

# Evolution

## Beispielantworten

Auf der Urerde entstand eine "Ursuppe" mit einfachen anorganischen Molekülen, aus denen später organische Verbindungen entstanden. Vor ca. 3,8 Milliarden Jahren schlossen sich organische Verbindungen in heißen Schloten am Grund der Tiefsee zu ersten einfachen Lebewesen zusammen. Aus den einfachen Lebewesen entwickelten sich alle weiteren Lebensformen.

Fossilien zeigen uns, wie Lebewesen, die früher gelebt haben, ausgesehen haben. Körpermerkmale geben Auskunft über ihre Lebensweise. Je nach Schicht, in der sie gefunden werden, kann man auch herleiten, in welcher Zeit sie gelebt haben.

Frühere Lebensformen haben sich im Laufe der Zeit auf verschiedene Weise verändert und weiterentwickelt. Durch Mutationen sind zufällig Merkmalsunterschiede entstanden, die je nach Umweltbedingungen vorteilhaft oder nachteilig waren. An bestehende Umweltbedingungen besonders gut angepasste Individuen überlebten und pflanzten sich fort, andere starben aus (Selektion). So entwickelte sich im Laufe der Evolution in verschiedenen Lebensräumen und unter wechselnden Bedingungen die heutige Vielfalt an Lebewesen.

Wir Menschen haben gemeinsame Vorfahren mit den heutigen Menschenaffen. Die Urmenschen waren den Affen noch recht ähnlich. Die Entwicklung bis zum heutigen modernen Menschen, dem Homo sapiens, ist durch die Veränderung verschiedener Körpermerkmale wie z. B. der Wirbelsäule, der Hände oder des Gehirns im Zuge der Entstehung einer Kultur gekennzeichnet.

## Beispiellösung zum Schreibauftrag

Heute Morgen sind die Männer aufgebrochen, um ein Tier zu jagen. Die Frauen und wir, die Kinder, bleiben in der Höhle, um mit unseren Werkzeugen, die wir selbst aus Stein hergestellt haben, Nüsse zu knacken und das Holz für das Feuer vorzubereiten. Später gehen wir Beeren sammeln. Wenn die Männer vom Jagen zurückkommen, machen wir das Feuer wieder an und zerlegen das Fleisch. Wir hängen es über das Feuer, so wird es weich und gut essbar.

## Entwicklung von Anfang an

### Stein gewordene Dokumente

#### Aufgabenlösungen

- - 
  - 
  - 
  -
- 1** Deutlich zu erkennen sind der Körperumriss, das Wirbeltierskelett, der bereits pferdeähnliche Schädel und die mehrzehigen Füße.
  - 2** Aus der Zahnform und der Fußform der jeweiligen Pferdefossilien konnte man auf deren Lebensraum und Lebensweise schließen: Laubfresser auf weichem Waldboden, Grasfresser als Fluchttiere in der Steppe.
  - 3** Auf dem weichen Waldboden sinken vierzehige Füße nicht so leicht ein wie einzeilige Hufe.
  - 4** Die Eroberer brachten Pferde als Reit- und Arbeitstiere mit nach Amerika.
  - 5** Zur Tiergruppe der Unpaarhufer gehören drei Familien: die Pferde (einschließlich Esel und Zebras), die Nashörner und die Tapire. Alle Unpaarhufer sind Pflanzenfresser. Gemeinsam ist ihnen der Bau der Gliedmaßen und der Zähne sowie der lange Oberkiefer. Sie haben einen einkammerigen Magen und einen sehr großen Blinddarm. Der Hauptteil der Verdauung findet im Dickdarm statt. Unpaarhufer bringen nach einer langen Tragzeit meist ein einzelnes Junges zur Welt.  
Die kräftigste Zehe ist die Mittelzehe, die übrigen sind mehr oder weniger stark zurückgebildet. Bei den Pferden ist die gesamte Mittelzehe mit einem Huf bedeckt, bei Nashörnern und Tapiren nur der Zehenrand. Tapire haben an den Vorderfüßen vier Zehen. Außerdem besitzen sie einen Rüssel.

## Wie Fossilien entstehen

#### Aufgabenlösungen

- - 
  -
- 1** Fossilien sind erhalten gebliebene Überreste oder Spuren früherer Lebewesen.
  - 2** S. Bild 1 im Schülerbuch: Ein Lebewesen sinkt nach seinem Tod auf den Grund eines Gewässers. Diese Überreste werden rasch von Schlamm, Sand und Geröll bedeckt. So gelangt kein Sauerstoff mehr an den toten Körper und die Überreste bleiben erhalten. Im Laufe der Zeit lagern sich immer mehr Gesteinsschichten darüber ab. Der zunehmende Druck presst das Skelett zusammen. Durch Mineraleinlagerung versteinert es.

#### 3

Versteinering	Ein totes Meerestier sinkt zu Boden und wird von Sedimentschichten überdeckt; Weichteile werden zersetzt; Knochen und Zähne bleiben erhalten und versteinern unter dem hohen Druck.
Steinkern	Sonderform der Versteinering; leere Schale eines Weichtiers wird mit Gesteinsmaterial aufgefüllt, das unter Druck verhärtet.
Inkohlung	In Sumpfgebieten werden abgestorbene Pflanzen unter Luftabschluss zu Torf umgewandelt; durch hohe Temperaturen und den Druck der darüber liegenden Sedimente kommt es zu weiteren Umwandlungen, der Anteil an Kohlenstoff nimmt zu.
Mumifizierung	Unter Luftabschluss in saurem Moorwasser oder durch Einschluss im

	Eis kann ein Körper über lange Zeit vollständig erhalten bleiben.
Bernstein	Bernstein ist fossiles Harz der Bernsteinkiefer; das Harz tritt aus Wunden des Baumes aus und verhärtet an der Luft; sind kleine Tiere wie Insekten darin eingeschlossen, bleiben auch sie fossil erhalten.

4 Konservierend wirken das saure Moorwasser und der Sauerstoffabschluss. In diesem Milieu können Bakterien einen Leichnam nicht zersetzen.

