Wo diese fehlten, wohnten die Menschen in Zelten oder Hütten, die zum Teil aus Mammutknochen gebaut waren.

Homo sapiens ist als erste Menschenform weltweit verbreitet. Australien dürfte wie Europa vor etwa 35.000 Jahren erreicht worden sein. Ob Amerika ebenso früh oder erst vor etwa 15.000 Jahren über die Beringstraße besiedelt wurde, ist umstritten.

Am Schädel des modernen Menschen fällt der hoch aufgewölbte Hirnschädel auf. Die Stirn ist steil, Überaugenwülste fehlen oder sind nur als getrennte Brauenbögen ausgebildet. Das im Vergleich zum Gehirnschädel eher kleine Gesicht steht kaum vor. Das Kinn zeigt eine ausgeprägte Spitze.

Auch der moderne Mensch war zunächst Jäger und Sammler. Er stellte zahlreiche verschiedene Werkzeuge aus Stein, Holz, Knochen und Elfenbein her.

Die Kunst macht den Menschen: über 30.000 Jahre alt sind die ältesten Kleinplastiken, meist Tier- oder Frauendarstellungen. Über 15.000 Jahre alte Höhlenmalereien wurden vor allem in Frankreich und Spanien gefunden. Aus alten Gräbern kennt man auch reich geschmückte Kleidungsstücke.

Neben einem Schädel des fossilen Neumenschen Homo sapiens sapiens aus Crô-Magnon in Frankreich (Alter etwa 30.000 Jahre) stellen wir einige Steingeräte und Nachbildungen figürlicher Darstellungen aus. Ein Lebensbild, das eine Wohnstätte unserer eiszeitlichen Vorfahren zeigt, wird ergänzt durch ein Portrait des Crô-Magnon-Menschen, eine grafische Darstellung seines Gehirnvolumens (1322-1745 cm³) und das Foto einer Höhlenmalerei.

Zehntausende von Jahren lebten auch die Neumenschen als Jäger und Sammler. Das änderte sich erst nach der Eiszeit.

"Jungsteinzeitliche Revolution" – das Schlagwort steht für den grundlegenden Umbruch beim Übergang vom halbnomadischen Jäger und Sammler zum sesshaften Ackerbauern und Viehzüchter. Diese Umwälzung setzte im Nahen Osten vor etwa 10.000 Jahren ein und erreichte Mitteleuropa vor über 5000 Jahren.

Erst nachdem die Menschen sesshaft geworden waren, konnten sich Gesellschaften entwickeln, die über die eigene Sippe hinausreichten. Sie waren die Voraussetzungen für den Aufbau früher Hochkulturen mit einer weitentwickelten Zivilisation und blühenden Städten, wie sie im Zweistromland (Irak), in Ägypten oder in Indien vor etwa 5000 Jahren entstanden.

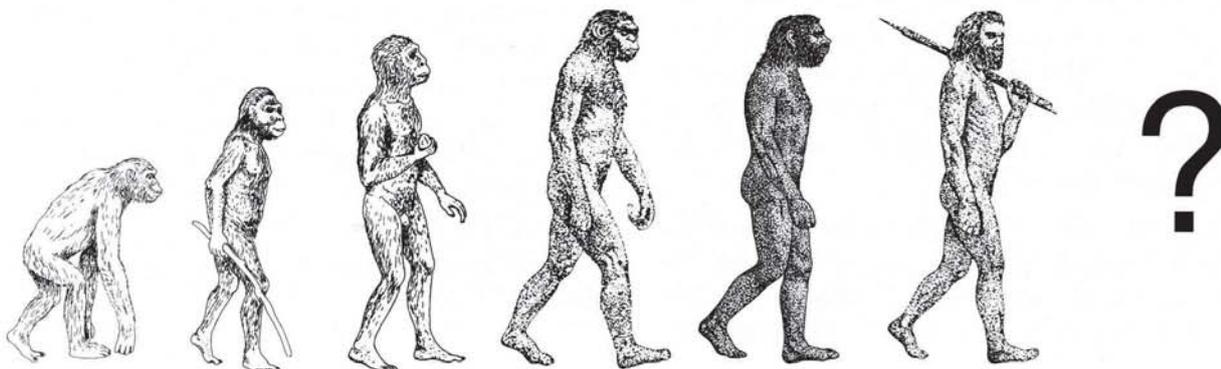
Unsere heutige, "westliche" Zivilisation gründet auf der industriellen Revolution, die wieder mit Neuerungen in der Landwirtschaft begann. Mechanisierung und Düngereinsatz steigerten die Erträge enorm. Die Bevölkerungszahl explodierte. Ein großer Teil der Menschen fand Arbeit in der aufblühenden Industrie.

Im Lauf ihrer Evolution hat sich die Menschheit von der natürlichen Umwelt teilweise unabhängig gemacht. Unter hohem Energie- und Rohstoffverbrauch schaffen wir uns eine künstliche Umwelt. Ob es gelingen wird, die natürliche Umwelt als Grundlage dieser künstlichen Umwelt zu erhalten? Nur dann werden auch wir Nachfahren haben, die über unseren Hinterlassenschaften rätseln können wie wir heute über die unserer Vorläufer.

Analog zu den vorhergehenden Einheiten zeigt auch die Vitrine über den heutigen Menschen (2□5.20) die Morphologie (über einen Spiegel), ein Lebensbild (Menschen auf der Stuttgarter Königstraße), einige kulturelle Errungenschaften (Werkzeug, Brille, Buch, Schreibgerät, Maschinenpistole...) und einen keineswegs repräsentativen Querschnitt durch das, was wir unseren Nachfahren hinterlassen – so wir welche haben werden.

➤ *Aus der Kenntnis der Geschichte ergeben sich fast zwangsläufig Reflektionen über das weitere Schicksal des Menschengeschlechts. Der Bereich "Umwelt" (2□9) bietet durch seine kurze Darstellung mancher zentraler Probleme der heutigen Menschheit Anknüpfungspunkte für eine Diskussion.*

Eine klassische Darstellung: die Evolution des Menschen entlang einer "Fortschrittslinie", an deren Spitze der moderne Mensch marschiert. Neue Fossilfunde und Interpretationen zeigen, dass die Entwicklung wesentlich weniger geradlinig und zwangsläufig verlief, als solche Abfolgen suggerieren.



Einige offene Fragen...

Die Evolution des Menschen ist in den Ausstellungsteil "Baupläne und Leistungen der Lebewesen" (Räume 202 bis 205) integriert. Säugetiere nehmen zwei dieser vier Räume ein, einer davon ist ganz den Primaten gewidmet. Der Mensch steht also in seinem "natürlichen Umfeld", so dass die Chance besteht, auch die Vielfalt der Primaten mit in die Überlegungen zur Entstehung des Menschen einzubeziehen und zu erkennen, dass innerhalb der Primaten sehr verschiedene Entwicklungsstufen ausgebildet sind. Die einfache Unterscheidung Affe – Mensch lässt sich offensichtlich nicht aufrechterhalten.

Die Entstehung des Menschen ist Gegenstand intensiver Forschung und heftiger wissenschaftlicher (gelegentlich leider auch ideologischer) Kontroversen.

Wie in kaum einem anderen Forschungsgebiet lösen neue Funde (oder neue Interpretationen alter Funde) Debatten aus, die sich nicht zuletzt in einer verwirrenden Vielfalt von Benennungen und Stammbäumen niederschlagen. Unklar sind nach wie vor auch Datierung, Verwandtschaft, Verbreitung und Verbreitungsgeschichte vieler Formen.

Im Museum Schloss Rosenstein haben wir versucht, die Geschichte des Menschen möglichst einfach darzustellen, ohne auf die zahlreichen Kontroversen einzugehen, aber auch ohne uns auf eine bestimmte Interpretation der Geschichte allzu eng festzulegen.

Einige zur Zeit intensiver diskutierte Gesichtspunkte seien hier aber kurz angesprochen:

1. Als wir unserer Ausstellung einrichteten, war *Australopithecus afarensis* (mit "Lucy") die erste allgemein anerkannte Vormenschenart. Wenig später (1994) wurde der 4,4 Millionen Jahre alte *Australopithecus ramidus* gefunden und noch in unsere Zeittafel aufgenommen. Viele Anthropologen betrachten diese Art inzwischen als frühen Seitenzweig der menschlichen Evolution und nennen sie *Ardipithecus ramidus*. Inzwischen (1995) wurde mit dem etwas über 4 Millionen Jahre alten *Australopithecus anamensis* (Kenia) aber eine weitere Art entdeckt, die deutlich älter ist als "Lucy".

2. Unklar ist, wie viele verschiedene *Australopithecus*-Arten es gab. Die robusten Arten (in der Ausstellung zeigen wir *A. boisei*) werden inzwischen meist in eine eigene Gattung *Par-*

anthropus gestellt (*P. aethiopicus*, *P. robustus*, *P. boisei*), während die Gattung *Australopithecus* für die grazilen Formen reserviert wurde.

3. In der Diskussion ist auch das Übergangsfeld *Australopithecus/Homo*. Die wenigen Funde von *Homo habilis* werden sehr unterschiedlich interpretiert. Die Beurteilung der innerartlichen Variabilität ist äußerst schwierig. Je nach Auffassung werden deshalb mehr oder weniger Arten unterschieden. Manche Forscher trennen *Homo rudolfensis* von *Homo habilis* (wie wir das auch in der Zeittafel tun) oder beschreiben sogar weitere Formen früher Menschen.

4. Das "Mittelfeld" der menschlichen Evolution wurde lange (wie auch in unserer Ausstellung) komplett von *Homo erectus* eingenommen. Inzwischen gibt es zahlreiche Forscher, die in der Vielgestaltigkeit der Fossilien aus Afrika, Europa und Asien mehr als nur innerartliche Variation sehen. Nach diesen Vorstellungen werden die frühen afrikanischen Vertreter dieser Gruppe als *Homo ergaster* bezeichnet. In Zusammenhang mit der Ausbreitung der Frühmenschen über die Alte Welt kam es zur Bildung weiterer Arten. In Asien entstand *Homo erectus*, der auch auf diesen Erdteil beschränkt blieb. Über die erst 1995 in Spanien entdeckte, 800.000 Jahre alte Frühmenschenform *Homo antecessor* hat sich in Europa *Homo heidelbergensis* entwickelt.

5. Akzeptiert man diese Vorstellungen, lässt sich annehmen, dass sich aus *Homo heidelbergensis* in Europa allmählich *Homo neanderthalensis* als eigene Art herausgebildet hat. DNA-Untersuchungen belegen ebenfalls, dass Jetztmensch und Neandertaler wohl nicht Unterarten, sondern tatsächlich verschiedene Arten waren. Ungeklärt sind noch zahlreiche Fragen im Zusammenhang mit dem Verschwinden der Neandertaler.

6. Gleichzeitig entstanden in Afrika moderne Menschen (*Homo sapiens sapiens*), die sich nach der "Out of Africa"-Hypothese in den letzten 100.000 Jahren von dort aus über die ganze Erde ausgebreitet haben. Fossile und genetische Befunde stützen die Vorstellung von der afrikanischen Herkunft und der sehr engen Verwandtschaft aller heutigen Menschen. Die Argumente der "Multiregionalisten", die annehmen, dass sich *Homo sapiens* an vielen Stellen der Erde parallel aus ursprünglicheren Menschenformen entwickelt habe, scheinen dagegen weniger gut fundiert.

