Janina Jördens,
Roman Asshoff und
Harald Kullmann

14.5 Lösungen zu den Unterrichtsmaterialien

14.5.1 Unterrichtsmaterialien für die Unterstufe (Klasse 5–6)

Material 1: Stammbäume lesen

Aufgabe 1

Wer ist näher miteinander verwandt? Begründe deine Antwort anhand des Stammbaums.

a Ist der Vogel näher mit der Eidechse oder näher mit dem Känguru verwandt?

Der Vogel ist näher mit der Eidechse verwandt, da beide einen näheren gemeinsamen Vorfahren haben als „Vogel und Känguru".

b Ist die Eidechse näher mit dem Vogel oder näher mit dem Menschen verwandt?

Die Eidechse ist näher mit dem Vogel verwandt, da beide einen näheren gemeinsamen Vorfahren haben als „Mensch und Eidechse".

c Ist die Eidechse näher mit dem Krokodil oder näher mit dem Vogel verwandt?

Die Eidechsen sind mit Vögeln und Krokodilen gleich nah verwandt, da es keinen Vorfahren gibt, den sie nur mit Vögeln oder nur mit Krokodilen teilen.

Aufgabe 2

a Sind die Lurche mit den Eidechsen und dem Menschen gleich nah verwandt? Begründe deine Antwort anhand des Stammbaums.

Ja, da es keinen Vorfahren gibt, den die Lurche nur mit den Eidechsen oder nur mit den Menschen teilen.

Aufgabe 3

Ein Wissenschaftler gräbt nach Fossilien. Schau dir den abgebildeten Stammbaum genau an.

a Der Wissenschaftler entdeckt in einer der Schichten Fossilien von sehr urtümlichen Fischen. Wie wahrscheinlich ist es, dass er in derselben Schicht auch Fossilien von Kängurus findet?

Die Entdeckung von sehr urtümlichen Fischen und Kängurus in derselben („frühen") Schicht ist unwahrscheinlich, denn die Entstehung der Fische liegt viel weiter zurück als die der Kängurus. In späteren Schichten kann man unter Umständen Vertreter beider Gruppen finden.

b Der Wissenschaftler entdeckt in einer der Schichten Fossilien von Krokodilen. Wie wahrscheinlich ist es, dass er in derselben Schicht auch Fossilien von Fischen findet?

Die Entdeckung von Krokodilen und Fischen in derselben („späten") Schicht ist relativ wahrscheinlich, denn Fische gibt es bereits deutlich länger als Krokodile. Daher könnte man in einer solchen „Krokodils"-Schicht auch auf Fisch-Fossilien stoßen.

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht.
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Material 2: Einen Stammbaum rekonstruieren 1 – Haarige Probleme …

Aufgabe 4

Mit welcher Gruppe muss der Wissenschaftler Pferde und Elefanten vergleichen, um herauszufinden, ob Fell oder Haarlosigkeit ursprünglich sind? Zu welchem Ergebnis kommt er? Begründe deine Antwort.

Pferde und Elefanten müssen mit den Primaten (→ Gorilla) verglichen werden, da sie die einzige im Stammbaum dargestellte Tiergruppe sind, die nicht vom letzten gemeinsamen Vorfahren von Pferden und Elefanten abstammen, sondern der ganzen Gruppe (Elefant, Katze, Pferd, Schwein) als Schwestertaxon gegenüberstehen.

14.5.2 Unterrichtsmaterialien für die Unterstufe bis Mittelstufe (Klasse 5–9)

Material 3: Einen Stammbaum rekonstruieren 2 – Auf die Füße geschaut …

Aufgabe 5

Mit welcher Tiergruppe müsste man das Merkmal „Anzahl der Zehen" bei Hunden und Kamelen vergleichen, um dieses Problem zu lösen? Zu welchem Ergebnis kommst du? Begründe deine Auswahl.