5 Ötzi wurde 1991 von einem Ehepaar aus Deutschland in den Öztaler Alpen gefunden. Das Paar befand sich gerade auf dem Abstieg, als es die Überreste des „Mannes aus dem Eis“ entdeckte. Aufgrund der Gegenstände (z. B. Kupferbeil), die bei Ötzi gefunden wurden, kann man davon ausgehen, dass er eine angesehene Position in seiner Dorfgemeinschaft innehatte. Allerdings gibt es verschiedene Theorien zu seinem Leben und der Todesursache.

Mumien wie Ötzi sind für die Wissenschaft von großer Bedeutung, da man mit ihrer Hilfe Informationen über ihre Lebenszeit erhalten kann, z. B. geben Speisereste im Darm Hinweise auf die Nahrung.

Schwarze Verfärbungen der Lunge weisen auf die große Bedeutung der Feuerstellen hin. Durch DNA-Untersuchung kann man eine Zuordnung zu einer Bevölkerungsgruppe treffen.

Basis  
SB S. 80

## Die Erdzeitalter

### Aufgabenlösungen

1 Individuelle Lösungen. Beispiel: Das Erdmittelalter war das Zeitalter der Dinosaurier, die alle Lebensräume besiedelten (Land, Wasser, Luft) und z.T. sehr groß waren. Es gab nie wieder so viele Reptilien wie in dieser Phase.

2 Neue Erdzeitalter können durch Klimaveränderungen verursacht worden sein. Extreme Trockenheit oder Nässe bzw. Hitze oder Kälte war für bestimmte Lebewesen ein Vorteil, für andere wiederum ein Nachteil. So konnten einige sich gut vermehren und vielleicht sogar Konkurrenten verdrängen, andere gingen in ihrer Anzahl zurück oder starben aus. Einige Erdzeitalter endeten oder begannen wahrscheinlich mit Naturkatastrophen. Die Entstehung der organischen Verbindungen wurde durch Vulkanausbrüche möglich. Das Erdmittelalter endete durch einen Meteoriteneinschlag, der eine massive Staub- und Aschewolke erzeugte, die den Himmel verdunkelte und auch eine Klimaänderung nach sich zog. Diese führte zu Massensterben und zur Entwicklung neuer Arten. Im Erdmittelalter begannen die Kontinentalverschiebungen, die zur Trennung von Tier- und Pflanzengruppen führte.

3  $300\,000 \text{ Jahre} = 0,3 \text{ Mio. Jahre}$   
 $0,3 \text{ Mio. Jahre} / 4500 \text{ Mio. Jahre} = x / 24 \text{ Stunden} \quad | \cdot 24$   
 $0,3 \text{ Mio. Jahre} / 4500 \text{ Mio. Jahre} \cdot 24 \text{ Stunden} = x$   
 $0,0016 \text{ Stunden} = x$   
 $0,0016 \cdot 3600 \text{ Sekunden} = 5,76 \text{ Sekunden}$

Werkstatt  
SB S. 81

## Zeiträume im Modell

### Aufgabenlösungen

1 Beide Modelle zeigen anschaulich, in welchem Größenverhältnis die Zeitabschnitte der Entstehung des Lebens zueinander stehen. Besonders deutlich wird dabei z. B., wie kurz im Verhältnis zu anderen Lebewesen, wie zum Beispiel Libellen, es den Menschen auf der Erde erst gibt.

Das Modell "Die Lebensschnur" verdeutlicht die Relationen optisch. Die große Ausdehnung des Modells vermittelt, dass es sich um einen insgesamt sehr langen Zeitraum handelt. "Die Erdgeschichte in einem Jahr" rechnet die Entstehung des Lebens auf ein Jahr um, bringt sie also auf einen kleineren Maßstab und macht die Relationen dadurch in übersichtlicherer Form anschaulich.

2 Individuelle Lösungen. Es wäre auch eine Darstellung in Tabellen- oder Kreisform möglich.

## Wir stellen Fossilienmodelle her

### Aufgabenlösungen

- 1 Es entstehen Versteinerungen bzw. Steinkerne.
-  2 Sowohl im Modell als auch in der Wirklichkeit füllt sich die Tierschale mit Material, härtet aus und bildet außerdem einen Abdruck im umgebenden Material. Im Modell werden die Fossilien jedoch in sehr kurzer Zeit hergestellt, in der Realität dauert dieser Prozess Tausende bis Millionen Jahre. In dieser langen Zeit lagern sich über den abgestorbenen Tieren so dicke Sedimentschalen ab, dass ein sehr hoher Druck entsteht. Er führt dazu, dass die Sedimente und die Tierschalen zusammengepresst werden und sich zu Stein umwandeln. Im Modell verändert sich das Material nicht.

## Vom Einzeller zum Vielzeller

### Aufgabenlösungen

-  1 Einzeller haben in ihrer einen Zelle Organellen, die alle lebenswichtigen Funktionen erfüllen. Bei einzelligen Tieren wie dem Pantoffeltierchen erfolgt die Nahrungsaufnahme über ein Mundfeld, die Verdauung über Nahrungsvakuolen. Die Fortpflanzung erfolgt meist ungeschlechtlich durch Zellteilung. Vielzeller haben spezielle Organe zur Aufnahme, Weiterleitung und Verdauung der Nahrung. Zur Fortpflanzung stehen Fortpflanzungsorgane zur Verfügung. Durch die geschlechtliche Fortpflanzung wurde die Entstehung veränderter Lebewesen möglich.
-  2 Unter Fotosynthese versteht man den Aufbau von Glucose aus Kohlenstoffdioxid und Wasser mithilfe der Sonnenenergie. Dabei entsteht Sauerstoff. So konnten Bakterien, die zur Fotosynthese fähig waren, die Urozeane und die Luft mit Sauerstoff anreichern. Das war Grundvoraussetzung für andere Lebewesen, die Sauerstoff zum Überleben brauchen. Unter Zellatmung versteht man die Freisetzung von Energie aus organischem Material und Sauerstoff. Dabei entsteht Kohlenstoffdioxid. Dieses Kohlenstoffdioxid kann dann wieder von Fotosynthese betreibenden Lebewesen zur Sauerstoffproduktion genutzt werden.
- 3 Chloroplasten und Mitochondrien entstanden laut einer Theorie der Wissenschaft durch Endosymbiose. Die Endosymbiontentheorie beschreibt den Zusammenschluss von Ur-Bakterien mit anderen einfachen prokariotischen Zellen (Prokarioten: Zellen ohne Zellorganellen und echtem Zellkern). Sie bilden eine Lebensgemeinschaft, von der beide Seiten profitieren – eine Symbiose. Die durch Zusammenschluss aufgenommenen Bakterien entwickeln sich im Laufe der Zeit zu Zellorganellen und Zellkern – es entstanden eukaryotische Zellen. Mitochondrien entstanden durch den Zusammenschluss von Ur-Bakterien und Bakterien, die Sauerstoff nutzen konnten. Chloroplasten hingegen durch die Endosymbiose von Fotosynthese betreibenden Cyanobakterien und Ur-Bakterien. Somit haben pflanzliche und tierische, also auch die menschlichen Zellen ihren Ursprung im Zusammenschluss von Prokaryoten.