3 Stammbäume, Zeittafeln und die Geschichte der Wirbeltiere

Evolutionsbiologen bemühen sich einerseits darum, Regelmäßigkeiten im Evolutionsgeschehen zu erkennen und allgemein gültige Mechanismen der Bildung von Arten und höheren Taxa zu finden. Andererseits sind sie auch Historiker, die dem Besonderen, Individuellen jeder Entwicklung nachspüren und versuchen, die Dokumente der Erdgeschichte – Fossilien und rezente Lebewesen – in sinnvolle Zusammenhänge zu stellen.

Zwei Entwicklungsreihen, die der Rüsseltiere, die etwa 35-40 Millionen Jahre umfasst, und die mit etwa 4 Millionen Jahren vergleichsweise kurze des Menschen, lassen sich im Museum Schloss Rosenstein gut nachvollziehen.

Aber auch die Geschichte der Wirbeltiere, die immerhin seit gut einer halben Milliarde Jahren diesen Planeten bevölkern, kann in großen Etappen anschaulich gemacht werden. Ausgangspunkt dieser "Zeitreise" ist unser Ausstellungsbereich "Bau, Vielfalt und Leistungen der Pflanzen und Tiere" (Räume 202 bis 205), in dem wir einen systematisch geordneten Überblick über die Lebewesen mit einem deutlichen Schwerpunkt auf den Wirbeltieren geben.

Zwar steht die Darstellung der rezenten Vielfalt dabei im Vordergrund, trotzdem erlauben Zeittafeln und ausgewählte Fossilien auch einen Blick in die Tiefe der Geschichte.

Für Fische, Amphibien, Reptilien, Säugetiere, Primaten und Menschen (und für Pflanzen) haben wir keine konventionellen Stammbäume, sondern Zeittafeln entworfen, bei denen vertikale Balken das zeitliche Vorkommen einer bestimmten Gruppe angeben, während verwandte Farben (in diesem Materialband in unterschiedliche Grautöne umgesetzt) Verwandtschaft zwischen verschiedenen Gruppen andeuten. Die Erdzeitalter (Begriffe und Millionen Jahre) sind jeweils seitlich aufgetragen. Nicht immer konnte dabei der gleiche Maßstab verwendet werden. In der Zeittafel der Fische sind die Tetrapoden (bzw. die Amphibien), bei den Amphibien die Reptilien und bei den Reptilien die Vögel und die Säugetiere mit berücksichtigt.

An manchen Stellen haben wir auch andere Darstellungsformen gewählt, um stammesgeschichtliche Zusammenhänge zu verdeutlichen.

○ Für die Rüsseltiere (201.24) wurde ein dichotom verzweigter Stammbaum gezeichnet, der im wesentlichen die hier ausgestellten Formen berücksichtigt (S. 22-23).

○ Ein konventioneller Stammbaum stellt die Phylogenie der Wale dar. Auseinander hervorgehende Linien symbolisieren die Entstehung der Urwale aus Stammhuftieren und die Entstehung der Zahn- und der Bartenwale aus den Urwalen (301.16; siehe Seite 52).

○ Ein nach den Methoden der phylogenetischen Systematik entwickelter Stammbaum erläutert die stammesgeschichtlichen Beziehungen der Gliederfüßer (202.20). Dabei ist sowohl die Methodik als auch das Ergebnis interessant. Engere Verwandtschaft gründet danach nicht auf oberflächlichen Ähnlichkeiten, sondern wird an neu auftretenden ("abgeleiteten") Merkmalen sichtbar. Gliederfuß und Chitinskelett sind solche Merkmale, die die Einheit aller Gliederfüßer und ihre gemeinsame Abstammung belegen. Auch innerhalb der Gliederfüßer gibt es enger verwandte Gruppen. Eine Beispiel: Aus einem gewöhnlichen Beinpaar sind beim gemeinsamen Vorfahren der Krebse, Hundertfüßer, Tausendfüßer und Insekten die Mandibeln als schneidende Mundwerkzeuge entstanden. Der Vorfahr der "Schwestergruppe", der Chelicerata (Schwertschwänze und Spinnentiere), behielt dagegen die ursprünglich vorhandenen Beine bei.

Diese Methode der phylogenetische Rekonstruktion wurde von Willi Hennig (1913-1976) entwickelt, der als Theoretiker und Entomologe am Staatlichen Museum für Naturkunde Stuttgart wirkte. Inzwischen arbeiten Systematiker und Evolutionsforscher weltweit auf der Basis der Theorien und Methoden Hennigs.

Anhand solcher unterschiedlichen Stammbäume lassen sich im Museum auch Methoden stammesgeschichtlicher Rekonstruktion und Darstellung diskutieren.

Kein Fisch: das Lanzettfischchen 2□2.34

Das Lanzettfischchen *Branchiostoma lanceolatum* ist zwar kein Wirbeltier, aber mit seiner steifen Rückensaite (Chorda dorsalis), über der ein Nervenrohr und unter der der Darm verläuft, und seinem Kiemendarm, der als Atmungsorgan und Nahrungsfilter dient, ein Vertreter der Chordatiere, zu denen auch die Wirbeltiere gehören.

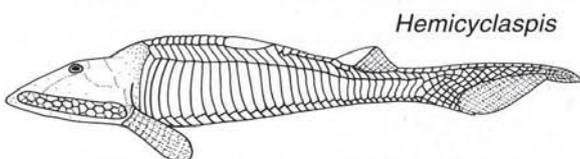
In der Vitrine sind ein Original und ein stark vergrößertes Modell ausgestellt.

Die Vorfahren der Wirbeltiere sind ungenügend bekannt. Wahrscheinlich fehlten ihnen Hartteile, so dass sie fossil kaum erhalten blieben. Die rezenten wirbellosen Chordatiere (Manteltiere = Tunicata und Schädellose = Acrania) helfen, den Merkmalskomplex primitiver Wirbeltiere zu rekonstruieren. Besondere Bedeutung hat dabei das Lanzettfischchen *Branchiostoma*. Es gehört zu den Schädellose, die nur mit wenigen Arten im Meer vorkommen. Das meist im Sandboden des Flachwassers eingegrabene Tier dient uns als Modell eines ursprünglichen Wirbeltiers. Zu seinen ursprünglichen Merkmalen gehören zum Beispiel der biegsame Stützstab der Chorda dorsalis (die bei allen Wirbeltieren embryonal vorhanden ist), das Nervenrohr (Rückenmark), der Kiemendarm und die segmentale Anordnung von Muskeln. Ein Gehirn und weiter entwickelte Sinnesorgane, wie sie für Wirbeltiere typisch sind, fehlen.

Ursprüngliche Wirbeltiere lebten vermutlich im Meer. Sie waren klein, ungepanzert und hatten weder Kiefer noch paarige Flossen. Die Larven ernährten sich vielleicht als Filtrierer (wie *Branchiostoma* oder auch die *Ammocoetes*-Larve der Neunaugen), während die Adulten wahrscheinlich räuberisch waren und frei schwammen.

Kieferlose Fische (Agnatha) 2□2.35

Das namensgebende Merkmal dieser Gruppe ist das Fehlen der Kieferknochen. Kieferlose Fische haben einen Saug- oder Schluckmund. Zu ihnen gehören mit den Ostracodermi die ältesten fossil belegten Wirbeltiere überhaupt. Sie waren von einem Knochenpanzer bedeckt und lebten meist als Nahrungsfiltrierer am Grund von Gewässern.



Hemicyclaspis

Kieferlose Fische haben bis heute überlebt. Die knochen- und schuppenlosen, aalförmigen Rundmäuler (etwa 75 Arten) sehen allerdings völlig anders aus als ihre fossilen Verwandten.

Die Vitrinen 2□2.35-36 geben einen Überblick über die drei Großgruppen rezenter Fische, nämlich die Kieferlosen Fische, die Knorpelfische und die Knochenfische.

Als Beispiel eines fossilen Kieferlosen Fisches ist der Ostracoderme *Drepanaspis gemuendensis* aus dem Oberdevon ausgestellt, der vor etwa 380 Millionen Jahren lebte. Wenig später starben fast alle Agnathen aus.

Heute existieren nur noch zwei artenarme Gruppen Kieferloser Fische, die (auch wenn sie nur entfernt miteinander verwandt sind) zusammenfassend als Rundmäuler (*Cyclostomata*) bezeichnet werden. Sie haben, anders als ihre Verwandten aus dem Erdaltertum, weder ein verknöchertes Skelett noch Schuppen. Paarige Flossen fehlen ebenfalls. Die Gruppe der marinen, in Gängen im Sediment lebenden und sich vor allem von Würmern und Aas ernährenden SCHLEIMAALE oder INGER ist in der Ausstellung nicht berücksichtigt. Die meisten NEUNAUGEN sind Meeres-tiere, pflanzen sich aber im Süßwasser fort. Ihre Larve lebt im Sediment und ernährt sich wie das Lanzettfischchen *Branchiostoma*, dem sie oberflächlich ähnelt, filtrierend. Ausgewachsene Neunaugen sind Parasiten, die sich mit ihrem zu einem kreisrunden Saugnapf umgebildeten Mund an andere Fische heften.



Meerneunauge

➤ Neben dem in Vitrine 2□2.35 ausgestellten Bachneunauge *Lampetra planeri* sind Neunaugen mit zwei Arten (Bach- und Flussneunauge) auch im Bereich "Heimische Lebensräume" (2□7) vertreten. Das Präparat des Meerneunauges in Vitrine 2□2.46 zeigt Saugmund, Kiemenkorb und Knorpelskelett.

Fische: Zeittafel 2□2.38-39

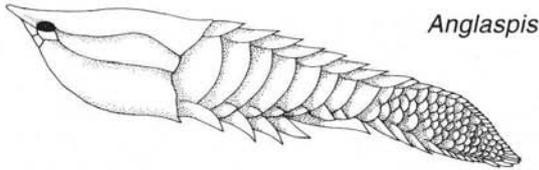
Die ersten und lange Zeit einzigen Wirbeltiere waren Fische. Zahlreiche Formen sind ausgestorben, jedoch bilden die Fische auch heute noch die bei weitem artenreichste Wirbeltiergruppe. Von Fischen stammen mit den Lurchen auch die ersten Landwirbeltiere ab.

Die Zeittafel (S. 40-41) zeigt die zeitliche Erstreckung von 14 "Fisch"-Gruppen, deren Verwandtschaft durch verwandte Farben dargestellt wird. Ausgesuchte Fossilfunde zu fast allen diesen Gruppen ergänzen die Darstellung.

