

## Aufgabe 2

### Themenbereiche: Nerven, Sinne und Verhalten Evolution

#### Giftigkeit und Färbung bei Fröschen

Die Hautfärbung bei Fröschen kann unterschiedliche Funktionen haben. Die schrillen Farben der Baumsteigerfrösche warnen vor ihrer Giftigkeit und bei einigen Arten von Wasserfröschen schützen die Hautpigmente vor UV-Strahlung. Der heimische Laubfrosch kann je nach Untergrund seine Farbe wechseln.

Abbildung aus  
urheberrechtlichen Gründen  
entfernt

[www.adpic.de/data/picture/detail/  
Baumsteigerfrosch\\_181826.jpg](http://www.adpic.de/data/picture/detail/Baumsteigerfrosch_181826.jpg)

- a) Nennen Sie jeweils eine Definition der Evolutionsfaktoren Mutation, Rekombination, geographische Isolation und Gendrift. Beschreiben Sie kurz, welche Bedeutung diesen Evolutionsfaktoren im Evolutionsprozess jeweils zukommt. [10 BWE]
- b) Geben Sie mit Hilfe der vorgegebenen Ziffern die Stellen im Stammbaum (Abbildung 1) an, an denen das Merkmal „Giftigkeit“ jeweils entstanden sein könnte und begründen Sie Ihre Entscheidungen. Erläutern Sie anschließend am Beispiel des Merkmals „Giftigkeit“ der Baumsteigerfrösche den Begriff der Konvergenz. (Material 1) [10 BWE]
- c) Geben Sie die in Material 3 fehlenden Versuchsbeobachtungen an und begründen Sie Ihre Entscheidungen ausführlich anhand von Material 2 und 3. [12 BWE]
- d) Diskutieren Sie, welches der beiden in Material 4 abgebildeten Modelle zur Darstellung der Verbreitung von Informationen durch das Hormonsystem geeignet ist. [8 BWE]

### Material 1

Baumsteigerfrösche (*Dendrobatidae*) sind tagaktive Baumbewohner tropischer Regenwälder, deren besondere Merkmale ihre Giftigkeit und auffällige Färbung sind. Beide Merkmale dienen der Abschreckung von ebenfalls baumbewohnenden Fressfeinden wie Vögeln und großen Spinnen. Zur Familie der Baumsteigerfrösche zählen mehrere Gattungen (siehe Abbildung 1), die unterschiedliche Gifte absondern: Die Gattung *Dendrobates* sondert das Gift A (Allopumiliotoxin) ab, die Gattung *Phyllobates* das Gift B (Batrachotoxin) und die Gattung *Epipedobates* das Gift E (Epibatidin). Die drei Gifte unterscheiden sich deutlich in ihrer chemischen Struktur und Wirkungsweise. Zur Gattung *Epipedobates* gehört auch die Art *E. boulengeri*, die weder bunt gefärbt noch giftig ist.

Wissenschaftler gehen davon aus, dass das Merkmal Giftigkeit bei den Baumsteigerfröschen dreimal unabhängig voneinander entstanden ist.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

**Abb. 1:** Stammbaum der Baumsteigerfrösche (*Dendrobatidae*)

Linkwitz, Michael: Aufgabe pur. Unterricht Biologie, H. 296, 2004, S. 51 (verändert).

### Material 2

Viele Froscharten sind in der Lage, ihre Farbe zu ändern. Ermöglicht wird dies durch spezielle Zellformationen in der Haut der Tiere. Die in ihnen ablaufenden Veränderungen werden hormonell ausgelöst. Daran beteiligt sind das Hypophysenhormon MSH (Melanocyten-stimulierendes Hormon) und das Hormon Adrenalin aus der Nebenniere.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

**Abb. 2:** Schematische Darstellung spezieller Zellformationen (Seitenansicht) in der Haut eines Frosches und deren hormonelle Beeinflussung

Andersson, T.P.M. et al.: Frog melanophores cultured on fluorescent microbeads: biomimic-based biosensing. In: Biosensors and Bioelectronics, H. 21, 2005, S. 111-120 (verändert).

### Material 3

Auch der heimische Laubfrosch (*Hyla arborea*) kann mit dem in Material 2 beschriebenen Mechanismus die Farbe wechseln. Dies erfolgt unter anderem je nach Beschaffenheit des Untergrundes. Sitzt der normalerweise grasgrüne Frosch auf rauem Untergrund wie einer Baumrinde, färbt er sich dunkler und kann fast schwarz wirken. Befindet er sich auf einem glatten Untergrund wie einem Blatt, wird das Grün deutlich heller.