## Vom Wasser aufs Land

### Aufgabenlösungen

- 1 Erst nachdem es an Land wirbellose Tiere wie Insekten, Spinnen und Würmer gab, konnten Fleischfresser wie Ichthyostega das Land besiedeln.
- 2 Zunächst besiedelten Pflanzen das Land. Über Zwischenformen entwickelten sie sich zu echten Landpflanzen mit Wurzeln, Festigungsgewebe, Spaltöffnungen und einer Kutikula als Schutz vor zu starker Wasserverdunstung. Würmer, kleine Krebse und die Vorfahren heutiger Insekten waren die ersten Tiere, die den Weg an Land schafften. Sie ernährten sich von abgestorbenen Pflanzenteilen und bildeten selbst die Nahrungsgrundlage für die an Land nachfolgenden Wirbeltiere.
-  3 Grüne Pflanzen sind Produzenten: Sie stellen bei der Fotosynthese ihre Nährstoffe selbst her und sind die Nahrungsgrundlage für die Tiere. Sie müssen deshalb die ersten Lebewesen an Land gewesen sein. Die ersten Landbewohner unter den Tieren waren Pflanzenfresser.
-  4 Landpflanzen: Wurzeln sind für die Wasseraufnahme erforderlich. Leitgewebe ermöglichen den Wassertransport. Abschlussgewebe wirkt als Verdunstungsschutz. Spaltöffnungen regulieren den Gasaustausch. Festigungsgewebe sorgen für aufrechten Stand.

Tiere: Schleimschicht, Hornschuppen, Federn oder Haare schützen vor Wasserverlust und z. T. vor Temperaturschwankungen. Lungen oder Tracheen ermöglichen die Atmung an Land. Beine und Flügel ermöglichen die Fortbewegung. Eier mit Kalkschale oder die Geburt lebender Junge machen die Entwicklung vom Wasser unabhängig.

5

Lurchmerkmale	Fischmerkmale
atmet mit Lungen	
seitlich am Körper sitzende Gliedmaßen	
	Schwanzflosse
	Seitenlinienorgan

Da Ichthyostega sowohl über Lurch- als auch Fischmerkmale verfügt, gilt er als Brückentier zwischen beiden Tierklassen.

Basis  
SB S. 86/87

## Saurier des Erdmittelalters

### Aufgabenlösungen

- Die Ernährungsweise ist an der Form der Zähne ablesbar. Pflanzenfresser: Backenzähne mit breiten Kauflächen wie bei den heutigen Pferden und Rindern (Beispiele: Plateosaurus, Triceratops); Fleischfresser: Zähne lang, spitz, scharf (Beispiel: Tyrannosaurus rex) oder Fanggebiss mit vielen spitzen, nach hinten gerichteten Zähnen (Beispiel: Ichthyosaurier).
- Anders als bei den heutigen Krokodilen und Eidechsen standen die Beine der Dinosaurier senkrecht unter dem Rumpf. Das machte sie zu schnellen Läufern an Land.
- Individuelle Lösung. Hinweis: Der Mensch würde dem Tyrannosaurus in Bild 1 gerade bis zu den Vorderextremitäten reichen.
- Einige Dinosaurier-Fundstätten in Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen, z. B.:
  - Ahrensburg bei Hamburg: Wirbelknochen eines -Dinosauriers
  - Höxter: Knochen eines Plesiosaurus
  - Dortmund: Dinosaurierknochen
  - Ottensen: Zahn eines Iguanodon
  - Obernkirchen: Zahn eines Dinosauriers
  - Minden: Dinosaurierknochen
  - Mönchshagen: Dinosaurierfährten
  - Barkhausen: Dinosaurierfährten
  - Weenzen: Dinosaurierwirbel
  - Göttingen: Knochen von Plateosaurus
  - Bovenden: Knochen von Plateosaurus
- Die Unterscheidung der beiden Gruppen beruht in erster Linie auf der unterschiedlichen Stellung der Beckenknochen:  
Bei den Echtenbeckensauriern sind die Beckenknochen ähnlich angeordnet wie bei anderen Reptilien. Das Darmbein ist groß und klingenförmig. Kräftige Rippen verbinden es mit der Wirbelsäule. Das ebenfalls große Schambein ist nach unten gerichtet und zeigt leicht nach vorne. Dahinter liegt das nach hinten gerichtete Sitzbein. Außerdem haben Echtenbeckensaurier – neben weiteren Gemeinsamkeiten, die bei den Vogelbeckensauriern nicht vorkommen – verlängerte hintere Halswirbel und einen fünften Finger.  
Bei den Vogelbeckensauriern ähnelt die Stellung der Beckenknochen derjenigen der Vögel. Das Schambein der Vogelbeckensaurier ist schmal und stabförmig. Es ist parallel zum Sitzbein angeordnet und weist nach hinten.

Weitere Besonderheiten waren ein Knochen an der Spitze des Unterkiefers und verlängerte Wirbelfortsätze. Im Gegensatz zu den Echtenbeckensauriern waren die Vogelbeckensaurier reine Pflanzenfresser.