Als Vergleichsgruppe müssen die Eidechsen herangezogen werden. Eidechsen stammen nicht vom letzten gemeinsamen Vorfahren von Hund und Kamel ab, stellen jedoch im Stammbaum das Taxon dar, das am nächsten mit Hund und Kamel (und Katze) verwandt ist und somit als Außengruppe geeignet ist. Sie besitzen fünf Zehen, somit ist das Merkmal „fünf Zehen" ursprünglich.

14.5.3 Unterrichtsmaterialien für die Mittelstufe (Klasse 7–9)

Material 4: Abstammungsgemeinschaften

Aufgabe 6

In diesem Stammbaum stellen Katzen und Menschen eine geschlossene Abstammungsgemeinschaft (Monophylum) dar, da sie auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückzuführen sind, den sie mit keiner der anderen Gruppe teilen (Abb. 14.12 in Unterrichtsmaterialien).

a Erarbeite alle weiteren Abstammungsgemeinschaften aus dem abgebildeten Stammbaum.

- Menschen + Katzen (Mammalia [Säugetiere])
- Vögel + Krokodile
- Vögel, Krokodile + Schuppenkriechtiere (Sauropsida)
- Säugetiere + Sauropsida (Amniota [Nabeltiere])
- Säugetiere, Sauropsida + Lurche (Tetrapoda [Landwirbeltiere])
- Tetrapoda + Knochenfische (Vertebrata [Wirbeltiere])

b Zeichne mindestens eine unvollständige Abstammungsgemeinschaft (Paraphylum) im abgebildeten Stammbaum ein. Welche Problematik verbirgt sich in einer solchen Gruppierung für die Interpretation von Verwandtschaft?

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht.
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Beispiel: „Reptilien“ (Schuppenkriechtiere und Krokodile, ohne Vögel).

Die Problematik besteht darin, dass paraphyletische Gruppen keine vollständigen Abstammungsgemeinschaften darstellen, also keine taxonomischen Einheiten, da nicht alle Nachfahren einer gemeinsamen Stammart berücksichtigt werden. In diesen Fällen stützt sich die Gruppierung häufig auf Plesiomorphien.

c Wie bezeichnet man eine Gruppe, die nur Katzen und Vögel umfasst? Ein Tipp: Denke an Stammarten und Verwandtschaft. Benenne eine weitere Gruppierung, die dieser entsprechen würde.

Eine solche Gruppierung bezeichnet man als polyphyletische Gruppe – eine Gruppe, die auf unterschiedliche Vorfahren (nicht näher miteinander verwandte Stammarten) zurückgeht. Eine weitere polyphyletische Gruppierung wäre beispielsweise Knochenfische und Krokodile.

Aufgabe 7

Innerhalb der geschlossenen Abstammungsgemeinschaft (des Monophylums) stehen sich Katzen und Menschen als Schwestertaxa gegenüber.

a Welche Gruppe ist Schwestertaxon zum Taxon Vögel?

Krokodile

b Benenne das Schwestertaxon der Lurche.

Sauropsida (Schuppenkriechtiere + Krokodile, Vögel) + Säugetiere (Katzen und Menschen)

c Welche Gruppen umfassen in diesem Stammbaum die Tetrapoda und welches Schwestertaxon steht diesen gegenüber?

Das Taxon Tetrapoda wird gebildet von den Lurchen, Schuppenkriechtieren, Krokodilen, Vögeln, Katzen und Menschen. Das Schwestertaxon sind die Knochenfische.

Material 5: Abstammungsgemeinschaften in der Forschung 1 – Die Verwandtschaft der Seevögel

Aufgabe 8

Bei welchen der Gruppen (Sturmtaucher, Sturmvögel, Albatrosse und Sturmschwalben) handelt es sich um eine geschlossene Abstammungsgemeinschaft (Monophylum), bei welchen um eine unvollständige Abstammungsgemeinschaft (Paraphylum)? Begründe deine Zuordnung.