Zur Erforschung dieser Fähigkeit wurden an Laubfröschen verschiedene Eingriffe vorgenommen. Anschließend wurde beobachtet, ob auf bestimmten Untergründen eine Umfärbung erfolgt.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

### Tab. 3: Versuche zur Farbänderung beim Laubfrosch

Müssbichler, Anni & Umrath, Karl: Über den Farbwechsel von *Hyla arborea*. In: Zeitschrift für vergleichende Physiologie, Bd. 32, 1950, S. 311-318 (verändert).

### Material 4

Die Verbreitung von Informationen im Körper lässt sich mit Hilfe von technischen Geräten modellhaft darstellen.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

### Abb. 4: Technische Geräte als Modelle für die Verbreitung von Informationen im Körper

[www.visavis.de/bilder/artikel/radio\\_alt\\_kofferradio.jpg](http://www.visavis.de/bilder/artikel/radio_alt_kofferradio.jpg) und  
[www.quality-report.de/wp-content/uploads/2009/05/ld\\_grisi\\_oranges\\_telefon\\_web.jpg](http://www.quality-report.de/wp-content/uploads/2009/05/ld_grisi_oranges_telefon_web.jpg)

**Aufgabe 2 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen**

Erwarteter Inhalt		Bewertung		
		I	II	III
a)	<p>Unter einer Mutation versteht man eine Veränderung des Erbgutes. Der Begriff Rekombination bezeichnet die Neukombination von Erbanlagen bei der Keimzellenbildung und der anschließenden Befruchtung. Wird eine Population räumlich in zwei Teilpopulationen getrennt und ist dadurch der Genfluss unterbrochen, spricht man von geographischer Isolation.</p> <p>Eine zufällige, nicht durch Selektion verursachte Veränderung des Genpools einer Population wird als Gendrift bezeichnet.</p>	4		
	<p>Durch Mutationen entstehen neue Gene/Allele im Genpool, durch Rekombination werden sie neu kombiniert. Beide Faktoren tragen dadurch zur genetischen Variation einer Population bei. Auf diese Weise entstehen die verschiedenen Phänotypen einer Population, welche Voraussetzung für das Wirken der Selektion sind.</p> <p>Die räumliche Trennung einer Population in zwei neue Populationen ist eine Voraussetzung für den Prozess der Artaufspaltung. Ist ein ungehinderter Genfluss nicht mehr möglich, kommt es zu unterschiedlichen Mutationen und zu unterschiedlicher Selektion, was zu abweichenden Veränderungen in den jeweiligen Genpools führt.</p> <p>Wenn bei einem Ereignis zufällig mehr Individuen mit nicht optimalen Merkmalen überleben, ist die Frequenz der diesen Merkmalen zugrunde liegenden Gene im Genpool der Population erhöht. So können auch solche Merkmale in der Population erhalten bleiben, die keinen Selektionsvorteil bieten.</p>			
b)	<p>Da bei der Gattung <i>Epipedobates</i> die Art <i>E. boulengeri</i> nicht giftig ist, kann die genetisch bedingte Fähigkeit zur Absonderung des Giftes E erst an der Stelle 3 im Stammbaum entstanden sein. Nur so konnte sie über die Generationen hinweg zwar an <i>E. tricolor</i> und <i>E. anthonyi</i>, nicht aber an <i>E. boulengeri</i> vererbt werden.</p> <p>Da alle Arten der Gattung <i>Dendrobates</i> aber keine andere Art das Gift A absondert, muss die Fähigkeit dazu bei einem gemeinsamen Vorfahren entstanden sein, der im Stammbaum von der Stelle 7 markiert wird.</p> <p>Mit der entsprechenden Begründung folgt, dass die Fähigkeit zur Absonderung des Giftes B an Stelle 6 entstanden sein muss.</p>	4	5	
	<p>Man kann beim Merkmal „Giftigkeit“ von Konvergenz sprechen, da es bei den drei Gattungen als Anpasstheit an ähnliche Umweltbedingungen und Lebensweisen entstanden ist. In diesem Beispiel stellt vermutlich das Vorhandensein ähnlicher Fressfeinde die Umweltbedingung dar, welche als Selektionsfaktor wirkt. Typisch für Konvergenz ist, dass sich das Merkmal unabhängig von genetischer Verwandtschaft entwickelt hat und bei allen Froscharten die gleiche Funktion, nämlich das Abschrecken von Fressfeinden erfüllt.</p>			
c)	<p>Versuch 1 - Resultierende Färbung des Frosches: hell</p> <p>Bei einem hellgrünen Frosch liegen die Melanosomen im unteren Teil der Melanocyten in der Froschhaut. Sie befinden sich damit unterhalb der grünen Pigmentzellen, deren Farbe die Haut des Frosches grün erscheinen lässt. Setzt man den Frosch auf rauem Untergrund, würde er sich norma-</p>			