① Kieferlose Fische (Agnatha):

Ostracodermen (nur fossil), Schleimaale und Neunaugen

Der Name Ostracodermen ("Schalenhäuter") spielt auf den Knochenpanzer an, dem wir die gute fossile Überlieferung dieser frühesten bekannten Wirbeltiere verdanken. Die Ostracodermen sind allerdings keine einheitliche Gruppe. Die Bildung und Ausprägung des Exoskeletts war so unterschiedlich, dass man mehrere Ver-



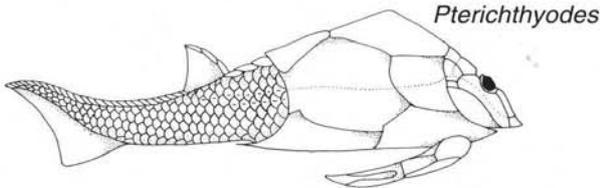
Anglaspis

wandtschaftsgruppen unterscheiden kann. Ausgestellt ist das Modell des Ostracodermen Cephalaspis (Osteostraci) aus dem Devon; siehe auch das Fossil von Drepanaspis (2□2.35). Schleimaale und Neunaugen s. S. 38.

Sämtliche anderen Wirbeltiere (und damit natürlich auch alle nicht agnathen Fische) sind GNATHOSTOMATA. Die Ausbildung des Kieferbogens eröffnete den Fischen eine Vielzahl neuer Ernährungsmöglichkeiten.

Die ersten Kieferfische erscheinen in der fossilen Überlieferung etwa 100 Millionen Jahre nach den ersten Agnatha. Ihre Herkunft ist unbekannt: Keiner der bekannten fossilen Kieferlosen kommt als Vorfahr in Betracht. Vermutlich haben sich die Wege beider Gruppen also schon vor dem Erscheinen der ältesten bekannten Agnathen getrennt.

② Panzerfische (Placodermi)



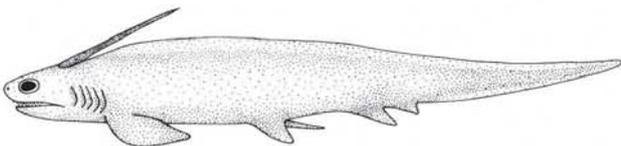
Pterichthyodes

Die eigenartigen Placodermi waren schwer gepanzert und meist abgeflacht, eine Merkmalskombination, die vermuten lässt, dass die Fische am Boden lebten. Die meisten Arten lebten im Meer, nur wenige im Süßwasser. Da die Panzerfische weder mit den Kieferlosen noch mit den Knorpel- oder den Knochenfischen näher verwandt scheinen, ist ihre stammesgeschichtliche Stellung unklar. Ausgestellt ist der Panzerfisch Bothriolepis aus dem Devon Kanadas.

③ Knorpelfische (Chondrichthyes): Chimären, Haie und Rochen

Knorpelfische und Knochenfische haben gemeinsame Vorfahren und erscheinen auch ungefähr gleichzeitig im Fossilbericht.

Knorpelfische – der Name sagt es schon – haben kein knöchernes Innenskelett. Das Knorpelgewebe wird durch oberflächliche Kalkeinlagerungen verfestigt. Eine Schwimmblase fehlt. Alle rezenten Knorpelfische haben eine innere Befruchtung; dazu tragen die Männchen (was auch bei vielen Fossilien zu sehen ist) paarige Begattungsorgane an den Bauchflossen. Oft werden die Eier im Mutterleib ausgetragen; entsprechend wenige Jungtiere schlüpfen dann.

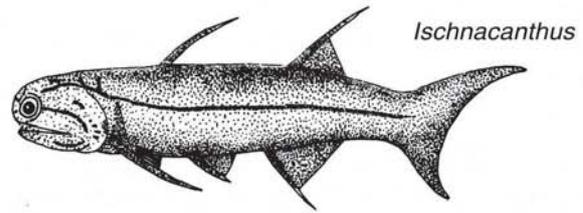


Xenacanthus, ein Hai aus dem Unterperm

Die näher miteinander verwandten Haie und Rochen (Elasmobranchii) gehen mit den Chimären auf gemeinsame Wurzeln zurück. Sowohl im Erdaltertum (Obersilur/Unterdevon) als auch im frühen Erdmittelalter durchliefen die Elasmobranchier adaptive Radiationen, die eine große Formen- und Artenfülle hervorbrachten.

Wir zeigen fossile Beispiele aus allen drei Verwandtschaftsgruppen: die Chimäre Echinochimaera (Karbon, USA), den Hai Xenacanthus (Perm, Deutschland) und den Rochen Rhinobatos (Kreide, Libanon).

④ Stachelhaie (Acanthodii)



Ischnacanthus

Zu den Stachelhaien, einer merkwürdigen Fischgruppe unklarer Verwandtschaft, gehören die ältesten Kieferfische, die bis heute gefunden wurden. Einzelne Flossenstacheln stammen schon aus dem Untersilur.

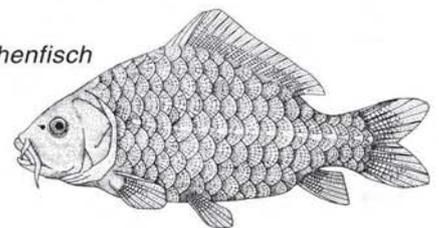
Sie sehen den fossilen Stachelhai Acanthodes (Perm, Deutschland)

⑤ Knochenfische (Osteichthyes)

Unter den Knochenfischen lassen sich zwei große Verwandtschaftsgruppen unterscheiden:

(1) Strahlflosser (Actinopterygii) mit den Knorpelganoiden, Knochenganoiden und Eigentlichen Knochenfischen (Teleostei). – Während die beiden ersten heute nur noch mit wenigen Arten vertreten sind ("lebende Fossilien"), gibt es mehr Arten von Teleostei als Landwirbeltier-Arten. Damit sind die Teleostei bis heute die erfolgreichsten Wirbeltiere (wenn man Erfolg am Artenreichtum misst).

(2) Fleischflosser (Sarcopterygii) mit den Lungenfischen und Quastenflossern. – Von Fleischflossern (und zwar vermutlich von Rhipidistia) leiten sich mit den Amphibien die ursprünglichsten Landwirbeltiere (Tetrapoda) ab.

Eigentlicher Knochenfisch
CyprinusQuastenflosser (Rhipidistia)
Eusthenopteron

Wir zeigen den Knorpelganoidfisch Aeduella aus dem Perm Deutschlands, den Knochenganoidfisch Atractosteus aus dem Tertiär Deutschlands, den Eigentlichen Knochenfisch Tinca aus dem Tertiär Deutschlands, den Lungenfisch Scaumenacia aus dem Devon Kanadas und den Quastenflosser (Rhipidistia) Eusthenopteron aus dem Devon Kanadas. Lepisosteus, einen rezenten Knochenganoiden (lebendes Fossil), finden Sie in 2□2.36.

Kieferlose Fische
Agnatha

Schleimaale
In der Gegenwart nur etwa 32 im Meer lebende Arten.

Neunaugen
Etwa 40 Arten, die im Süßwasser laichen.

Ostracodermen
Zusammenfassende Bezeichnung für die Kieferlosen Fische des Erdalters.

Panzerfische
Placodermi

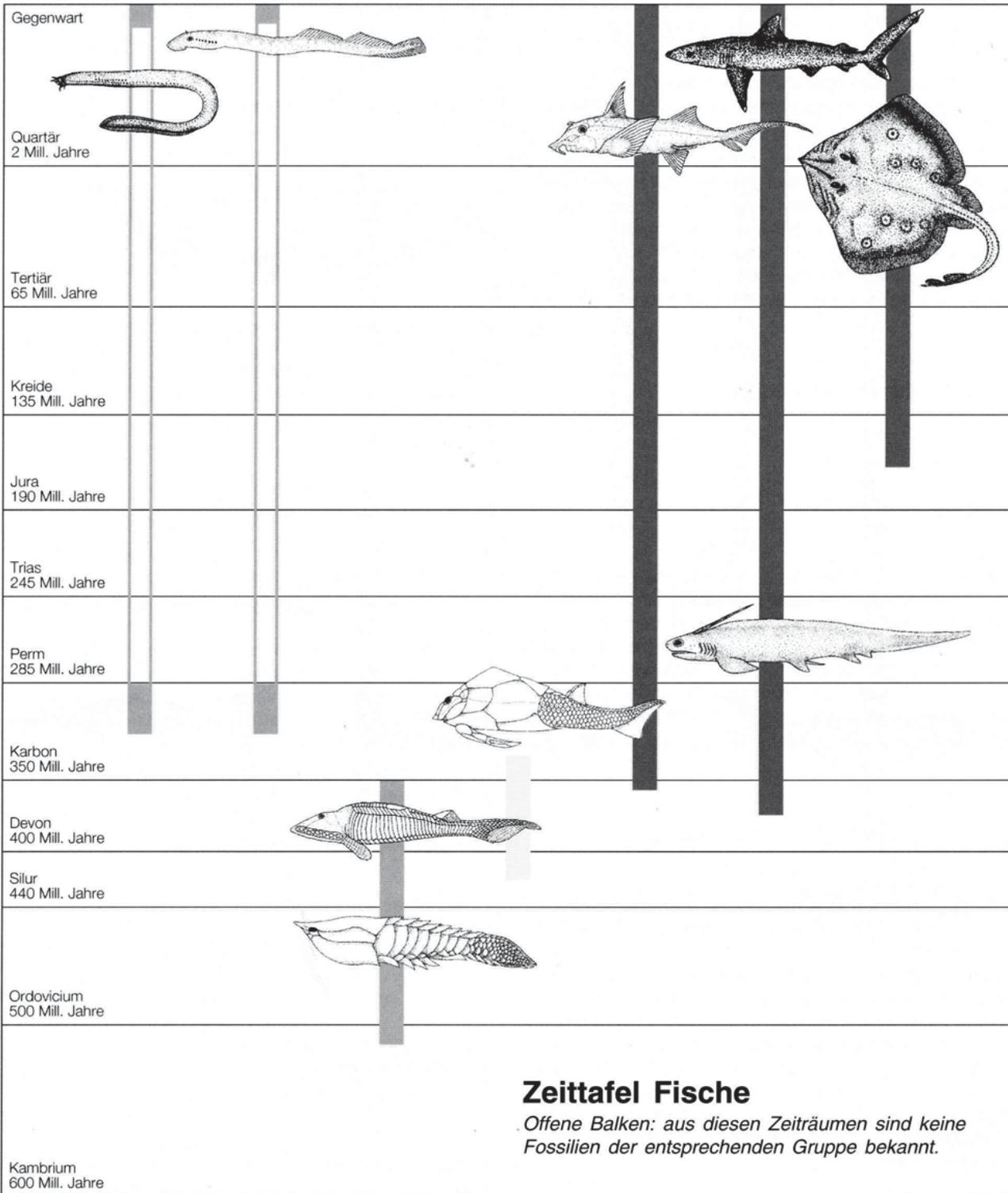
Meist abgeplattete Fische, deren Kopf und Brust mit einem Panzer aus mehreren Platten bedeckt waren.

Knorpelfische
Chondrichthyes

Chimären oder Seekatzen waren vor allem im Karbon häufig. Heute gibt es nur noch etwa 30 Arten im Meer.

Haie
Ursprüngliche Haie waren sehr vielfältig. "Moderne" Haie gibt es ab der Obertrias; heute etwa 360 Arten.

Rochen
Abgeflachte, meist bodenlebende Knorpelfische, von denen es heute über 400 Arten gibt.