Bei den Gruppen Sturmtaucher, Albatrosse und Sturmschwalben handelt es sich jeweils um geschlossene Abstammungsgemeinschaften (Monophyla, rote Kästen in Abb. 14.23). Sturmvögel sind dagegen eine unvollständige Abstammungsgemeinschaft (Paraphylum, blauer Kasten in Abb. 14.23), da sie nicht alle Abkömmlinge der gemeinsamen Stammart umfassen. Nur mit den Sturmtauchern zusammen würden sie ein Monophylum bilden.

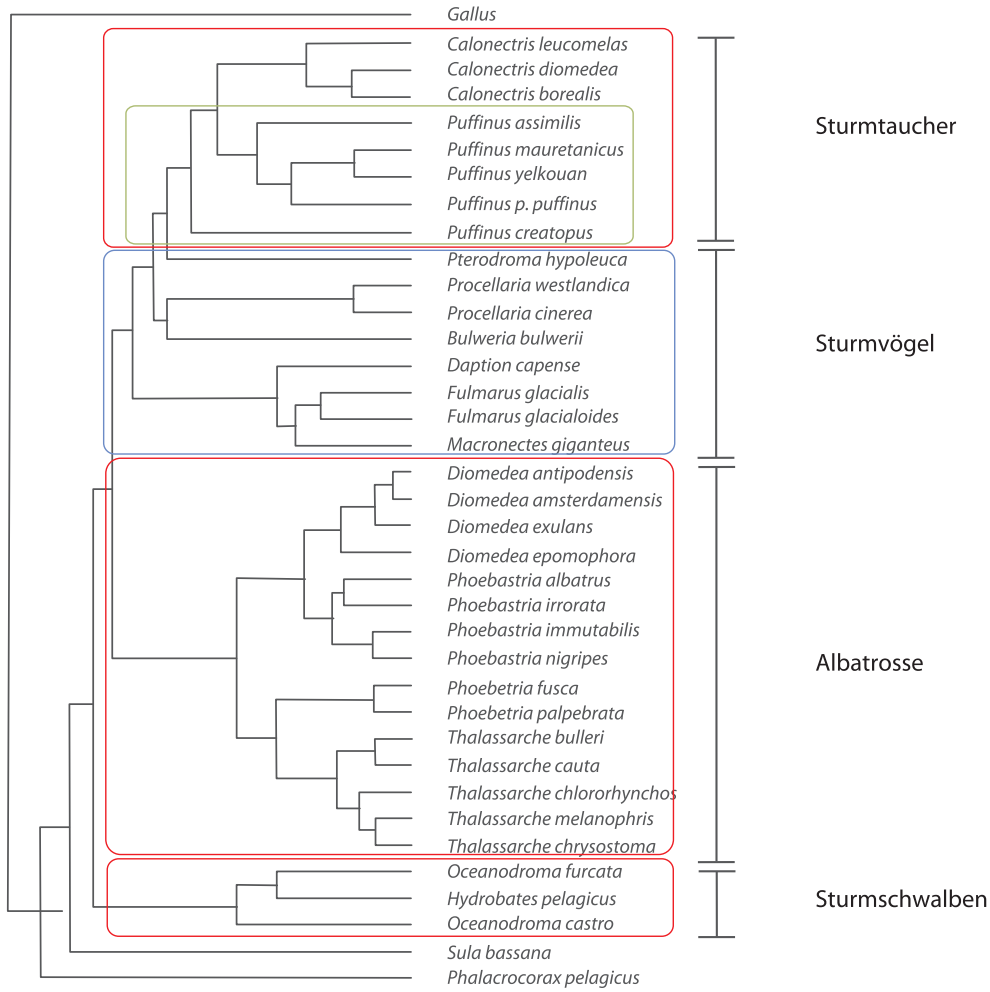


Abb. 14.23 Lösung zum Stammbaum der Schwarzschnabelsturmtaucher-Gruppe. Monophyletische Gruppen sind rot umrandet, paraphyletische Gruppen blau beziehungsweise grün umrandet (verändert nach Storch et al. 2007).