Über die Ähnlichkeit in der Form des Beckens hinaus gibt es zwischen den Vögeln und den Vogelbeckensauriern übrigens kaum Gemeinsamkeiten. Vögel sind Echtenbeckensaurier.

Basis  
SB S. 88/89

## Dinosaurier oder Vogel?

### Aufgabenlösungen

○

**1** Als Brückentier bezeichnet man Tiere, die mosaikartig Merkmale zweier unterschiedlicher Tiergruppen aufweisen. Sie gelten als Übergangsformen zwischen diesen Gruppen und sind deshalb wichtige Belege für die Evolution.

○

**2**

Dinosauriermerkmale	Vogelmerkmale
-	Federkleid
bezahnte Kiefer	-
kleines Brustbein	-
Fingerglieder frei	-
Mittelfußknochen nicht verwachsen	-
Schwanzwirbelsäule lang	-
Hinterzehe seitlich abgespreizt	-
-	Schlüsselbeine zum Gabelbein verwachsen

●

**3** Archaeopteryx steht als Brückentier zwischen Dinosauriern und Vögeln. Er stellt eine Übergangsform zwischen beiden Gruppen dar und kann damit als Beleg für Evolution herangezogen werden. Außerdem gibt es Hinweise darauf, dass es unter den Dinosauriern bereits Arten gab, die wie die Vögel gleichwarm waren.

●

**4** Zu erkennen sind: Schädel/Kiefer, Arm- und Beinskelett, nicht verwachsene Fingerglieder, deutliche Federabdrücke, lange Schwanzwirbelsäule, Beckenknochen.

●

**5** Da Archaeopteryx Federn besaß, dürfte er ein gleichwarmes Tier gewesen sein. Federn isolieren gegen die Umgebungstemperatur. Ein wechselwarmes Tier ist jedoch auf Wärmezufuhr von außen angewiesen. Das hätten die Federn verhindert.

●

**6** Individuelle Lösung. Das 1861 bei Solnhofen gefundene erste vollständige Exemplar wurde bald darauf auf Betreiben des britischen Naturforschers Richard Owen vom "Natural History Museum" aufgekauft und blieb dort zunächst unter Verschluss. Owen versuchte so zu verhindern, dass der Fund Darwins Theorie untermauerte.

Infografik  
SB S. 90/91

## Homologe und analoge Organe

### Aufgabenlösungen

- 1** *Homologe Organe* haben den gleichen Grundbauplan, können aber verschiedene Funktionen haben. *Analoge Organe* haben die gleiche Funktion, aber einen unterschiedlichen Grundbauplan.
- 2** Fußglieder, Schiene, Schenkel, Schenkelring, Hüfte
-  **3** Miteinander verwandte Arten zeigen bezüglich ihres Grundbauplans größere Übereinstimmungen als nicht verwandte Arten. Der gleiche Grundbauplan weist auf gemeinsame Vorfahren hin, von denen aus sich die Entwicklung zu den heutigen Formen vollzogen hat. Die ursprünglichen Organe können sich, als Anpassung an den jeweiligen Lebensraum, im Laufe der Zeit in verschiedene Richtungen entwickelt haben und unterschiedliche Funktionen erfüllen.
-  **4** Individuelle Lösungen. Homologe Strukturen am Fledermausflügel sind die knöchernen Strukturen. Sie entsprechen – wie bei den Vögeln auch – im Grundbauplan den Wirbeltier-Vorderextremitäten. Die Flughäute der Tragflächen dagegen sind analoge Strukturen. [Lesestrategie Nr. 6, Nr. 7]
- 5**
-  **a)** Die ähnliche Körpergestalt ist auf die gleiche Lebensweise (Gänge anlegen) im gleichen Lebensraum (Boden) zurückzuführen.
- b)** Maulwurf und Maulwurfsgrille unterscheiden sich grundlegend in ihrem Körperbau. Sie gehören zu ganz unterschiedlichen Tiergruppen: Der Maulwurf ist ein Säugetier mit Innenskelett und Wirbelsäule (Stamm Wirbeltiere). Die Maulwurfsgrille ist ein Insekt mit einem Außenskelett aus Chitin (Stamm Gliederfüßer).

Teilkapitel  
SB S.92- 101

Basis  
SB S. 92

## Mechanismen der Evolution

### Erklärungen für die Artenvielfalt

#### Aufgabenlösungen

- 1** Im Alten Testament wird in der Schöpfungsgeschichte von sieben Schöpfungstagen berichtet, an denen Gott die Welt mit allen Lebewesen erschaffen hat. Dabei war der siebte Tag ein Ruhetag.
- 2** Faulende Materialien werden nach einiger Zeit von Würmern besiedelt. Dass diese dort nicht spontan entstehen, sondern aus vorher abgelegten winzigen Eiern geschlüpft sind, war in früheren Zeiten noch nicht in vollem Umfang bekannt. Vielmehr nahm man an, dass die Mischung von Wärme, Wasser, Luft und Erde zur spontanen Entstehung „niederer“ Lebewesen führte.
- 3** Lamarck glaubte, dass sich die Lebewesen an ihre Lebensbedingungen anpassen und die so erworbenen Merkmale und Fähigkeiten an ihre Nachkommen vererben. Seine Theorie war der Versuch einer naturwissenschaftlichen Erklärung für die Entstehung der Arten. Sie ließ sich allerdings nicht bestätigen. Im Gegensatz zu Lamarck beschreibt Charles Darwin die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl. Kreationisten nehmen den Schöpfungstext der Bibel wörtlich und Aristoteles entwickelte unter dem Eindruck seiner Zeit die Urzeugungstheorie, wonach Lebewesen stets neu entstehen können. Die Beurteilung dieser Theorien erfolgt nach individueller Einschätzung.