Zeittafel Fische

Offene Balken: aus diesen Zeiträumen sind keine Fossilien der entsprechenden Gruppe bekannt.

Kambrium
600 Mill. Jahre

Stachelhaie
Acanthodii

Flossen mit Ausnahme der Schwanzflosse vorne mit Stachel. Trotz ihres Namens mit den Haien vermutlich nicht verwandt.

Knochenfische
Osteichthyes

Knorpelganoiden
Diese Fischgruppe erlebte ihre Blüte im Erdaltertum und erreicht nur mit wenigen Formen (Störe und Flösselhechte) die Gegenwart.

Knochenganoiden
Während des Erdmittelalters häufig. Heute nur noch wenige "lebende Fossilien" (Knochenhechte und Schlammfische).

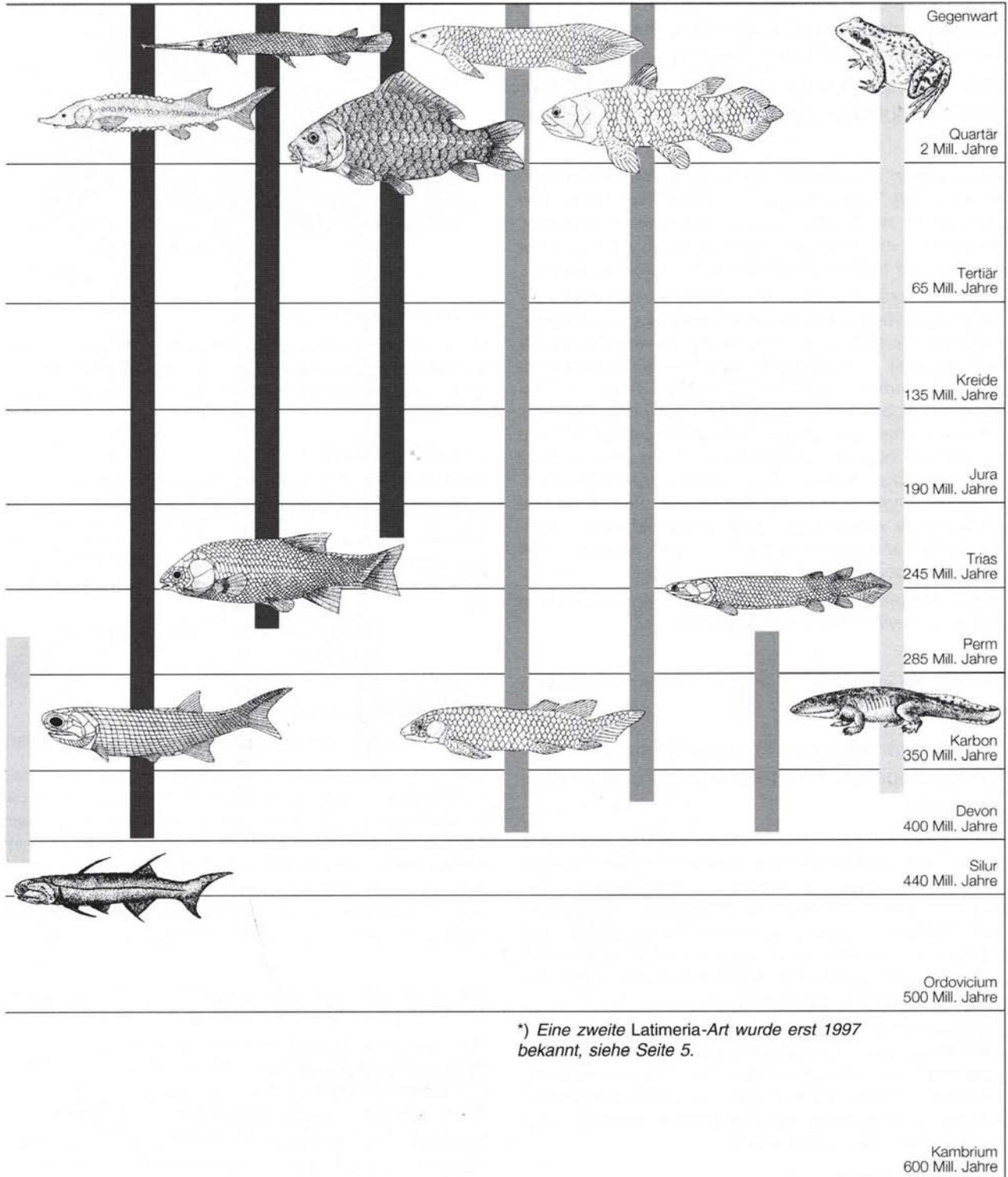
Eigentliche Knochenfische
Mit über 28 000 Arten die dominierende Fischgruppe der Gegenwart.

Lungenfische
Süßwasserfische, die im Erdaltertum artenreicher waren. Heute nur noch sechs Arten in Südamerika, Afrika und Australien.

Quastenflosser
Actinistia
Heute nur noch eine Art: *Latimeria* (siehe Vitrine 2.1.05). *)

Rhipidistia
Vermutlich stammen die Landwirbeltiere von einem süßwasserbewohnenden Quastenflosser aus dieser Gruppe ab.

Lurche
Amphibia



*) Eine zweite *Latimeria*-Art wurde erst 1997 bekannt, siehe Seite 5.

Der Ausstellungsteil "Fische" (2□2.34-47) ist nicht systematisch gegliedert. Aufschluss über die Großgruppen geben die Vitrinen 2□2.35-36, in denen Aussehen und Merkmale von Knochenfischen, Knorpelfischen und Kieferlosen Fischen verglichen werden. Weitere Vitrinen zeigen Fortbewegung, Wanderungen und Ernährung von Fischen sowie einige Beispiele von Symbiosen.

Amphibien: Zeittafel

202.48

Der Übergang vom Schwimmen mit Flossen zum Laufen auf vier Beinen war die auffälligste Veränderung beim Vordringen der Wirbeltiere auf das Land. Lungen hatten schon die Vorfahren der ersten Landwirbeltiere unter den Quastenflossern (siehe Vitrine 202.38). Noch im Erdaltertum erlebten die Amphibien ihre Blütezeit. Als herrschende Wirbeltiergruppe wurden sie dann im Erdmittelalter von den Reptilien, die aus frühen Amphibien hervorgegangen sind, abgelöst.

Der aus dem Griechischen stammende Name "Amphibien" bedeutet "doppeltes Leben". Tatsächlich haben fast alle Lurche zwei Lebensformen: aus wasserlebenden, mit Kiemen atmenden Larven entwickeln sich an Land lebende und mit Lungen atmende erwachsene Tiere.

Amphibien oder Lurche sind zwar die älteste, heute mit etwas über 4000 Arten aber auch die kleinste Klasse der Landwirbeltiere. Es gibt sie auf allen Kontinenten (außer der Antarktis). Ihren Verbreitungsschwerpunkt haben sie in feucht-warmen tropischen Gebieten. Kälte und Trockenheit bilden natürliche Verbreitungsgrenzen für die wechselwarmen und gegen Austrocknung empfindlichen Lurche. Die Haut der Amphibien wird von einem Sekret aus zahlreichen Schleimdrüsen immer feucht gehalten. Ausscheidungen von Giftdrüsen wehren Feinde ab und schützen die empfindliche Haut vor Krankheitserregern. Amphibien atmen nicht nur mit Lungen, sondern auch durch ihre feuchte, stark durchblutete Haut.

In den Vitrinen 202.51-54 stellen wir die drei rezenten Ordnungen mit zahlreichen Beispielen vor.

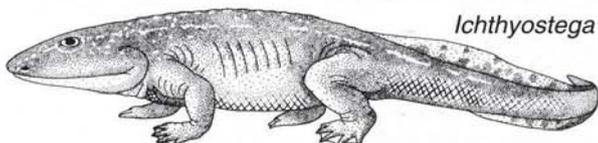
Die Zeittafel unterscheidet drei Verwandtschaftsgruppen:

① Labyrinthzähner (Labyrinthodontier):

Ichthyostegialier, Temnospondylen und Anthracosaurier

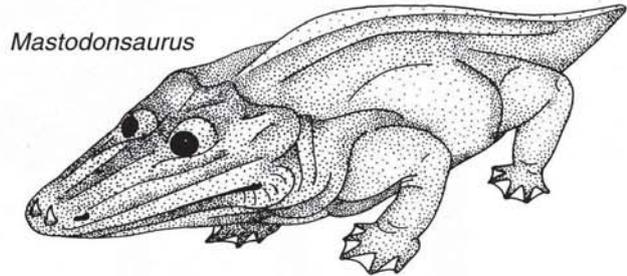
Die frühesten Amphibien (Ichthyostegalia) waren metergroße, schwerfällige, plumpe Tiere mit großen Schädeln und stämmigen Beinen. Viele ihrer Skelettmerkmale lassen sich direkt mit denen der Rhipidistia (Quastenflosser) vergleichen, von denen sie vermutlich abstammen. Allerdings fand man bisher noch keine Übergangsform zwischen den aquatischen Fischen und den schon amphibisch lebenden Ichthyostegalia.

Die große (durch adaptive Radiation entstandene) Vielfalt der Amphibien im Karbon und Perm geht sehr wahrscheinlich auf einen gemeinsamen Vorfahren zurück, der schon ein Tetrapode war. Die Verwandtschaftsbeziehungen der Amphibien des Erdaltertums sind allerdings nur sehr unzureichend bekannt.



Ichthyostega

Das Erdmittelalter erlebten aus der Gruppe der Labyrinthodontier nur die Temnospondylen, und zwar überwiegend mit aquatischen Formen. Auf dem Land waren die aufstrebenden Reptilien wohl überlegen. Die Temnospondylen brachten die größten Amphibien hervor, die jemals auf der Erde gelebt haben. Mastodonsaurus konnte bis 3,5m (nach neue Funden sogar 6m) lang werden. Er lebte vor etwa 220 Millionen Jahren. Als Bewohner von Sumpfniederungen jagte er im Wasser Fische und andere Amphibien, hielt sich aber auch an Land auf.



Mastodonsaurus

② Seymouriamorphen

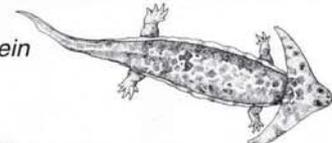
Nahe mit den Anthracosauriern verwandte und an eine terrestrische Lebensweise angepasste Amphibien, aus deren Verwandtschaft vielleicht die Reptilien stammen.

③ Lepospondylen:

Microsaurier, Nectridier und Aistopoden

Im Gegensatz zu den Labyrinthodontiern eher kleinere Amphibienformen des Erdaltertums unklaren Ursprungs und unbekannter Verwandtschaft. Die Aistopoden sind schlangengartig, die wasserlebenden Nectridier molchartig.

Diplocaulus, ein Nectridier

**④ Moderne Amphibien:**

Froschlurche, Schwanzlurche und Blindwühlen

Fast alle Amphibiengruppen starben am Ende des Erdmittelalters aus, nur wenige Formen überlebten bis zur Unterkreide. Die Radiation der modernen Amphibien begann im frühen Erdmittelalter. Ob sie auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückgehen oder sich unabhängig voneinander aus verschiedenen Vorläufern entwickelt haben, ist nicht geklärt. Lediglich für die Frösche kann man vermuten, dass sie von Temnospondylen abstammen.