Aufgabe 9

Innerhalb der Sturmtaucher gibt es die Gattung *Puffinus*. Stellt dieses Taxon ein Monophylum oder ein Paraphylum dar? Begründe deine Zuordnung.

Die Gattung *Puffinus* ist ein Paraphylum (grüner Kasten in Abb. 14.23). Auch in diesem Fall umfasst die Gattung nur einen Teil aller Nachfahren der gemeinsamen Stammart, da *Calonectris* (ein Monophylum) nicht mit einbezogen wird.

Aufgabe 10

Woraus setzt sich die Schwestergruppe der Albatrosse zusammen?

Die Schwestergruppe der Albatrosse setzt sich aus den Sturmtauchern + Sturmvögeln zusammen.

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Aufgabe 11

Welche Außengruppe wurde gewählt, um den Stammbaum zu „wurzeln“?

Die „wurzelnde“ Außengruppe ist *Gallus* (Hühnervogel).

Material 6: Der Außengruppenvergleich 1 – Die Evolution der Säugetiere

Aufgabe 12

a Fülle die Tabelle aus, indem du entscheidest, ob das jeweilige Merkmal vorliegt. Verwende hierfür die Symbole + und – beziehungsweise trage die Begriffe ein.

Tab. 14.2: Lösung zu Merkmalen vom Schnabeltier, Hund und der Zauneidechse

Merkmal	Schnabeltier	Hund	Zauneidechse
Haarkleid	+	+	–
Milchdrüsen	+	+	–
Fortpflanzungsart (lebendgebärend oder eierlegend)	ovipar (eierlegend)	vivipar (lebendgebärend)	ovipar (eierlegend)

b Bestimme durch den Vergleich der Merkmalsausprägungen die Entwicklungsrichtung der Merkmale und erstelle einen Stammbaum. Welches Merkmal ist innerhalb der Säugetiere ursprünglich? Lebendgebärend oder eierlegend?

Das Merkmal „eierlegend“ ist für die Säugetiere ein plesiomorphes („ursprüngliches“) Merkmal – dieses Merkmal besitzen innerhalb der Säugetiere nur noch die Kloakentiere (→ Schnabeltier), ansonsten kommt es beispielsweise auch bei den Zauneidechsen vor. „Lebendgebärend“ ist dagegen ein (aut)apomorphes („abgeleitetes“) Merkmal der Plazentatiere (→ Hund).

Bezüglich der Säugetiere sind Haarkleid und Milchdrüsen (aut)apomorphe Merkmale (Abb. 14.24).

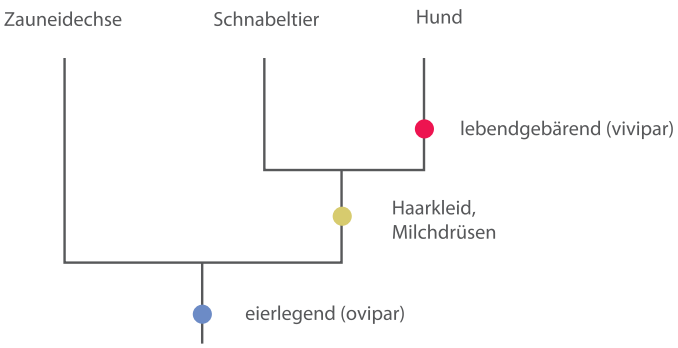


Abb. 14.24 Fortpflanzungsart, Haarkleid und Milchdrüsen bei Zauneidechse, Schnabeltier und Hund: abgeleitete oder ursprüngliche Merkmale?

Material 7: Der Außengruppenvergleich 2 – Zeigt her eure Füße …

Aufgabe 13

a Bestimme eine geeignete Außengruppe für den Vergleich. Hierfür kannst du den abgebildeten Stammbaum (Abb. 14.18 in Unterrichtsmaterialien) als Hilfestellung nutzen.