Basis  
SB S. 93

## Charles Darwin

### Aufgabenlösungen

- 1** Darwin verglich lebende Tiere untereinander und mit Fossilien, die ähnliche Merkmale aufwiesen. Er folgerte daraus, dass Ähnlichkeiten im Körperbau auf Verwandtschaft und Abstammung von gemeinsamen Vorfahren zurückzuführen sind.
- 2** Abstammungen lassen sich nur durch den Vergleich heutiger Lebewesen mit Resten früherer Pflanzen und Tiere nachweisen.
- 3** Individuen einer Art, z. B. die Vorfahren der heutigen Giraffen, unterscheiden sich geringfügig in ihren Merkmalen. Die Veränderungen laufen in kleinen Schritten ab. Im Konkurrenzkampf um knapper werdende Nahrung gewinnen die Tiere, die an die Nahrungsgewinnung am besten angepasst sind. Auf diese Weise können sich aus Stammarten in langen Zeiträumen neue Arten entwickeln. [Lesestrategie Nr. 7]

## Wie Arten sich verändern

### Aufgabenlösungen

- 1 In jeder Generation gibt es Giraffen mit kürzeren und Giraffen mit längeren Hälsen (ungerichtete Variabilität). Tiere mit längeren Hälsen sind bei Nahrungsknappheit im Vorteil. Sie können sich besser ernähren und haben mehr Nachkommen. Auf diese Weise wird ihre Anzahl immer größer.
- 2 Mutation ist eine Veränderung des Erbmaterials. Als Selektion bezeichnet man die Auslese derjenigen Individuen, die am besten an die jeweilige Lebensweise und die herrschenden Umweltbedingungen angepasst sind. Diese Individuen pflanzen sich erfolgreicher fort.
- 3 Die Recherche sollte folgende Übereinstimmungen ergeben: Giraffe und Okapi sind Paarhufer, haben kleine Hörner, eine lange Greifzunge, ernähren sich von Blättern.
- 4
  - a) Giraffen mit zu kurzen Hälsen erreichen nicht alle Blätter. Giraffen mit zu langen Hälsen haben Schwierigkeiten, die unteren Blätter zu erreichen und beim Trinken (0 B2).
  - b) Nur die Tiere, deren Halslänge der Baumhöhe entspricht, ernähren sich also besser und werden mehr Nachkommen haben als die mit längeren oder kürzeren Hälsen. Daher bleibt die mittlere Halslänge erhalten: Die Selektion hört bei angepasster Halslänge nicht auf, sondern wirkt immer weiter.
- 5 Okapis leben im Regenwald. Ein gleitender Übergang wäre denkbar: Leben am Waldrand, Wechsel zwischen Waldrand und Wald, allmähliches Kürzerwerden des Halses, gedrungene Gestalt, dunkles Fell. Alle genannten Merkmale sind für das Leben im Regenwald von Vorteil: Blätter gibt es auch in mittlerer Höhe reichlich, bessere Bewegungsmöglichkeiten im Dickicht mit kurzem Hals, bessere Tarnung mit dunklem Fell. Tatsächlich haben sich Huftiere als Schnelläufer in der Savanne entwickelt, sodass das Okapi erst während oder nach der Entstehung der Steppengiraffe in den Regenwald gewechselt sein kann.

## Wie neue Arten entstehen

### Aufgabenlösungen

1

Grünspecht	Grauspecht
rote Kopfplatte bei -Männchen und Weibchen	Kopf grau, Männchen mit roter Stirn
kräftiger Bartstreif, beim Männchen schwarz mit rot, beim Weibchen schwarz	Bartstreif schwach, schwarz
Gefieder olivgrün	Gefieder grün-grau
unterer Bauch grünlich	Bauch grau
Ruf schallend, Silben auf gleicher Höhe	Ruf schallend, abfallend
Nahrungssuche überwiegend am Boden	Nahrungssuche an Bäumen

- 1 *Mutation*: Durch Mutationen des Erbmaterials entstehen Unterschiede im Aussehen oder anderer Eigenschaften zwischen den Individuen einer Population.  
*Selektion*: Diejenigen Lebewesen haben die größten Überlebenschancen, die am besten die Umwelt angepasst sind, es findet eine Auswahl (Selektion) statt.

**Isolation:** Werden zwei Populationen einer Art voneinander getrennt und sind dabei unterschiedlichen Umweltbedingungen ausgesetzt, entwickeln sie sich getrennt und immer weiter auseinander. Das kann dazu führen, dass sie mit der Zeit so unterschiedlich sind, dass zwei verschiedene Arten entstanden sind.

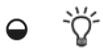
- **2** Eine Art umfasst alle Lebewesen, die sich in den wesentlichen Merkmalen ähneln und die bei einer Paarung fortpflanzungsfähige Nachkommen zeugen können.



**3**

Grünspecht	Spechtart, die aus der gleichen Ursprungsart wie der Grauspecht entstanden ist. Die Population der Ursprungsart wurde in der Eiszeit in zwei Teilpopulationen getrennt, die sich unabhängig voneinander weiterentwickelten.
Grauspecht	Spechtart, die aus der gleichen Ursprungsart wie der Grünspecht entstanden ist. Die Population der Ursprungsart wurde in der Eiszeit in zwei Teilpopulationen getrennt, die sich unabhängig voneinander weiterentwickelten.
Art	Siehe Aufgabe 2
Population	Individuen einer Art in einem begrenzten Gebiet
Genpool	Gesamtheit der Gene aller Individuen einer Population
Isolation	Trennung einer Population in zwei Teilpopulationen mit jeweils eigenem Genpool

[Lesestrategie Nr. 6]



- 4** Die gemeinsamen Vorfahren der heutigen Grün- und Grauspechte lebten in Mitteleuropa. In der Eiszeit dehnten sich die Gletscher aus. Dadurch wurde die Population in zwei Teilpopulationen mit getrenntem Genpool geteilt (Isolation). Die beiden Genpools veränderten sich durch Mutation und Selektion unter unterschiedlichen Umweltbedingungen unabhängig voneinander weiter. Schließlich waren die Veränderungen so groß, dass keine Fortpflanzung zwischen Grün- und Grauspecht nicht mehr möglich war. [Lesestrategie Nr. 4]

- 5** Beispiele für Geschwisterarten sind Zilpzalp und Fitis, Nachtigall und Sprosser, Sumpf- und Weidenmeise. Sie sind jeweils äußerlich kaum zu unterscheiden. Man bezeichnet sie auch als „Zwillingsarten“. Die genannten Arten sind Brutvögel in Mitteleuropa. Die Verbreitungsgebiete der Geschwisterarten überschneiden sich oder sind sogar identisch. Dann besiedeln sie unterschiedliche Lebensräume. Die Artspaltung könnte wie bei den graugrünen Spechten erfolgt sein.