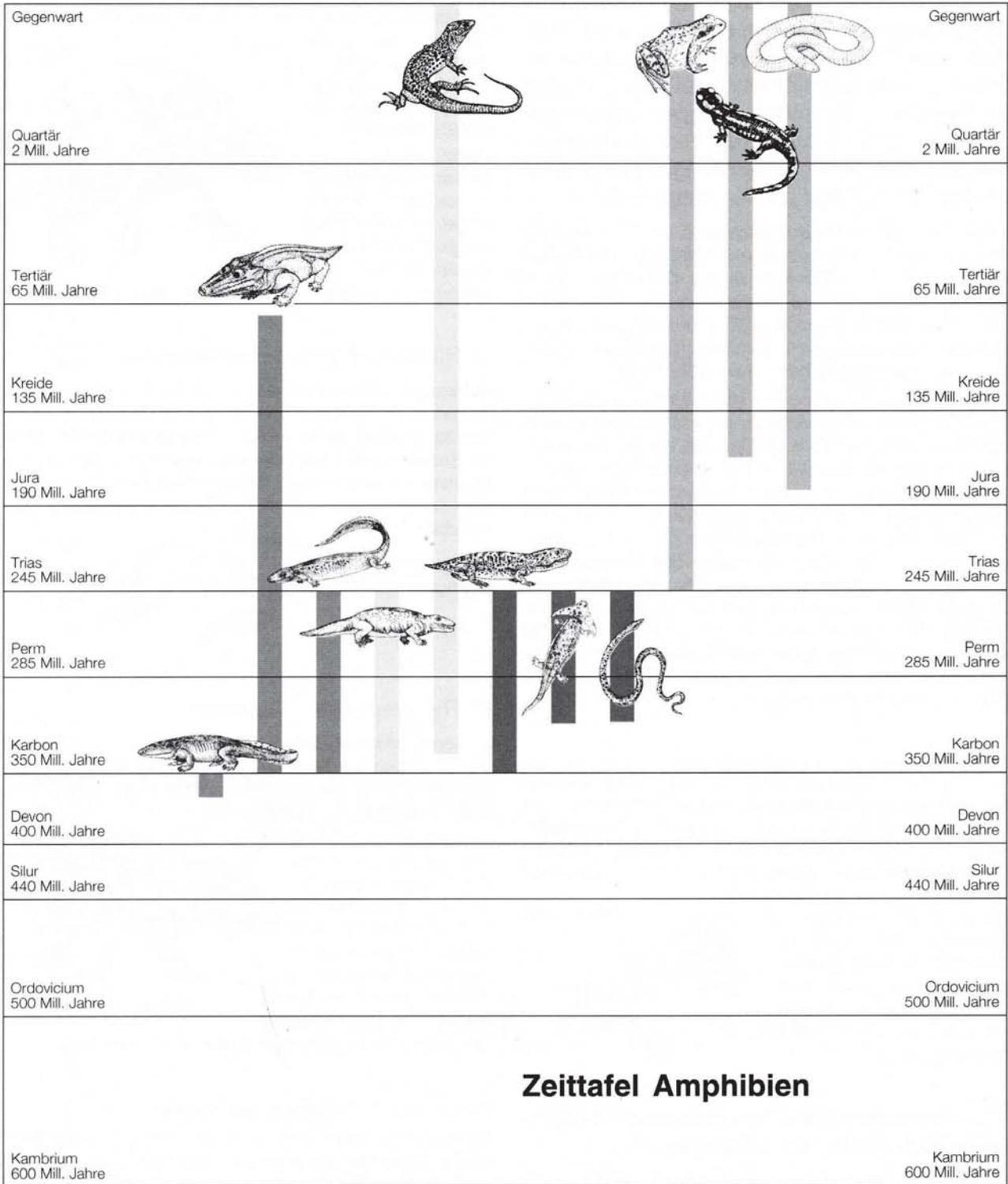
Die ausgestellten Fossilien zeigen verschiedene Formen der Temnospondylen (202.49-50):

Drei der etwa molchgroßen Branchiosaurier aus dem Perm sind ausgestellt, einer davon mit deutlich sichtbaren Kiemenbüscheln, ein zweiter von kaulquappenähnlicher, ein dritter von molchähnlicher Erscheinung.

Ebenfalls aus dem Perm stammt der etwa 270 Millionen Jahre alte, bis 1,5 m lange, wasserlebende Sclerocephalus (ganzes Skelett).

Mastodonsaurus (s.o.) lebte in der Trias. Von ihm zeigen wir einen Schädel und ein Lebensbild. Zahlreiche weitere Mastodonsaurier sowie eine eindrucksvolle Rekonstruktion dieses Riesenlurchs sehen Sie im "Museum am Löwentor".

Ichthyostegaler
 Temnospondylen
 Anthracosaurier
 Seymourianomorphen
Reptilien
 Microsaurier
 Neotritonier
 Aistopoden
 Froschlurche
 Schwanzlurche
 Blindwühlen



Reptilien: Zeittafel

202.55

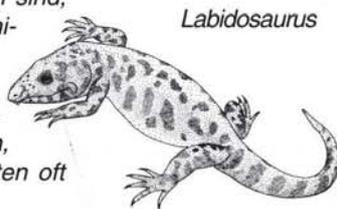
Reptilien waren die ersten Wirbeltiere, die nahezu sämtliche Lebensräume des Festlandes besiedeln konnten. Darüber hinaus gingen einige Gruppen von Reptilien zum Leben im Meer über (zum Beispiel Ichthyosaurier und Ruderechsen). Das Erdmittelalter war das "Zeitalter der Reptilien". Zahlreiche Gruppen starben gegen Ende der Kreidezeit aus. Von frühen Reptilien stammen nicht nur die heutigen Kriechtiere, sondern auch Vögel und Säugetiere ab.

Gegenüber der Vielfalt ausgestorbener Reptilien (Kriechtiere) nimmt sich ihre heutige Artenzahl eher bescheiden aus. Es gibt über 6500 Arten in vier Ordnungen, die in den Vitrinen 202.55-63 präsentiert werden: Schildkröten (etwa 250 Arten), Krokodile (22 Arten), Brückenechsen (1 Art; 201.05), Schuppenkriechtiere mit Echsen, Schlangen und Doppelschleichen (etwa 6250 Arten).

Von Amphibien unterscheiden sich Reptilien auf den ersten Blick durch ihre trockene, mit Hornschuppen oder -schildern bedeckte Haut. Sie schützt vor Austrocknung. Reptilien können deshalb selbst in trockenen und heißen Wüsten leben. Auch ihre Fortpflanzung macht Reptilien wesentlich unabhängiger vom Wasser als Amphibien. Nach innerer Befruchtung legen die meisten Arten Eier, die durch eine pergamentartige oder kalkige Schale geschützt sind. Im Innern des Eis umschließt zusätzliche Hüllen, darunter das Amnion, eine flüssigkeitsgefüllte Höhle, in der sich der mit einem Dottervorrat ausgestattete Embryo entwickelt. Reptilien bilden zusammen mit den von ihnen abstammenden Vögeln und Säugern die Gruppe der Amniota.

① Stammreptilien, Mesosaurier und Schildkröten

Als Stammreptilien bezeichnet man die sehr frühen und ursprünglichen Reptilien ohne zusätzliche Schädelöffnung. Aus ihnen entwickelten sich alle höheren Amnioten. Nahe verwandt sind die Mesosaurier, die zur aquatischen Lebensweise übergegangen sind, wie es nach ihnen noch einige andere Stammeslinien der Reptilien taten. Weil sie ebenfalls ein geschlossenes Schädeldach aufweisen, werden auch die Schildkröten oft hier eingereiht.



Labidosaurus

② Lepidosauromorpha: Eosuchier und Schnabelköpfe, Eidechsen und Schlangen

Von den Schildkröten abgesehen gehören alle lebenden Reptilien zu den Diapsiden, zu den Arten mit zwei zusätzlichen Schädelfenstern also. Die nächsten Verwandten der heutigen Brückenechse, Eidechsen und Schlangen (die als Lepidosaurier zusammengefasst werden und die überwiegende Zahl der rezenten Arten stellen) sind die ausgestorbenen Eosuchier.

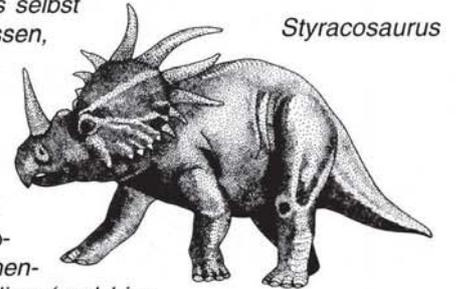


Eosuchier

③ Archosauromorpha: Thecodontier, Krokodile, Dinosaurier und Flugsaurier; Vögel

Von dieser Gruppe haben nur die Krokodile das Ende der Kreidezeit überlebt. Die spektakulären Dinosaurier sind dagegen ebenso wie die Flugsaurier, die den Reptilien des Erdmittelalters selbst den Luftraum erschlossen, dem Massen-Aussterben an der Wende Kreide/Tertiär zum Opfer gefallen.

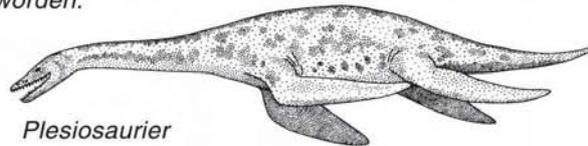
Dieser Verwandtschaft entstammen auch die Vögel, die über Archaeopteryx-ähnliche Zwischenglieder mit den Reptilien (und hier vermutlich mit frühen Dinosauriern) verbunden sind.



Styracosaurus

④ Ruderechsen und Ichthyosaurier

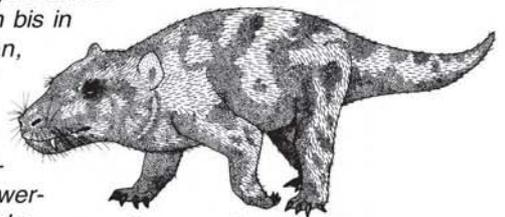
So wie die Dinosaurier die terrestrischen Lebensräume dominierten, versiedelten verschiedene an das Wasserleben angepasste Gruppen die Meere. Auch sie überlebten die Wende Kreide/Tertiär nicht. Allerdings waren vor allem die am höchsten spezialisierten marinen Reptilien, die Ichthyosaurier, schon lange vor dieser Zeitenwende seltener geworden.



Plesiosaurier

⑤ Theromorphen; Säugetiere

Säugerähnliche Reptilien entstanden schon sehr früh in der Evolution der Reptilien. Die hauptsächlich im Oberkarbon/Perm vorkommenden, zunächst an heutige Warane erinnernden Pelycosaurier und die vom Oberperm bis in die Jurazeit lebenden, sehr vielgestaltigen und zum Teil recht großen Therapsida, die schon einige Säugermerkmale aufweisen, werden hier als Theromorphen Reptilien zusammengefasst. Die Säugetiere erscheinen gegen Ende der Trias.