Erwarteter Inhalt		Bewertung		
		I	II	III
	<p>lerweise dunkel färben, da die Hypophyse das Hormon MSH ausschütten würde, das diese Umfärbung auslöst. Entfernt man jedoch die Hypophyse kann die Umfärbung nicht eintreten und der Frosch behält auch auf rauem Untergrund seine helle Farbe.</p> <p>Versuch 2 - Resultierende Färbung des Frosches: dunkel                      MSH bewirkt, dass die dunklen Melanosomen sich in den Zellausläufern der Melanocyten verteilen und dadurch die grünen Pigmentzellen verdecken. Werden die Nebennieren des Frosches entfernt, kann die Hypophyse trotzdem MSH produzieren, sodass sich der Frosch auf rauem Untergrund dunkel färbt.</p> <p>Versuch 3 - Resultierende Färbung des Frosches: dunkel                      Injiziert man dem hellen Frosch Blut aus einem gerade dunkel gefärbten Frosch, enthält dieses das Hormon MSH, das der dunkle Frosch gebildet hat. Das Hormon wird über die Blutbahn zu den Melanocyten transportiert. Im hellen Laubfrosch löst das Hormon unabhängig von der Beschaffenheit des Untergrundes eine Umfärbung zur dunklen Farbe nach dem bereits beschriebenen Prinzip aus.</p>		12	
d)	<p>Das Hormonsystem verbreitet Informationen durch die Ausschüttung chemischer Botenstoffe. Diese werden in den Blutkreislauf abgegeben und durch das Blut ungerichtet im gesamten Körper verbreitet. Allerdings kann die Information nur von den Zielzellen empfangen werden, die einen spezifischen Rezeptor dafür haben.</p> <p>Ähnlich verhält es sich beim Radio. Die flächendeckend ausgesendeten Radiowellen können überall empfangen werden. Dazu muss ein Radio als Empfänger vorhanden sein und auf die entsprechende Frequenz eingestellt werden. Dagegen wird beim Modell Festnetztelefon die Information über ein eigenes Leitungsnetz gezielt zu einem bestimmten Empfänger geleitet. Dies entspricht jedoch nicht den oben beschriebenen Eigenschaften des Hormonsystems.</p> <p>Das Modell Radio ist daher zur Darstellung der Informationsübertragung durch das Hormonsystem geeignet.</p>	2	2	4
Verteilung der insgesamt <b>40</b> Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		<b>16</b>	<b>20</b>	<b>4</b>

**Quellenangaben**

Andersson, T.P.M. et al.: Frog melanophores cultured on fluorescent microbeads: biomimic-based biosensing. In: Biosensors and Bioelectronics, H. 21, 2005.

Linkwitz, Michael: Aufgabe pur. Unterricht Biologie, H. 296, 2004.

Müssbichler, Anni & Umrath, Karl: Über den Farbwechsel von Hyla arborea. In: Zeitschrift für vergleichende Physiologie, Bd. 32, 1950.

Santos, J. C. et al.: Multiple, recurring origins of aposematism and diet specialization in poison frogs. In: Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, vol. 100 no. 22, 2003.

[www.visavis.de/bilder/artikel/radio\\_alt\\_kofferradio.jpg](http://www.visavis.de/bilder/artikel/radio_alt_kofferradio.jpg)

[www.quality-report.de/wp-content/uploads/2009/05/ld\\_grisi\\_oranges\\_telefon\\_web.jpg](http://www.quality-report.de/wp-content/uploads/2009/05/ld_grisi_oranges_telefon_web.jpg)

[www.adpic.de/data/picture/detail/Baumsteigerfrosch\\_181826.jpg](http://www.adpic.de/data/picture/detail/Baumsteigerfrosch_181826.jpg)