Basis  
SB S. 98

## Die Evolution geht immer weiter

- 1** Der Birkenspanner waren zuerst hell gefärbt. Durch die Umweltverschmutzung während der Industrialisierung waren die Mutanten mit schwarzen Flügeln auf der dunkel verfärbten Birkenrinde besser getarnt, sie wurden von den Vögeln weniger häufig gefressen (Selektionsvorteil). Als die Luftverschmutzung wieder abnahm, waren helle Birkenspanner wieder besser getarnt.



- 2** Individuelle Lösungen. Beispiele:

- Versiegelung des Bodens
- Waldzerstörung durch Abholzung
- Lärm
- Uferbegradigungen
- Flugverkehr
- Klimaveränderungen: höhere Temperaturen, längere und stärkere Trockenperioden, Eisschmelze, Überschwemmungen, ...
- Luftverschmutzung
- Neue „Stadt-Lebensräume“



- 3** Individuelle Lösungen. Beispiele:

- Rückgang der Muskulatur durch Abnahme der körperlichen Arbeit;
- Menschen leben oft in beheizten Räumen und sind nicht mehr an die Kälte gewöhnt;
- Ernährungsgewohnheiten haben sich verändert;
- Bessere Gesundheitsversorgung: Heute überleben viele Menschen, die unter den früheren Bedingungen gestorben wären, und pflanzen sich fort;
- Schlechtere Resistenz gegen Krankheiten wegen des Einsatzes von Medikamenten;
- Weniger Merkfähigkeit, weil das Wissen aus dem Internet jederzeit verfügbar ist;
- Anzahl des Nachwuchses kann bewusst gesteuert werden (Verhütung).

## Vergangenes ist noch vorhanden

### Aufgabenlösungen



#### 1 Individuelle Lösungen.

Reste der Nickhaut: Reste eines dritten Augenlids, das eine zusätzliche Schutzfunktion für das Auge hatte.  
Eckzähne: Starke Eckzähne können z. B. Fleisch besser halten und reißen. Da Nahrung zunehmend zubereitet wurde, haben sie ihre Funktion verloren.

Ohrmuskeln: dienten der Ausrichtung der Ohren. Aufrecht gehende Menschen können ihren Kopf und den Oberkörper besser drehen als ihre Vorfahren, die noch nicht aufrecht gingen. Daher wurde es weniger notwendig, die Ohren auszurichten. Die Wahrnehmung über die Augen nahm dafür an Bedeutung zu.

Körperbehaarung: Sie diente zur Wärmeregulation. Da Menschen zunehmend Kleidung trugen, wurde sie überflüssig.

Wurmfortsatz: Er enthält Zellen, die zur Immunabwehr dienen. Unter guten hygienischen Verhältnissen ist er nicht mehr notwendig.

2 Rudimente sind zurückgebildete Überreste von Organen, die ihre ursprüngliche Funktion im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwicklung und der Anpasstheit an neue Umweltbedingungen oder Lebensräume verloren haben (Beispiel: rudimentäre Beckenknochen des Wals). Atavismen hingegen treten vereinzelt auf und zeigen Merkmale früherer stammesgeschichtlicher Entwicklungsstufen auf, wie z. B. eine vollständige Behaarung. Sie zeigen Merkmale, die im Laufe der Evolution bei früheren stammesgeschichtlichen Entwicklungsstufen vorhanden waren und somit, wie Veränderungsprozesse ablaufen können.

#### 3 Individuelle Lösungen.

Beispiele für weitere Atavismen beim Menschen:

- Zusätzliche Brustwarzen entlang der Milchleiste: Hinweis auf Vorfahren mit Gesäuge wie heute noch bei Schweinen und Hunden zu sehen.
- Schwanzfortsatz: Hinweis auf Vorfahren mit Schwanz.
- Halsfisteln: Überbleibsel der während der Embryonalentwicklung angelegten Kiemenbögen.
- „Darwin'sche Ohrhöcker“: Knorpelfortsatz am Außenrand der Ohrmuschel des Menschen. Er ist bei etwa 10 Prozent der Menschen vorhanden und ein Hinweis auf Vorfahren mit spitzen Säugetierohren.
- Hornzipfel: kleine rötliche Hautausbildungen am Eichelrand des Penis, die bei ungefähr 10 bis 20 Prozent der deutschen Männer vorkommen.

Beispiele für weitere Atavismen bei Tieren:

- Extremitäten bei Walen und Delfinen: Bei Walen und Delfinen kommt es gelegentlich zur Bildung von kleinen Hinterextremitäten, die den Beinen von Landtieren ähneln.
- Klauen bei Rindern: Bei Rindern kommt es vor, dass sie drei statt zwei Klauen ausbilden.
- Verhaltensatavismus: Verhaltensweise, die nicht bei den Eltern, aber bei früheren Verwandten vorkommt; Beispiel: der Nestbau bei Sperlingen, die anders als üblich Kugelnester bauen.

## Mutation und Modifikation

### Aufgabenlösungen

#### 1

a) Unter normalen Bedingungen sind die Stummelflügel für die Tiere ein Nachteil, weil sie mit ihnen nicht fliegen können. In Lebensräumen mit starken Winden haben stummelflügelige Tiere jedoch aufgrund ihrer Flugunfähigkeit einen Vorteil: Sie werden nicht auf das offene Meer hinausgetragen.

b) Menschen, die von einer Sichelzellanämie betroffen sind, aber nur auf einem der beiden homologen Chromosomen das mutierte Gen tragen, haben in Malariagebieten einen Überlebensvorteil, da die Vermehrung der Malariaerreger durch die zum Teil verformten Blutkörperchen beeinträchtigt wird.