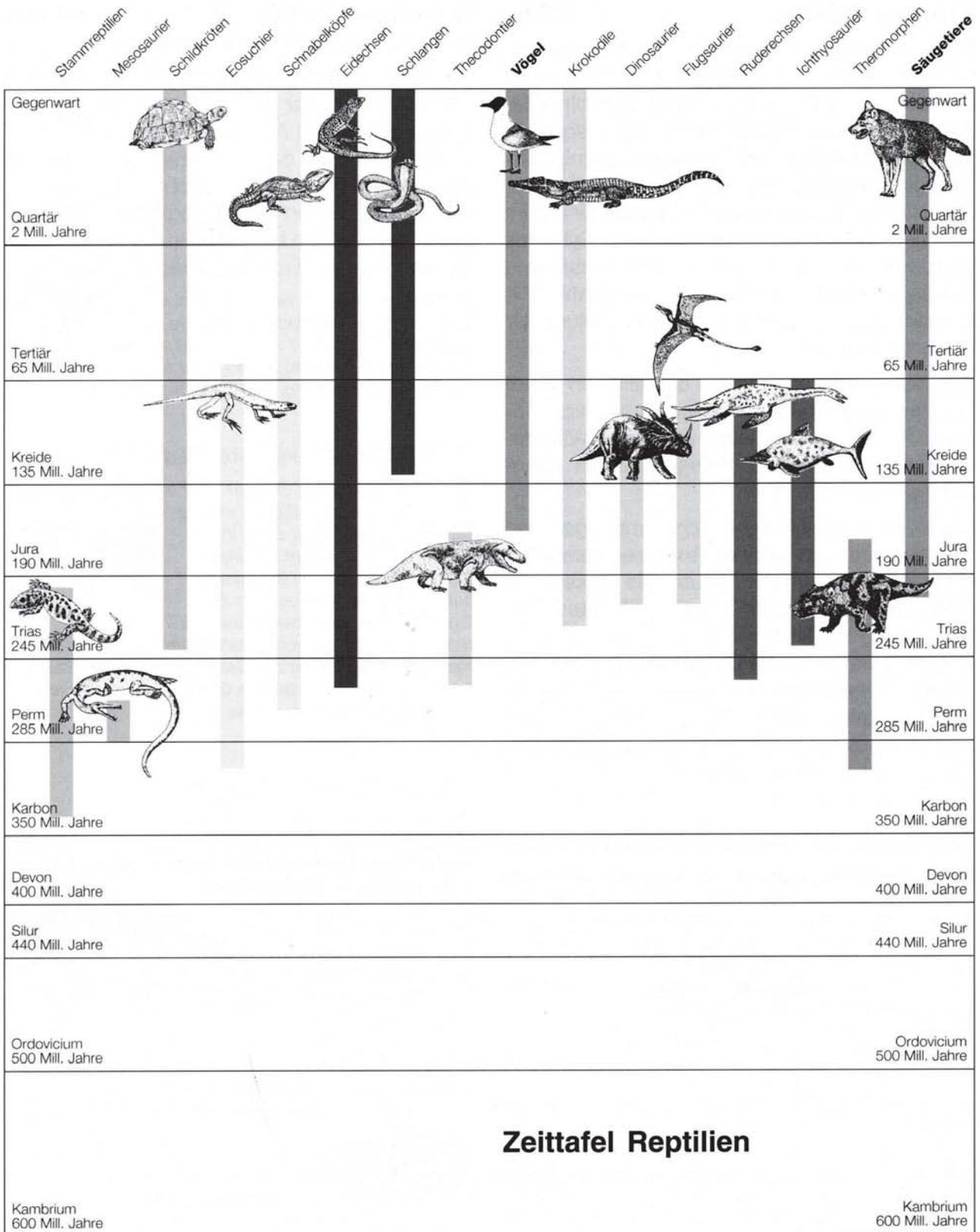
Cynognathus

Einige Fossilien begleiten die Zeittafel:

Mesosaurus (Perm, Brasilien) als Beispiel für ein limnisches Reptil (Mesosaurier sind nicht nur aus dem östlichen Südamerika, sondern auch aus Südafrika bekannt – ein Hinweis auf die frühere Verbindung beider Kontinente)

Flugsaurier Pterodactylus (Jura, Deutschland) als Beispiel für ein Reptil, das den Luftraum erschlossen hat
Schädel der Ruderechse Simosaurus (Trias, Deutschland) als Beispiel für ein marines Reptil

Schädel des landlebenden Theromorphen Reptils Lystrosaurus (Trias, Südafrika)



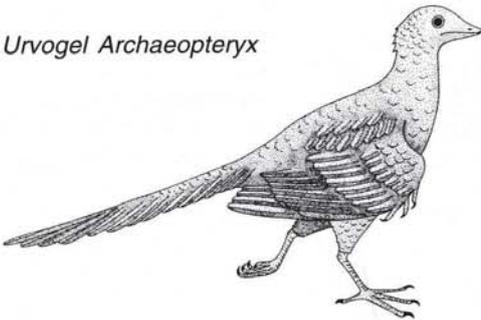
Vögel: keine Zeittafel

2□3.01

Vögel stammen von Reptilien ab. Der älteste bekannte Vogel ist *Archaeopteryx lithographica* aus den 140 Millionen Jahre alten Solnhofen Plattenkalken des oberen Juras. *Archaeopteryx* zeigt viele Reptilienmerkmale, so dass einige der wenigen Skelettfunde zuerst als Saurier beschrieben worden sind. Reptilienartig sind zum Beispiel die bezahnten Kiefer, der lange Schwanz und die dreifingerige Hand. Vogelmerkmale sind insbesondere die Federn, das zum Gabelbein verwachsene Schlüsselbein und die Stellung der Hinterzehe.

Aus der Kreidezeit (135 bis 65 Millionen Jahre vor heute) gibt es nur wenige Funde von Vögeln. Fossil erhalten sind vor allem Wasservogelreste, darunter die flugunfähigen Zahntaucher (*Hesperornis*).

Die meisten der heutigen Vogelordnungen und -familien sind erst aus der Tertiärzeit belegt (65 bis 2 Millionen Jahre vor heute). Die Messelralle (*Messelornis cristatus*) aus der Ordnung der Kranichvögel (Gruiformes) lebte vor etwa 50 Millionen Jahren in der Umgebung des Messel-sees bei Darmstadt. Messelralen waren Landvögel. Auffallend lange Beine und kleine Flügel zeigen, dass sie gut laufen, aber schlecht fliegen konnten. – Bei einem weiteren, ebenfalls aus der Grube Messel stammenden Vogel ist der Umriss des Federkleids erkennbar.

Urvogel *Archaeopteryx*

Die schlechte Datenlage hat uns bewogen, keine mit der Zeittafel bei den übrigen Wirbeltiergruppen vergleichbare Darstellung zu versuchen, sondern die Stammesgeschichte der Vögel nur mit wenigen Worten zu streifen und einige Fossilien zu zeigen: einen Abguss von *Archaeopteryx* mit zwei Rekonstruktionszeichnungen (Flieger und Läufer), die Fotografie einer in Bernstein eingebetteten Feder, eine Rekonstruktionszeichnung von *Hesperornis* und zwei fossile Vögel aus Messel.

Die nachfolgende Vogel-Ausstellung ist nicht nach systematischen Gesichtspunkten konzipiert. Tafel 2□3.02 gibt aber einen Überblick über die heutigen Vogelordnungen.

Säugetiere: Zeittafel

2□4.01-02

Säugetiere (Mammalia) sind schon vor mehr als 200 Millionen Jahren aus Reptilien hervorgegangen. Das "Zeitalter der Säugetiere" begann jedoch erst mit dem Aussterben zahlreicher Reptilien gegen Ende der Kreidezeit. Innerhalb kurzer Zeit (geologisch betrachtet) entfalteten sich die Säugetiere. Schon zu Beginn des Tertiärs, das vom Paleozän bis zum Pliozän dauerte, besiedelten sie die Erde in großer Vielfalt.

Die beiden Zeittafeln zeigen sehr eindrucksvoll die frühe Entstehung der Säugetiere und ihre adaptive Radiation nach dem Aussterben vieler Saurier an der Zeitenwende Kreide/Tertiär. Eingefügt sind zwei fossile Skelette des Paarhufers *Leptomeryx* aus dem Oligozän der USA.

① Ursäuger, Kloakentiere, Beuteltiere

Die ältesten echten Säuger glichen den heutigen Spitzmäusen in Aussehen und vermutlich auch in der Lebensweise (nachtaktive Insektenfresser). Im Verlauf der Jurazeit haben sich die eigenartigen Eierlegenden Säuger (Kloakentiere) mit ihren zahlreichen ursprünglichen Merkmalen von den gemeinsamen Vorfahren der Beuteltiere und der Placentatiere getrennt. Diese beiden Gruppen stammen von gemeinsamen Vorfahren ab, die wohl in der frühen Kreidezeit gelebt haben.

**② Zahnarme und Schuppentiere**

Die Zahnarmen umfassen in unserer Darstellung die südamerikanischen Ameisenbären, Gürteltiere und Faultiere. Die Ähnlichkeit zwischen Ameisenbären und den altweltlichen Schuppentieren beruht wohl zum großen Teil auf Konvergenz.

**③ Insektenfresser**

Schädel, Gebiss, Extremitäten und Gehirn sind bei manchen Insektenfressern (z.B. Spitzmäuse, Igel, Tanreks) sehr ursprünglich gebaut, so dass sie zu den primitivsten heutigen Placentatiern gezählt werden.

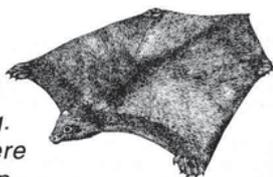
**④ Spitzhörnchen und Primaten**

Eine differenzierte Zeittafel für die Primaten finden Sie in Raum 2□5 und auf S. 50. Über die Stellung der Spitzhörnchen s. S. 29.



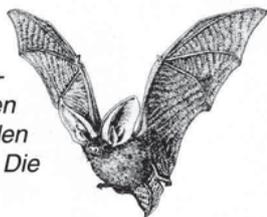
⑤ Pelzflatterer

Artenarme Ordnung (nur zwei Arten) unklarer Abstammung. Möglicherweise besteht nähere Verwandtschaft zu den Primaten.



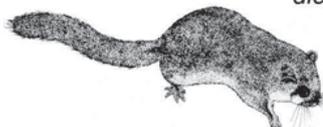
⑥ Fledertiere

Artenreiche Gruppe hoch spezialisierter Säuger. Fluganpassungen und Echoortung sind schon bei den ältesten Fossilfunden entwickelt. Die Vorläufer sind unbekannt.



⑦ Rüsselspringer, Nagetiere und Hasenartige

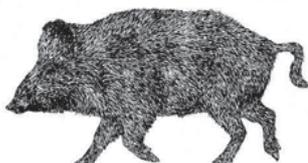
Die Ähnlichkeiten von Nagern und Hasen scheinen, was lange umstritten war, tatsächlich auf gemeinsame Abstammung zurückzugehen. In jüngerer Zeit wird diskutiert, ob die früher zu den Insektenfressern gestellten Rüsselspringer näher mit den Hasentieren verwandt sind.