Als Außengruppe eignen sich fast alle monophyletische Gruppen der Insekten außerhalb des Taxons Schmetterlinge; so könnten zum Beispiel die Flöhe herangezogen werden. Am naheliegendsten wäre aber der Vergleich mit den Köcherfliegen, da sie den direktesten gemeinsamen Vorfahren mit den Schmetterlingen teilen.

b Ist das Merkmal „6 funktionsfähige Laufbeine" innerhalb der Gruppe der Schmetterlinge ein ursprünglicher oder ein abgeleiteter Merkmalszustand? Begründe deine Antwort.

Sechs funktionsfähige Laufbeine stellen den ursprünglichen (plesiomorphen) Merkmalszustand dar, da alle infrage kommenden Außengruppen drei Beinpaare (sechs Laufbeine) besitzen.

14.5.4 Unterrichtsmaterialien für die Oberstufe (Klasse 10–12)

Material 8: Abstammungsgemeinschaften in der Forschung 2 – Die Verwandtschaft der Geier

Aufgabe 14

Die im Stammbaum (Abb. 14.19 in Unterrichtsmaterialien) grau unterlegten Vögel werden im allgemeinen Sprachgebrauch oft als „Geier" zusammengefasst und teilen neben den morphologischen Merkmalen auch die Ernährung als Aasfresser.

a Handelt es sich bei der Gruppierung „Geier" um ein Monophylum, ein Paraphylum oder ein Polyphylum?

Bei der Gruppierung „Geier" handelt es sich um ein Polyphylum, da Gruppen zusammengefasst werden, die aus verschiedenen Abstammungslinien stammen und es keinen direkten gemeinsamen Vorfahren gibt, von dem nur die Geier abstammen. Folglich sind die ähnlichen morphologischen Merkmale analog.

b Alle Geier ernähren sich ausschließlich als Aasfresser. Ist diese Eigenschaft aufgrund des Stammbaums als homologes oder als analoges Merkmal zu bewerten? Begründe deine Annahme.

Das Aasfressen ist ein analoges Merkmal. Aufgrund des Prinzips der sparsamsten Möglichkeit (Parsimonie) nimmt man an, dass es wahrscheinlicher ist, dass diese Ernährungsform dreimal unabhängig voneinander entstanden ist. Wäre das Merkmal homolog, müsste die Veränderung der Ernährungsform in den anderen Gruppen mindestens viermal stattgefunden haben.

Aufgabe 15

Welche Schwestergruppe steht hier den Neuweltgeiern gegenüber? Mit welcher Gruppe teilen sie also einen gemeinsamen Vorfahren?

Die Schwestergruppe besteht aus Lachmöwe, Bulwer-Sturmvogel, Cory's Sturmtaucher und Eissturmvogel.

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht.
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Aufgabe 16

a Kennzeichne in Abbildung 14.19 (in Unterrichtsmaterialien) die im Text beschriebene Ordnung Falconiformes (z. B. indem du alle Vertreter der Gruppe einkreist).