#### 2

a) Steffen und Lisa werden im Sommerurlaub braun. Dabei handelt es sich um eine Schutzreaktion der Haut auf vermehrte UV-Strahlung.

b) Bei der Veränderung der Hautfarbe handelt es sich um eine Modifikation. Da Modifikationen nicht erblich sind und Tom der UV-Strahlung nicht selbst ausgesetzt war, zeigt er keine Bräunung der Haut.

c) Da die beiden Pflanzen durch Teilen einer Pflanze entstanden sind, handelt es sich um genetisch identische Pflanzen, die sich nur in den beiden Lebensräumen unterschiedlich entwickeln. Im Tiefland herrschen andere Bedingungen als im Gebirge. Man kann also davon ausgehen, dass der niedrigere Wuchs im Gebirge eine Modifikation aufgrund von ungünstigeren Wachstumsbedingungen (Kälte, Wind, schlechterer Boden) ist.

### 3

- a) Helle Haut besitzt nur wenig schützendes Melanin. Durch zu hohe UV-Strahlung kommt es zu Sonnenbrand und es können DNA-Schäden (Mutationen) in den Hautzellen entstehen. Dies kann dazu führen, dass die Zellen sich unkontrolliert teilen. Man spricht von Hautkrebs.
- b) Hautkrebs ist die Folge einer Mutation, die durch die schädigende Wirkung der UV-Strahlung auf die DNA in unseren Hautzellen verursacht wird. Die Bräunung der Haut ist eine vorübergehende Modifikation als Reaktion auf vermehrte UV-Strahlung. Sie schützt unsere Haut vor den negativen Auswirkungen der UV-Strahlung.
- c) Die Modifikation in Form der Bräunung geht bei Menschen mit heller Haut nur langsam vonstatten. Außerdem kann sie bei Weitem nicht den gleichen Grad der Bräunung und damit des Schutzes vor UV-Strahlung erreichen wie bei Menschen mit dunkler Haut. Menschen mit dunkler Haut haben einen besseren sowie dauerhaften Schutz vor UV-Strahlung und sind somit einem geringeren Hautkrebsrisiko ausgesetzt.

Teilkapitel  
SB S. 102 – 109

## Evolution des Menschen

Basis  
SB S. 102/103

## Menschenaffe und Mensch

### Aufgabenlösungen

#### 1

Merkmale	Schimpanse	Mensch
Körperhaltung	auf vier Beinen	aufrecht auf zwei Beinen
Wirbelsäule	C-förmig	doppelt-S-förmig
Hinterhauptsloch	hinten	in der Mitte
Becken	schaufelförmig	schüsselförmig
Hände	Kletterhand	Greifhand (längerer Daumen)
Füße	Kletterfuß	gewölbförmiger Standfuß
Schädelform	großer Gesichtsschädel (Schnauze), kleiner Gehirnschädel	kleiner Gesichtsschädel, großer Gehirnschädel
Gebiss	schmal, mit großen Eckzähne und Zahnücke	breit, ohne hervorstehende Zähne
Körperhaltung	gebeugt, Schwerpunkt vor dem Körper	gerade, Schwerpunkt im Körper

- 2 Die Wirbelsäule ist doppelt-S-förmig, daher kann sich der Oberkörper leichter aufrichten. Das Hinterhauptloch liegt in der Mitte der Schädelunterseite und damit im Schwerpunkt des Körpers. Das schüsselförmige Becken erhöht die Stabilität und die gewölbförmigen Füße sind für den aufrechten Gang geeignet.
- 3 Der Stammbaum zeigt, dass die letzten gemeinsamen Vorfahren von Mensch und Schimpanse vor ca. 7–8 Millionen Jahren gelebt haben. Danach verlief die Entwicklung unabhängig voneinander. [Lesestrategie Nr. 6]
- 4 Vor rund 15 Millionen Jahren trennten sich die Entwicklungslinien von Orang-Utan und Schimpanse.
- 5 Durch den aufrechten Gang konnten mit geringem Energieaufwand weitere Strecken überwunden werden. In der Steppenlandschaft konnten Nahrungsquellen und Fressfeinde schneller gesehen werden. Die Hände waren frei, es konnten Gegenstände (Nahrung, Werkzeuge, Kinder) getragen werden. Der Gebrauch von Werkzeugen war die Grundlage für eine eiweißreiche Ernährung.
- 6 Das Becken, angepasst an den aufrechten Gang, ist sehr verbreitert und leicht nach vorne geneigt. Die Schaufelform ermöglicht mehr Bewegung im Lendenbereich. Es hat die Funktion, die inneren Organe und bei der Frau das Embryo bzw. den Fötus zu tragen. Es muss breiter und der Geburtskanal muss größer sein, da der relativ große Schädel des Neugeborenen hindurchpassen muss. Ein Nachteil des menschlichen Beckens ist, dass der Geburtskanal im Verhältnis zur Kopfgröße des Kindes bei der Geburt dennoch sehr eng ist, sodass Geburten verhältnismäßig schwierig, langwierig und somit häufiger problematisch verlaufen.