⑧ Urhuftiere, Wale, Paarhufer, Unpaarhufer, Schliefer, Sirenen und Rüsseltiere

Die Urhuftiere (Condylarthra) gelten als Stammgruppe aller anderen hier aufgeführten Ordnungen.

Die Evolution der Wale zeigt ein eigener Stammbaum (3□1.16, S. 52).



⑨ Urraubtiere, Landraubtiere und Wasserraubtiere

Die ausgestorbenen Urraubtiere werden in eine eigene Ordnung gestellt, da nicht geklärt ist, ob die "modernen" Raubtiere von ihnen abstammen oder parallel entstanden sind. Relativ spät haben die Raubtiere auch das Wasser erobert, wobei Ohrenrobben / Walrosse und Hundsrobben vielleicht von verschiedenen Landraubtieren abstammen.



⑩ Röhrenzähler

Diese Ordnung umfasst nur eine Art, deren Abstammung ungeklärt ist. Zu sehen ist das Erdferkel im Savannen-Diorama in Raum 3□6.



Die Säugetier-Ausstellung ist, ähnlich wie die über Amphibien und Reptilien (aber wesentlich ausführlicher), in einen allgemeinen und einen systematischen Teil gegliedert. Im allgemeinen Teil finden Sie Informationen über Fell und Thermoregulation, Fortpflanzung und Jungenaufzucht, Zähne und Gebisse, Fortbewegung und Domestikation.

Der systematische Teil zeigt in Raum 2□4 Eierlegende Säugetiere, Beuteltiere aus Südamerika und Australien, Rüsselspringer und Insektenfresser, Fledertiere, Zahnarme oder Nebengelenktiere (dazu gehören Ameisenbären, Gürteltiere und Faultiere), Schuppentiere, Nagetiere, Raubtiere und Huftiere, in Raum 2□5 die Primaten.

In Raum 3□1 wird nicht nur die Biologie, Ökologie und Verbreitung der Meeressäuger, sondern auch ihre systematische Gliederung ausführlich dargestellt.

Ebenso finden Sie im Ausstellungsbereich "Lebensräume der Erde" zahlreiche Säugetiere aus fast allen Ordnungen (lediglich die Dermoptera sind nicht dabei). Hier lassen sich an zahlreichen Beispielen Anpassungen und Einnischung ebenso wie grundsätzliche Fragen der unterschiedlichen Artenvielfalt in den einzelnen Ökozonen diskutieren.

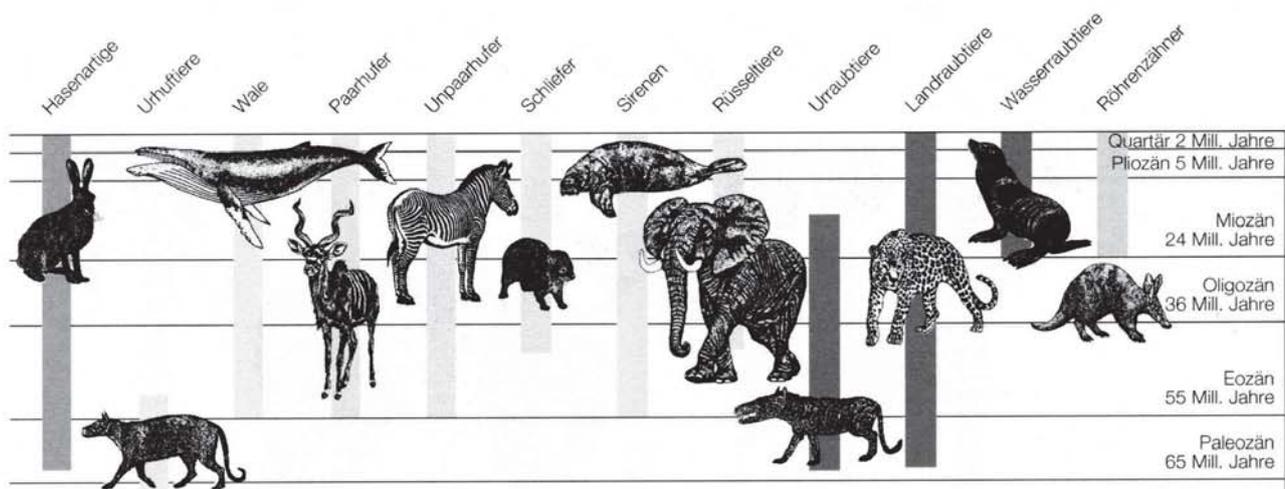
4 Ein Blick in das Museum am Löwentor...

Die geologisch-paläontologische Ausstellung im zweiten Haus des Stuttgarter Naturkundemuseums, dem Museum am Löwentor, ist in erster Linie den Fossilfunden aus Baden-Württemberg gewidmet.

Der Einführungsteil dieser Ausstellung führt aber weit über diesen räumlichen Rahmen hinaus. Er gliedert sich in zwei Bereiche, eine historisch orientierte Darstellung der Erdzeitalter und der Lebensentwicklung der letzten 600 Millionen Jahre einerseits und einen systematisch aufgebauten Überblick über wichtige Fossilgruppen andererseits.

Berühmt ist das Museum aber vor allem wegen der einzigartigen Fossilien aus SW-Deutschland, die den größten Teil der Ausstellung einnehmen. Sie stammen aus den Erdzeitaltern Trias, Jura, Tertiär und Quartär. Die Ausstellungskonzeption folgt der Geschichte: von den ältesten Funden, die etwa 230 Millionen Jahre alt sind, bis zu den Eiszeittieren, die noch vor wenigen tausend Jahren bei uns gelebt haben.

Der Besuch beider Häuser des Stuttgarter Naturkundemuseums vermittelt einen umfassenden Überblick über die Entwicklung des Lebens auf unserer Erde.