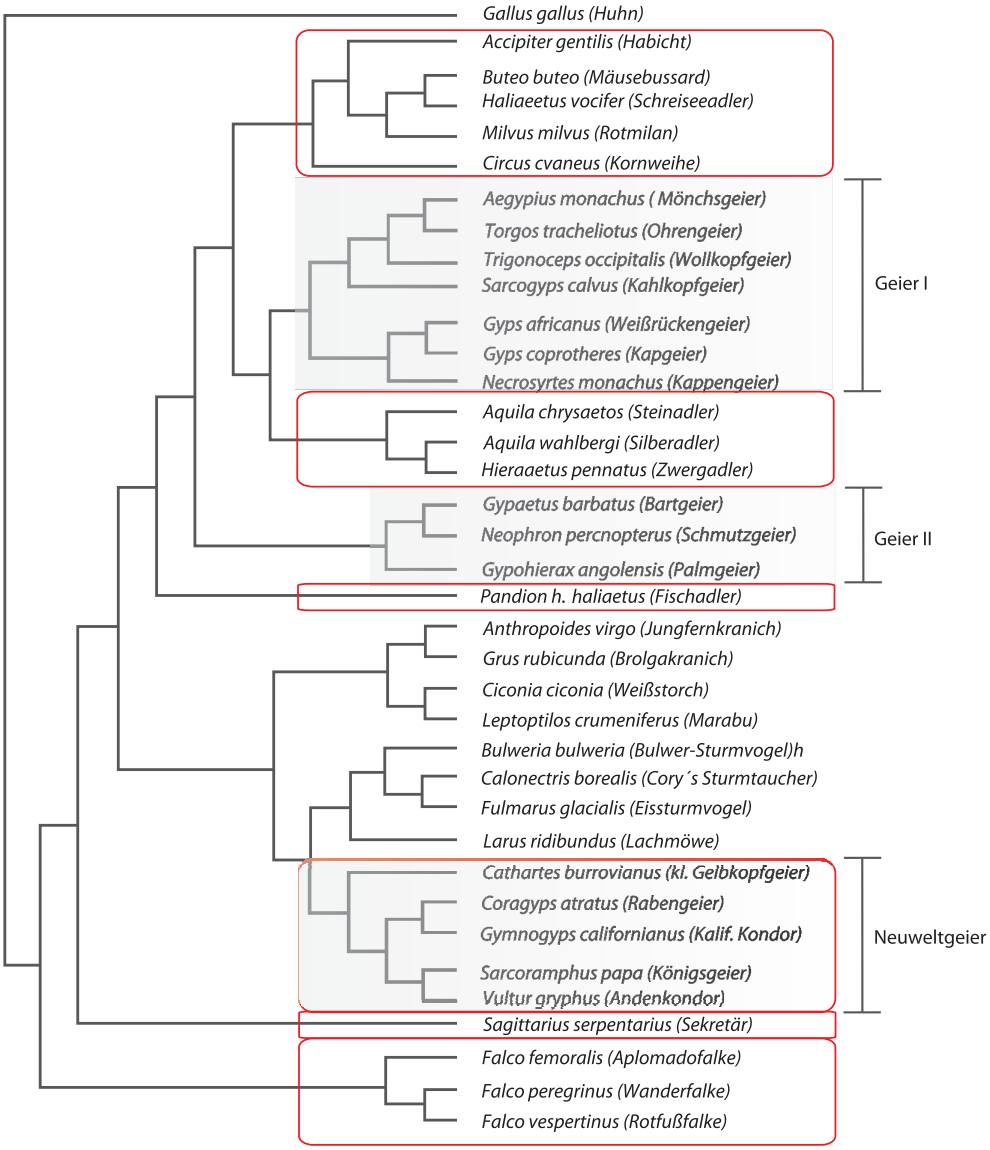


Abb. 14.25 Kennzeichnung der Ordnung der Falconiformes in einem Auszug eines Greifvogel-Stammbaums (rote Umrandungen; verändert nach Storch et al. 2007)

b Erläutere, ob es sich um ein Monophylum, ein Paraphylum oder ein Polyphylum handelt.

Bei den Falconiformes handelt es sich um ein Polyphylum, da die Geier (I und II), Möwen, Sturmtaucher, Sturmvögel, Kraniche und Störche ausgeschlossen sind.

c Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für die Bezeichnung „Falconiformes"?

Die Falconiformes stellen keine einheitliche Abstammungsgemeinschaft dar – die Eigenschaften haben sich mehrfach unabhängig voneinander entwickelt. Somit sind sie nicht als eine Einheit in einem phylogenetischen Stammbaum haltbar.

Material 9: Zuordnung phylogenetischer Begriffe

Aufgabe 17

Bestimme die „umgangssprachlichen" Begriffe für die wissenschaftlichen Bezeichnungen in Abbildung 14.20 (in Unterrichtsmaterialien).