Basis  
SB S. 104/105

## Die Wiege der Menschheit

### Aufgabenlösungen

○

- 1 Die Besonderheiten des Homo habilis waren: Aufrechter Gang, Gebrauch einfacher Werkzeuge, kein Fell (bessere Wärmeregulation).
- 2 Homo erectus konnte das Feuer nutzen und war daher in der Lage, kältere Klimazonen zu besiedeln. Außerdem hatte er erlernt, Hütten zu bauen.
- 3 Die Wiege der Menschheit ist Ostafrika. Von dort hat der Mensch (Homo erectus und später Homo sapiens) die ganze Welt besiedelt. Natürlich sind wir keine Afrikaner, aber man könnte (eindeutiger) sagen: „Die Vorfahren aller Menschen auf der Erde stammen aus Afrika.“]
- 4 Durch den aufrechten Gang waren die Hände frei für den Gebrauch von Waffen und Werkzeugen. Dadurch verbesserte sich die Ernährung der frühen Menschen. Das Gehirn wurde größer und so waren die Menschen in der Lage, immer bessere Waffen und Werkzeuge zu entwickeln. Ein besonderes „Werkzeug“ war die Beherrschung des Feuers. Nun konnten die Menschen sich in kältere Gebiete ausbreiten und Nahrung kochen oder braten.
- 5 Der Stammbaum des Menschen beruht auf Ergebnissen, die sich in der Vergangenheit im wesentlichen aus der Zuordnung von Knochen oder Knochenbruchstücken ergaben. Neue Funde und technische Fortschritte verändern dieses Bild immer wieder. So gelingt es, selbst aus winzigsten DNA-Resten Verwandtschaftsbeziehungen und Wanderungsbewegungen nachzuweisen. Diese Ergebnisse ergänzen und korrigieren den Stammbaum des Menschen.
- 6 Die kulturelle Entwicklung des Menschen basiert auf Werkzeugen und Maschinen. Durch den aufrechten Gang war der Mensch erst in der Lage, Werkzeuge zu verwenden und herzustellen. Durch die Steigerung des Gehirnvolumens, die auch durch den aufrechten Gang begünstigt wurde, war der Mensch in der Lage, immer komplexere Werkzeuge und Maschinen zu entwickeln. Durch die Steigerung seiner geistigen Fähigkeiten entwickelten sich weitere kulturelle Errungenschaften, wie zum Beispiel die Schrift, oder auch ethische Vorstellungen (Religion).

Basis  
SB S. 106/107

## Jetzt-Mensch und Neandertaler

### Aufgabenlösungen

1

	Homo sapiens	Neandertaler
Gesicht	hohe Stirn, markantes Kinn	fliehende Stirn, Überaugenwülste
Körperbau	geringe Behaarung, schlanker Körper- bau, bis 1,85 m	stärkere Behaarung, kräftigerer Körperbau, bis 1,50 m
Fähigkeiten	Sprache, Werkzeuge, Feuer, Totenbestattung	wie Homo sapiens

- 2 Der Neandertaler hatte einen größeren Energiebedarf als der Homo sapiens. Außerdem hatte er weniger Nachkommen. In der letzten besonders kalten Phase der Eiszeit (in der das Nahrungsangebot wahrscheinlich knapp war) können dies die entscheidenden Nachteile im Vergleich mit dem Homo sapiens gewesen sein. Möglich sind außerdem kriegerische Auseinandersetzungen, die der Homo sapiens aufgrund seiner ausgefeilteren Waffentechnik vielleicht gegenüber dem körperlich überlegenen Neandertaler gewinnen konnte.
- 3 Die Entwicklung der beiden Arten erfolgte aufgrund der räumlichen Trennung (Isolation) verschiedener Homo-erectus-Gruppen und der unterschiedlichen Lebensbedingungen in den verschiedenen Lebensräumen. Die unterschiedlichen Bedingungen führten durch Mutation und Selektion zu unterschiedlichen Anpassungen an den Lebensraum.

4 Homo sapiens und Neandertaler lebten einige Jahrtausende lang in Europa und in Vorderasien nebeneinander. Sie trafen also aufeinander und haben sich in seltenen Fällen auch miteinander fortgepflanzt.

5 Auswertung von Bild 4:

Die Schädeldecke wölbt sich immer stärker nach oben und hinten, der Gesichtsschädel wird kleiner und die vorstehenden Kiefer (Schnauze) treten zurück. Das Gehirnvolumen steigert sich bis zum Neandertaler, um dann wieder leicht zurückzugehen. Insgesamt hat es sich etwa verdreifacht. Die Körpergröße steigt von 1,20 – 1,40 m auf bis zu 1,85 m beim Homo sapiens.

Material  
SB S. 108/109

## Mensch = Mensch

### Aufgabenlösungen

1

a) Einerseits sind die UV-Strahlen der Sonne krebserregend und deshalb gefährlich. Andererseits sind sie aber auch zur Bildung des lebenswichtigen Vitamin D in den Hautzellen notwendig.

b) Dunkelhäutige Menschen besitzen viele Pigmente in der Haut und sind dadurch an eine intensive Sonneneinstrahlung angepasst. Hellhäutige Menschen besitzen wenig Pigmente und sind dadurch an mäßige oder wenig Sonneneinstrahlung angepasst.

c) Die Sonneneinstrahlung ist auf der Erde unterschiedlich. Eine hohe Sonneneinstrahlung kann zu Hautschäden und Krebs führen. Je näher ein Mensch am Äquator lebt, desto mehr ist er intensiver Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Eine starke Pigmentierung der Haut schützt vor den UV-Strahlen. Die Erbanlagen für die Stärke der Pigmentierung werden vererbt. Je weiter weg ein Mensch vom Äquator lebt, desto weniger muss er vor UV-Strahlung geschützt werden. Hier ist es wichtiger, genügend UV-Strahlung zur Bildung von Vitamin D nutzen zu können. Eine hellere Haut ist hier somit von Vorteil.

2

a) Individuelle Lösungen. Beispiel: Alle Menschen sind gleich, unabhängig davon wie sie aussehen oder denken. Sie sollen sich gegenseitig respektieren.

b) 1945 endete die 2. Weltkrieg. Am Ende des 2. Weltkriegs war das nationalsozialistische Deutschland besiegt und damit auch das Aussondern und Ermorden vieler Menschen beendet. Die "Allgemeine Erklärung der Menschenrechte" der UN war ein Appell an die Menschen. Ein Krieg und der Holocaust sollten sich nicht wiederholen.

3

a) Alle Menschen gehören zu einer Art, Homo sapiens. Für eine Einteilung der Menschen in Rassen sind die genetischen Unterschiede viel zu gering. Oft sind hellhäutige Menschen dunkelhäutigen Menschen genetisch ähnlicher als anderen hellhäutigen Menschen. Die Hautfarbe fällt lediglich mehr ins Auge als die anderen Merkmale.

b) Rassismus ist eine Ideologie (Weltanschauung), die Menschen aufgrund ihrer Hautfarbe oder anderer Merkmale in Gruppen einteilt und unterschiedlich bewertet. Dabei wird nicht beachtet, dass jeder Mensch das gleiche Recht hat, in Frieden zu leben und respektiert zu werden. Die Gruppeneinteilung der Rassisten ist willkürlich und entbehrt jeder Grundlage.