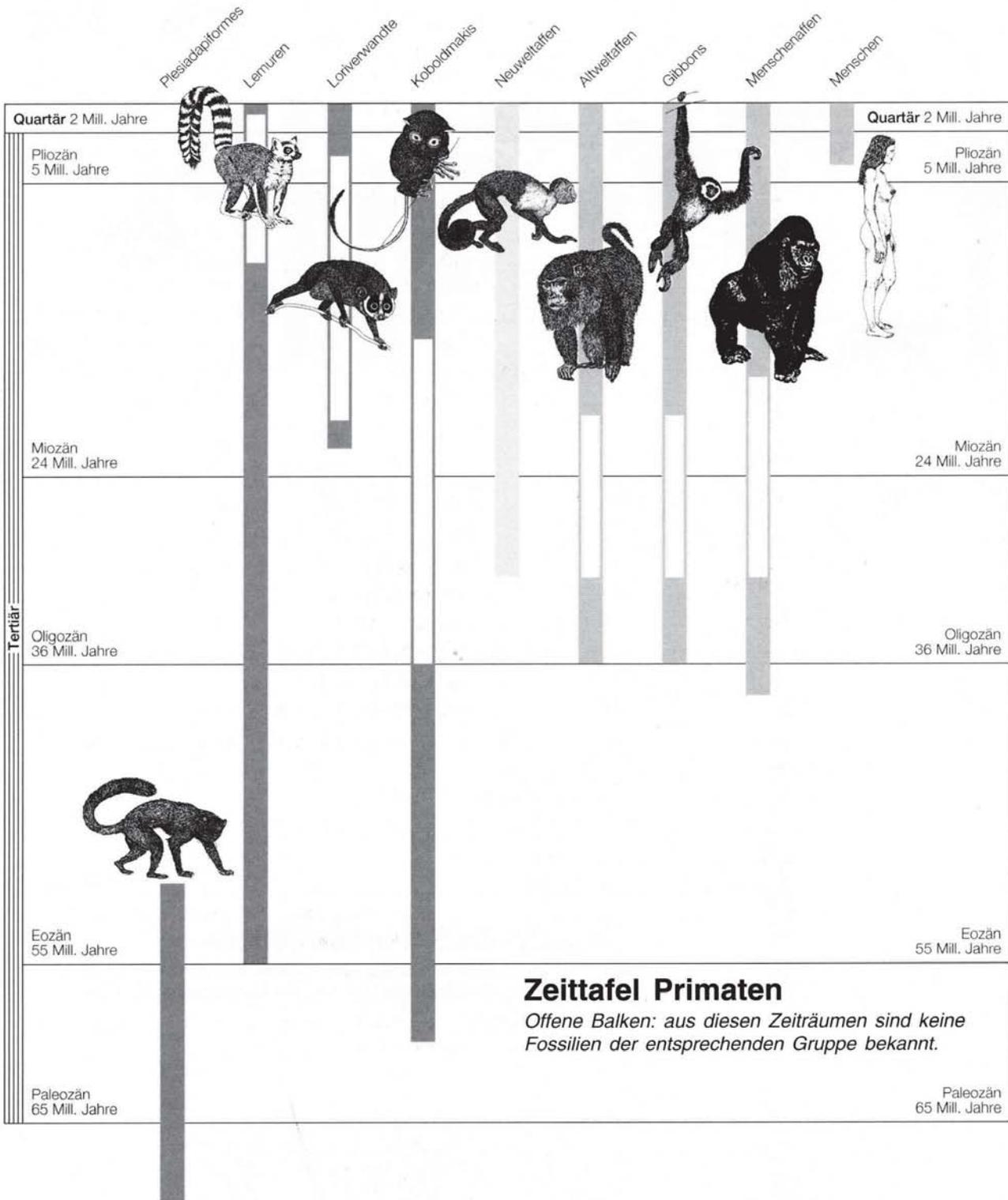
Kreide
135 Mill. Jahre

Jura
190 Mill. Jahre

Zeittafel Säugetiere

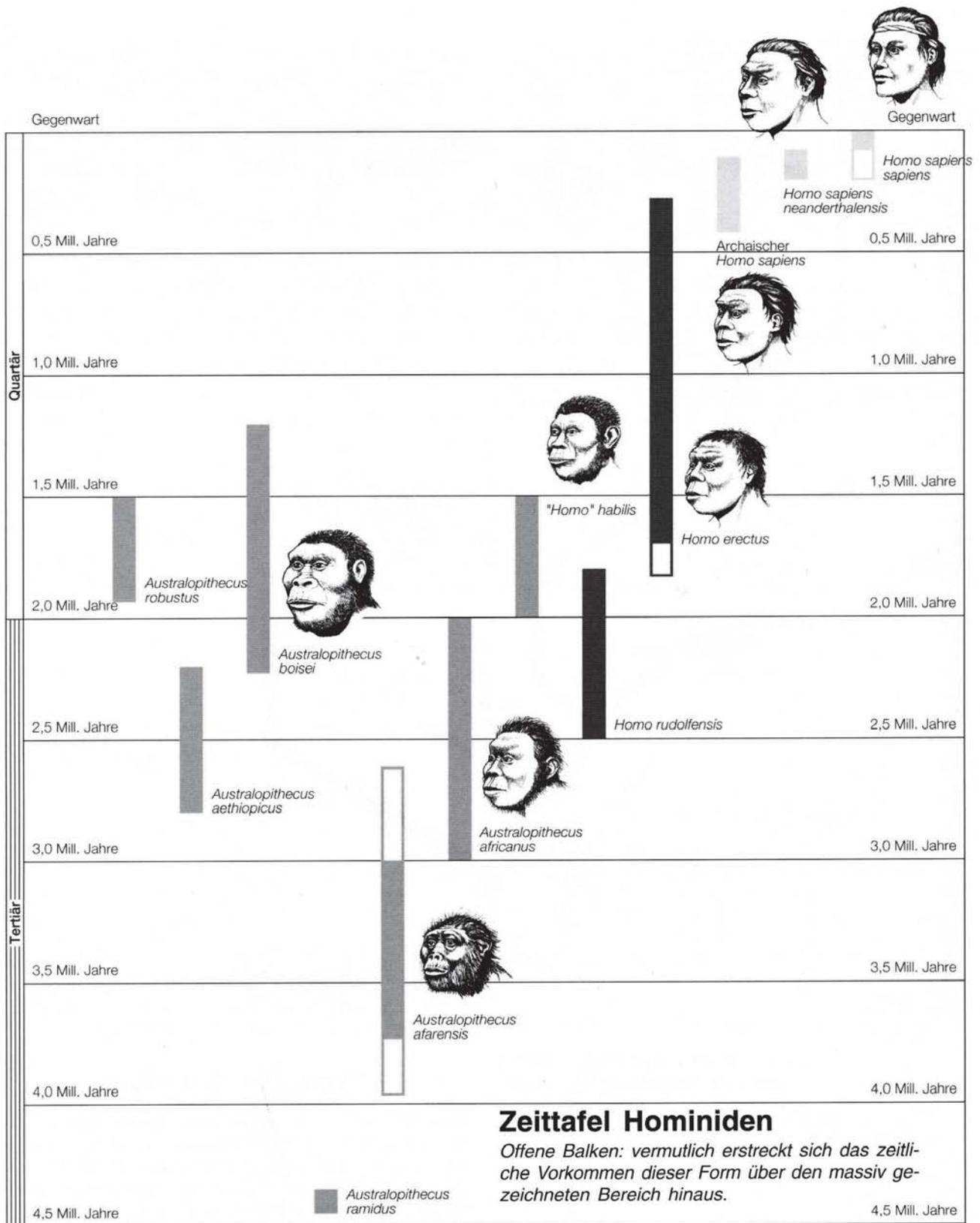
Offene Balken: aus diesen Zeiträumen sind keine Fossilien der entsprechenden Gruppe bekannt.

Trias
245 Mill. Jahre



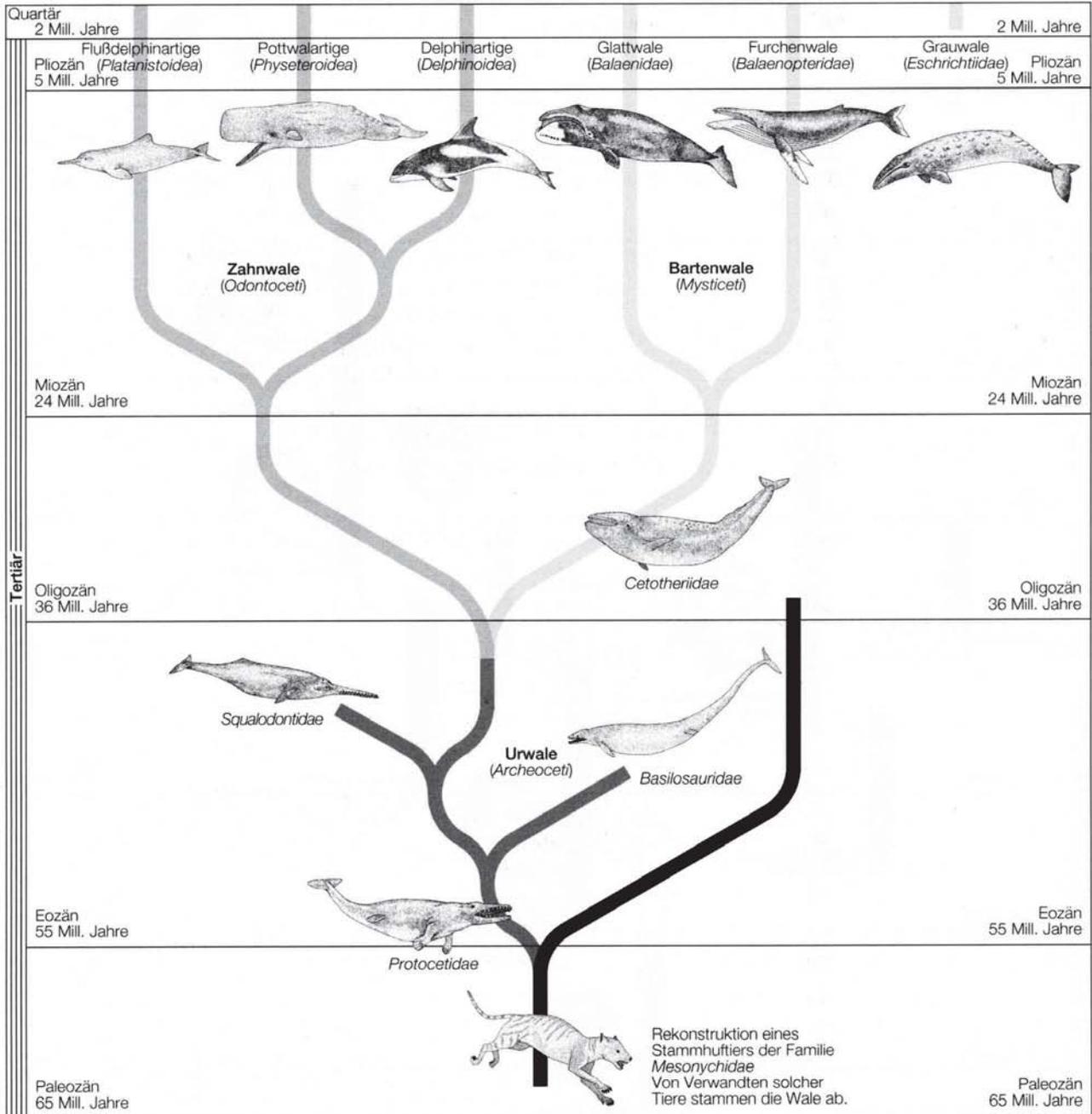
Das älteste Primatenfossil, ein einzelner unterer Backenzahn, stammt aus der oberen Kreide von Montana (Nordamerika). Besser bekannt ist der im Paleozän lebende *Purgatorius*, ein winziger Primat, der wenig mehr als 20 Gramm wog. Von ihm könnten sich die anderen Primatengruppen ableiten, während die (im Stammbaum abgebildete) Gattung *Plesiadapis* wegen einiger Eigentümlichkeiten des Gebisses als Vorfahr ausscheidet. Typisch für ursprüngliche Primaten ist eine geringe Spezialisierung des Bewegungsapparates.

Die Halbaffen (Lemuren, Loriverwandte und Koboldmakis) repräsentieren ein "Evolutionsebene", keine engere Verwandtschaftsgruppe. Schon im unteren Eozän lassen sich unter den Primaten Nordamerikas und Europas zwei Gruppen deutlich unterscheiden. Vermutlich haben sich die Wege der Lemuren/Loris und der Koboldmakis also schon sehr früh getrennt. Die Abstammung der höheren Affen und ihre Verwandtschaftsverhältnisse sind ungenügend bekannt (siehe auch S. 29).

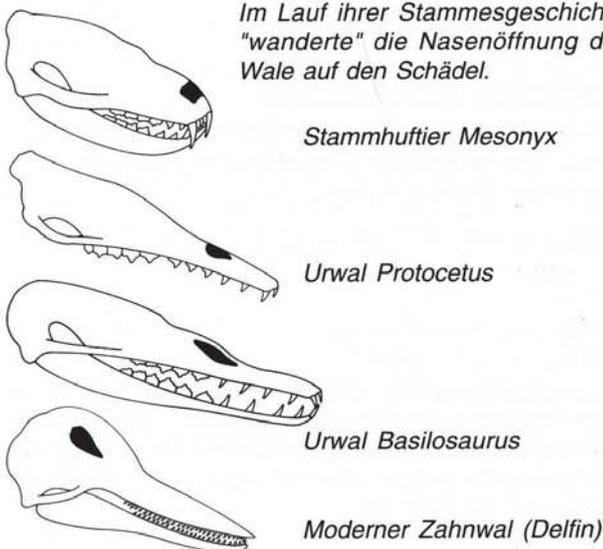


Es gibt keine Gruppe, für die auch nur annähernd so viele Stammbaum-Vorschläge gezeichnet wurden (und werden) wie für die Hominiden. Nahezu jeder Neufund eines Vor- oder Frühmenschen mündet fast zwangsläufig (manche sagen: fast zwanghaft) in der Konstruktion eines neuen Stammbaumes.

Auch unser Vorschlag ist natürlich nur einer unter vielen und in manchen Details sicher überholt. Bitte beachten Sie deshalb die Einführung zur Zeittafel auf Seite 30 und die Diskussion einiger offener Fragen zur Evolution der Hominiden auf Seite 36.



Im Lauf ihrer Stammesgeschichte "wanderte" die Nasenöffnung der Wale auf den Schädel.



Evolution der Wale

Im frühen Tertiär – die vorher herrschenden Saurier waren ausgestorben und die adaptive Radiation der Säugetiere setzte ein – übernahmen ursprüngliche Huftiere, die Mesonychiden, die Rolle der beutegreifenden Großsäuger. Von ihnen stammen, wie zahlreiche Details im Bau von Schädel und Gebiss belegen, die Wale ab. Die ältesten Wale (Protocetidae) wurden im Küstenbereich des ehemaligen Tethys-Meeres gefunden (Afrika, Indien). Sie waren etwa 3 m lang, hatten noch deutlich sichtbare Hinterextremitäten, mehrwurzelige Backenzähne und eine vorne liegende Nasenöffnung. Bei heutigen Walen ist die Nasenöffnung auf den Kopf verschoben, die Zähne sind gleichförmig. Trotz erheblicher Unterschiede haben Zahn- und Bartenwale doch so viele gemeinsame Merkmale, dass sie vermutlich von einem gemeinsamen Vorfahren innerhalb der Urwale abstammen.

Evolution – Ausstellungs- und Materialband

4. Auflage 2010



Text und Gestaltung: Ulrich Schmid – Grafiken: Isabel Koch, Peter Walser (zum Teil unter Verwendung von Tierzeichnungen von I. Koch; S. 2, 6, 9, 11, 13, 14, 15, 40-41, 43, 45, 48-52), Silke Franz (S. 19 p.p.), Markus Grabert (S. 21), Christine Stier (S. 35 p.p.) und Micaela Stierle (S. 28 p.p.)

© Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart. Alle Rechte vorbehalten. Verwendung nur mit Quellenangabe.

Bezug: Gedruckte Auflage vergriffen.

Download: www.naturkundemuseum-bw.de/museumspaedagogik/schloss_rosenstein/materialien/materialband

Staatliches Museum für Naturkunde, Rosenstein 1, D-70191 Stuttgart
Fon 0711/89360, Fax 0711/8936 100, Mail museum@smns-bw.de
Internet www.naturkundemuseum-bw.de