- Amniota = Nabeltiere
- Sauropsida = Vögel + „Reptilien" (Krokodile und Schuppenkriechtiere)
- Mammalia = Säugetiere
- Monotremata = Kloakentiere
- Theria = Beuteltiere + Plazentatiere
- Marsupialia = Beuteltiere
- Placentalia = Plazentatiere, Höhere Säugetiere

Aufgabe 18

Bestimme die folgenden Merkmalszugehörigkeiten in Abbildung 14.20 (in Unterrichtsmaterialien) und begründe deine Antwort.

a Für welches Taxon ist das Merkmal „Haare" eine Autapomorphie?

Mammalia (Säugetiere)

b Für welche beiden Taxa ist das Merkmal „Haare" dann eine Synapomorphie?

Monotremata und Theria

c Nenne ein Taxon, für das das Merkmal „Haare" eine Plesiomorphie ist.

Monotremata, Theria, Marsupialia, Plazentatiere

Material 10: Einen Stammbaum erstellen – Wie der Leopard zu seinen Flecken kam …

Aufgabe 19

a Recherchiere das Fellmuster der in Abbildung 14.21 (in Unterrichtsmaterialien) dargestellten rezenten Arten und benenne die Musterung nach folgenden Kategorien: einfarbig, Flecken, Rosetten, Streifen. Nutze Abbildung 14.22 (in Unterrichtsmaterialien) als Hilfestellung bei der Bestimmung.

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

b Skizziere in Abbildung 14.21 (in Unterrichtsmaterialien) das jeweilige Fellmuster in den dafür vorgesehenen Kreisen. Versuche Schritt für Schritt nachzuvollziehen, welches Fellmuster der jeweils letzte gemeinsame Vorfahr (an den jeweils nächsten Knotenpunkten) gehabt haben könnte. Beginne mit Knotenpunkt A und rekonstruiere dann das Merkmal für die Knotenpunkte B, C, D, E und F. Berücksichtige dabei das Parsimonie-Prinzip!

c Welches Fellmuster ist bei dem letzten gemeinsamen Vorfahren aller dargestellten Katzen anzunehmen?

Die Stammart A der beiden Schwestertaxa Europäischer Luchs und Rotluchs müsste dem Parsimonie-Prinzip zufolge ebenfalls Flecken tragen. Damit ist das Fleckenmuster eine Synapomorphie der beiden rezenten Taxa.

Ähnlich verhält es sich mit der Stammart B von Jaguar, Löwe und Leopard, die alle Rosetten tragen und demnach dieses Muster auch in der Stammart B als das wahrscheinlichste angenommen werden kann.

Stammart C trägt Rosetten, was sich bei der gleichzeitigen Betrachtung der Stammart D und ihrer Nachfahren relativ schnell erschließen lässt. D ist unter anderem die Stammart des Schnee-Leoparden, der genau wie Stammart B Rosetten als Fellzeichnung trägt. Würde Stammart D nun keine Rosetten tragen, sondern ein beliebiges anderes Fellmuster, zum Beispiel Streifen, wären die Rosetten zweimal unabhängig entstanden. Damit wären zwei evolutive Schritte notwendig, während bei der Annahme, dass sowohl C als auch D Rosetten tragen, lediglich eine Veränderung stattgefunden hat, nämlich die Entstehung des abgeleiteten Merkmals der Tiger, das gestreifte Fell. Somit trugen sowohl Stammart C als auch D mit hoher Wahrscheinlichkeit Rosetten.

Die Bestimmung der Fellzeichnung von Stammart E erfordert ebenfalls die gleichzeitige Betrachtung früherer Vorfahren. Der Gepard hat Flecken, Stammart D Rosetten, beides kommt somit für E infrage. Flecken sind bereits in einer früheren Stammlinie zur Stammart A aufgetreten. Nimmt man für Stammart E also Flecken als plesiomorphes Merkmal an, sind die späteren Rosetten abgeleitete Merkmale. Nimmt man für E ein anderes Muster an, wären die Flecken mindestens zweimal entstanden – es wären also mehr evolutive Veränderungen notwendig, was als unwahrscheinlich angenommen werden kann.

Ähnlich verhält es sich mit Stammart F, aus der der einfarbige Jaguarundi hervorgegangen ist, sowie die fleckentragende Stammart E. Da Flecken bereits in der früheren Stammlinie zu Stammart A auftraten, sind diese ebenfalls für F die sparsamste Lösung.

Daraus ergeben sich auch für den letzten gemeinsamen Vorfahren der abgebildeten Katzen Flecken als das wahrscheinlichste ursprüngliche Fellmuster.

Grundmuster Flecken, Anzahl der evolutiven Neuerungen: 1x einfarbig, 1x Rosetten, 1x Streifen. Alle anderen Kombinationen würden mehr Schritte erfordern und wären daher dem Parsimonie-Prinzip zufolge eher unwahrscheinlich.

d Welche Katzenart(en) zeigt/zeigen auch heute noch die ursprüngliche Fellzeichnung?

Europäischer Luchs, Rotluchs und Gepard zeigen auch heute noch die ursprüngliche (plesiomorphe) Fellzeichnung (Flecken).

e Handelt es sich bei den Streifen um ein ursprüngliches oder ein abgeleitetes Merkmal?

Bei den Streifen des Tigers handelt es sich um ein abgeleitetes (apomorphes) Merkmal.

Lösung zu a bis c siehe auch Abbildung 14.26

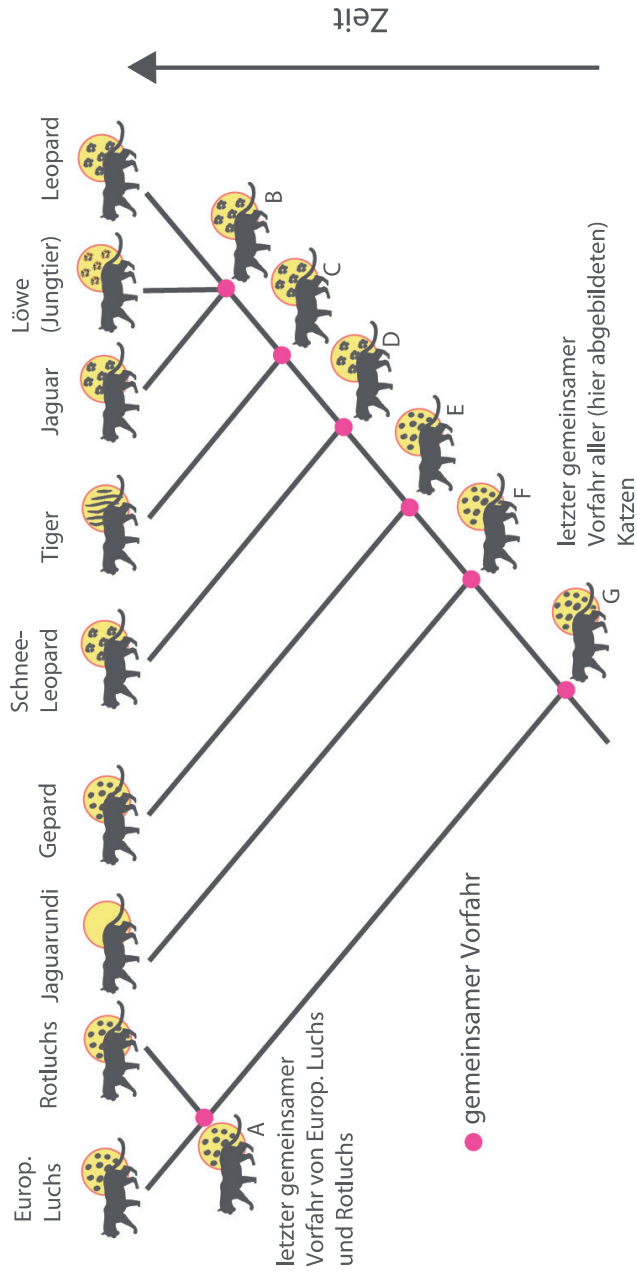


Abb. 14.26 Lösung zum Fellmuster bei verschiedenen Katzenarten (verändert nach Freeman und Herron 2007)

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg