



**MEHR
ERFAHREN**



ABITUR-TRAINING

Gymnasium
Biologie 2
Baden-Württemberg



bis Abitur **2022**



STARK

Inhalt

Vorwort

Evolution	1
1 Vielfalt und systematische Ordnung der Organismen	2
1.1 Die Art als Grundeinheit des natürlichen Systems	2
1.2 Hierarchische Gliederung der Organismen	3
2 Belege für die Evolution	12
2.1 Belege aus der Paläontologie	12
2.2 Belege aus der vergleichenden Anatomie	17
2.3 Belege aus der vergleichenden Zytologie	24
2.4 Belege aus der vergleichenden Molekularbiologie	26
3 Artentstehung nach den Theorien von LAMARCK und DARWIN	44
3.1 LAMARCKS Theorie der Evolution	44
3.2 DARWINS Theorie der Evolution	45
3.3 Vergleich der Evolutionstheorien von LAMARCK und DARWIN	47
4 Synthetische Theorie der Evolution	52
4.1 Populationsgenetische Grundlagen	52
4.2 Hardy-Weinberg-Gesetz	54
4.3 Veränderung des Genpools als Grundlage von Evolutionsprozessen	56
4.4 Mutation als Evolutionsfaktor	56
4.5 Rekombination als Evolutionsfaktor	58
4.6 Selektion als Evolutionsfaktor	61
4.7 Flaschenhalseffekt und Gendrift als Evolutionsfaktoren	70
5 Artentstehung durch Zusammenwirken von Evolutionsfaktoren	86
5.1 Artentstehung durch geografische Isolation	86
5.2 Artentstehung ohne Separation	92
5.3 Artumwandlung	92
5.4 Einnischung	93
5.5 Adaptive Radiation	95
6 Stammesgeschichte des Menschen	105
6.1 Stellung des Menschen im natürlichen System	105

6.2	Vergleich der Anatomie von Menschenaffen und Mensch	107
6.3	Zytologische und molekularbiologische Merkmale	112
6.4	Fossilgeschichte des Menschen	113
6.5	Kulturelle Evolution	125
	Angewandte Genetik und Reproduktionsbiologie	139
1	Gentechnik	140
1.1	Gewinnung eines Gens	140
1.2	Transfer eines Gens	143
1.3	Suche nach Bakterienzellen mit Hybridplasmiden	144
1.4	Weitere Methoden des Gentransfers	152
 1.5	Polymerase-Kettenreaktion	153
1.6	Elektrophorese	156
2	Chancen und Risiken der Gentechnik und -diagnostik	163
2.1	Nutzung transgener Mikroorganismen	163
2.2	Pflanzenzüchtung	165
2.3	Tierzüchtung und Tierhaltung	167
2.4	Gentherapie beim Menschen	169
2.5	Gendiagnostik	170
3	Neue Methoden der Reproduktionsbiologie	179
3.1	Bildung und frühe Entwicklung von Embryonen	179
3.2	Künstliche Befruchtung	180
3.3	Klonierung	183
3.4	Ethische und juristische Fragen und Probleme	189
4	Biotechnische Methoden der Pflanzenzüchtung	196
4.1	Polyploidisierung	196
4.2	Pflanzenzucht mithilfe von Zellkulturen	197
	Lösungen	205
	Stichwortverzeichnis	259
	Quellenverzeichnis	271

Autor: Dr. Werner Bils



Die entsprechend gekennzeichneten Kapitel enthalten **Lernvideos**. An den jeweiligen Stellen im Buch befindet sich ein QR-Code, den Sie mit dem Smartphone oder Tablet scannen können. Im Hinblick auf eine eventuelle Begrenzung des Datenvolumens wird empfohlen, dass Sie sich beim Ansehen der Videos im WLAN befinden. Haben Sie keine Möglichkeit, den QR-Code zu scannen, finden Sie die Lernvideos auch unter:

Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

der in Baden-Württemberg geltende **Bildungsplan** stellt einige Anforderungen an den Biologieunterricht der Kursstufe, die für Sie wichtig sind. Es geht vor allem um den **Erwerb von Kompetenzen**, die anhand von konkreten Inhalten vermittelt werden. Zudem soll der Unterricht über die Orientierung an Fakten hinaus auch erklärenden Charakter haben, sich an grundlegenden **biologischen Prinzipien** orientieren sowie Kenntnisse und Methoden anderer naturwissenschaftlicher Fächer einbeziehen.

Diese Ausrichtung des Bildungsplans ist anspruchsvoll, denn es wird erwartet, dass Sie Kenntnisse und fachliche Fähigkeiten, aber auch allgemeine Kompetenzen eigenverantwortlich erlernen oder üben. Die beiden Trainingsbücher Biologie 1 und Biologie 2 (Verlagsnr. 847018V und 847028V) helfen Ihnen, sich selbstständig auf den **Unterricht**, auf **Klausuren** und auf die **Abiturprüfung** vorzubereiten.

Die beiden Bände behandeln **alle im Bildungsplan erwähnten Themen** und berücksichtigen die übergeordneten **biologischen Prinzipien**.

Inhalte, die über die Anforderungen des Basisfachs hinausgehen, sind durch einen **farbigen Balken** am Seitenrand gekennzeichnet.

Zu ausgewählten Themenbereichen gibt es **Lernvideos**, die zentrale biologische Zusammenhänge veranschaulichen. An den entsprechenden Stellen im Buch befindet sich ein QR-Code, den Sie mithilfe Ihres Smartphones oder Tablets scannen können – Sie gelangen so schnell und einfach zum zugehörigen Lernvideo.



Die **Texte und Abbildungen** sind **leicht verständlich** gestaltet. In der Regel werden sie durch deutlich markierte, ausführliche **Beispiele** anschaulich gemacht und vertieft. Im Anschluss an jedes Kapitel werden die **wichtigsten Fakten** noch einmal in Kurzform **zusammengefasst**. Diese Übersichten dienen als Gedächtnisanker. Sie helfen Ihnen dabei, neue Fakten leichter zu erlernen und sicher zu behalten.

Eine besondere Bedeutung kommt den **Übungsaufgaben** zu. Sie decken alle Inhalte des jeweils vorangehenden Kapitels ab. Die **themenübergreifende Ausrichtung** einiger Aufgaben zeigt die **enge Vernetzung** der verschiedenen **Teildisziplinen** der Biologie und soll zum Verständnis übergeordneter Gesetzmäßigkeiten beitragen.

Die Art der Aufgabenstellung bereitet Sie auf die schriftliche Abiturprüfung in Baden-Württemberg vor. Mithilfe der Aufgaben überprüfen Sie nicht nur, ob Sie in der Lage sind, die erforderlichen **Kenntnisse wiederzugeben**, sondern auch, ob Sie ihr **Wissen anwenden** können. Häufig werden Sie daher in den Aufgaben und in den ausführlichen Lösungen eine andere Betrachtungsweise, andere Beispiele und andere Formulierungen als im erklärenden Text finden. Zusätzlich sollen die Aufgaben Sie dabei unterstützen, eigenverantwortlich Ihren **Kenntnisstand festzustellen**. Dadurch trainieren Sie die von Ihnen geforderte Kompetenz zur Selbstdiagnose im Bereich von **Reproduktion, Reorganisation und Transfer**.

Zur **Vorbereitung auf die schriftliche Abiturprüfung** oder auf **Klausuren** empfehle ich Ihnen, Ihre Kenntnisse mithilfe des erklärenden Textes aufzufrischen, um sie danach anhand der Aufgaben zu prüfen. Es ist aber auch möglich, zunächst die Aufgaben zu lösen, und erst bei aufkommenden Schwierigkeiten die einführenden Texte zurate zu ziehen.

Für Ihre Prüfungen wünsche ich Ihnen viel Erfolg.

Ihr



Dr. Werner Bils

Hinweis: Die in diesem Buch angegebenen Verweise auf weitere relevante Textstellen sowie das Stichwortverzeichnis beziehen sich gleichzeitig auf den Band **Biologie 1**, Verlags-Nr. 847018V. Die Fundstellen werden daher durch die vor der Seitenzahl in Klammern aufgeführten Ziffern 1 (für Biologie 1) bzw. 2 (für Biologie 2) gekennzeichnet.



5 Artentstehung durch Zusammenwirken von Evolutionsfaktoren

Neue Arten können nur aus bereits existierenden entstehen. Eine Art besteht aus einer oder mehreren Populationen, deren Individuen sich unter natürlichen Bedingungen fruchtbar miteinander fortpflanzen können (siehe biologische Artdefinition, S. (2) 2). Dadurch hat jedes Allel eines Individuums jeder Population die Chance, in den Genpool jeder anderen Population zu gelangen. Man bezeichnet diese Weitergabe von Allelen als **Genfluss**. Aus einer Art sind zwei entstanden, wenn die Unterschiede zwischen zwei Populationen so groß geworden sind, dass sich ihre Individuen nicht mehr fruchtbar miteinander fortpflanzen können. Ist dies nicht mehr möglich, können keine Allele mehr in den Genpool der jeweils anderen Population gelangen, es ist kein Genfluss (kein Austausch von Allelen) mehr möglich. Man spricht dann von fortpflanzungsmäßig oder **reproduktiv isolierten** Populationen. Wichtig für die Erklärung der Artentstehung ist also die Frage, wie es zur Entstehung von Unterschieden kommen kann, die als Fortpflanzungsbarrieren wirken, die also den Genfluss zwischen den Populationen verhindern. Der **populationsgenetische Artbegriff** ist wie folgt definiert:

Eine Art besteht aus einer oder mehreren Populationen, zwischen denen **Genfluss** besteht oder bestehen kann.

5.1 Artentstehung durch geografische Isolation

Zu einer Unterbrechung des Genflusses kann es kommen, wenn eine Population geografisch in zwei oder mehrere Teilpopulationen getrennt wird. Man spricht von **Separation**. Die beiden geografisch isolierten Populationen gelten in einem solchen Fall trotzdem als zur gleichen Art gehörig, da weiterhin ein Genfluss möglich wäre, wenn sich die Individuen der Populationen begegnen könnten. Die Formulierung „**Unterbrechung des Genflusses**“ kann zwei Bedeutungen haben: Sie besagt einerseits, dass kein Genfluss mehr stattfinden kann, weil **geografische Barrieren** ihn verhindern. Andererseits spricht man auch von einer „Unterbrechung“, wenn der Genfluss unmöglich geworden ist, weil die Individuen zweier Populationen so unterschiedliche Merkmale entwickelt haben, dass sie sich miteinander nicht mehr fruchtbar fortpflanzen können (**reproduktive Isolation**) (siehe S. (2) 87 und S. (2) 91).

Möglichkeiten der geografischen Isolation

Zur Trennung von Populationen kann es z. B. kommen, wenn sich das Klima ändert und es zu Versteppung, Versumpfung, Vereisung, zur Anhebung oder zur Senkung des Meeresspiegels kommt. Ursachen können aber auch geologische Ereignisse sein, wie die Auffaltung von Gebirgen, die Bildung von Tälern, die Kontinentalverschiebung oder die Bildung von Landbrücken, durch die sich Meeresgebiete voneinander trennen. Neue, getrennte, kleine Teilpopulationen entstehen bei der Besiedlung schwer zugänglicher Gebiete durch „Gründerindividuen“ (siehe S. (2) 71). Das können landferne Inseln, Oasen oder Gebiete sein, die durch Wüsten, Gebirge oder große Flüsse getrennt sind.

Entstehung von Rassen und Arten in Teilpopulationen

In zwei geografisch voneinander getrennten Teilpopulationen verläuft die Evolution mit großer Wahrscheinlichkeit in verschiedene Richtungen, sodass ihre Individuen unterschiedliche Merkmale entwickeln. Durch die Trennung der Population wurde der ursprüngliche Genpool ungleich auf die Teilpopulationen verteilt. Im Extremfall, wenn nur wenige Individuen eine zweite Population bilden, sind einige Allele im neuen Genpool gar nicht mehr vorhanden (siehe S. (2) 71 f.). Mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit treten in jeder der beiden Teilpopulationen außerdem andere Rekombinationen und Mutationen und damit andere Varianten auf. Außerdem sind die Teilpopulationen jeweils unterschiedlichen Umweltbedingungen ausgesetzt, sodass verschiedene Selektionsfaktoren auf sie wirken.

Durch **Separation** wird der Genfluss zwischen zwei Populationen verhindert. Dadurch treten mit der Dauer der Trennung zunehmende Merkmalsunterschiede zwischen den Individuen der beiden Populationen auf.

Wenn die Trennung für eine lange Zeit besteht, können die Merkmalsunterschiede so stark werden, dass sich die Individuen der einen Population nicht mehr mit denen der anderen fruchtbar fortpflanzen können. Die unterschiedlichen Merkmale bilden **Fortpflanzungsbarrieren**, die den Genfluss auch dann verhindern, wenn die geografische Trennung später wieder aufgehoben wird. Die geografische Isolation kann zu einer **reproduktiven Isolation** führen. Aus den beiden Teilpopulationen, die ursprünglich zu einer Art gehörten, sind dann zwei **Arten** entstanden.

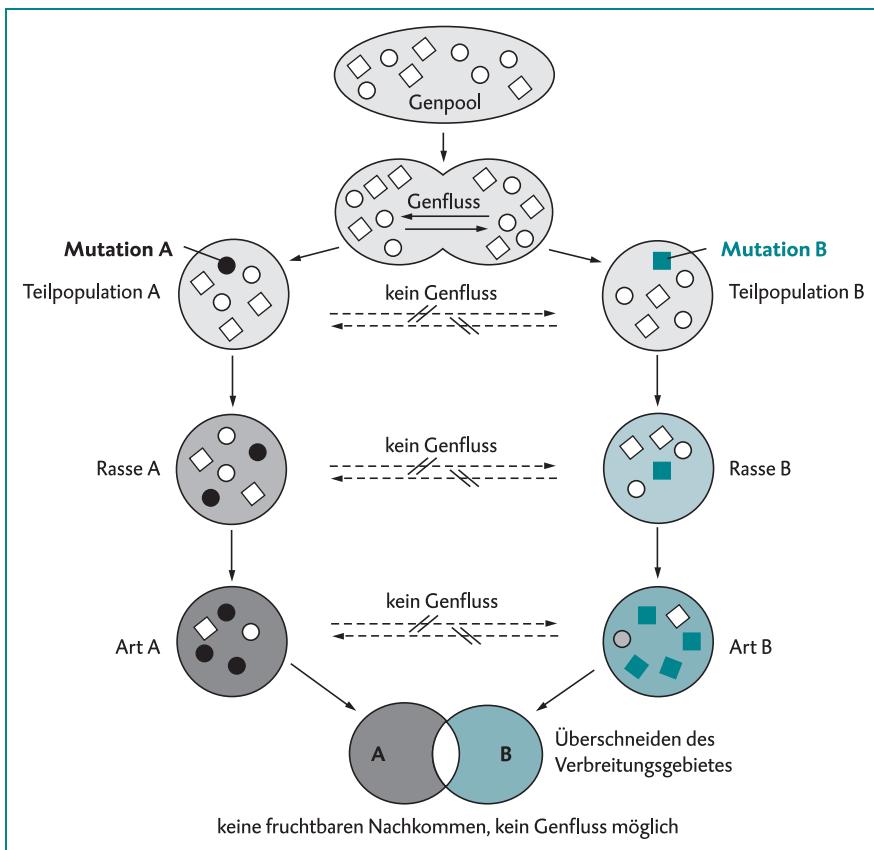


Abb. 38: Entstehung von Rassen und Arten durch Separation.

Wenn zwar deutliche Merkmalsunterschiede zwischen den Individuen der beiden Teilpopulationen bestehen, diese sich aber dennoch miteinander fruchtbar fortpflanzen können, z. B. nach Aufheben der geografischen Trennung, spricht man von zwei **Rassen** oder zwei Unterarten.

Durch Separation entstehen verschiedene

- **Arten**, wenn unterschiedliche Evolution in den Teilpopulationen Merkmale entstehen lassen, die als Fortpflanzungsbarrieren wirken.
- **Rassen** (Unterarten), wenn zwar deutlich verschiedene Merkmale entstehen, die aber keine Fortpflanzungsbarrieren darstellen, sodass weiterhin Genfluss zwischen den Populationen möglich ist.

Beispiele

Die **Kohlmeise** tritt in drei Rassen, der westlichen, der chinesischen und der südasiatischen, auf (siehe Abb. 39). Alle Meisenrassen gehören zu derselben Art, obwohl sich die chinesische und die westliche Rasse nicht miteinander paaren, also keine fruchtbaren Bastarde bilden. Die westliche und die chinesische Rasse können aber über die südasiatische, die mit beiden bastardiert, Allele austauschen. Würde die südasiatische Rasse aussterben, könnte man die chinesische und die westliche Rasse als zwei Arten betrachten.

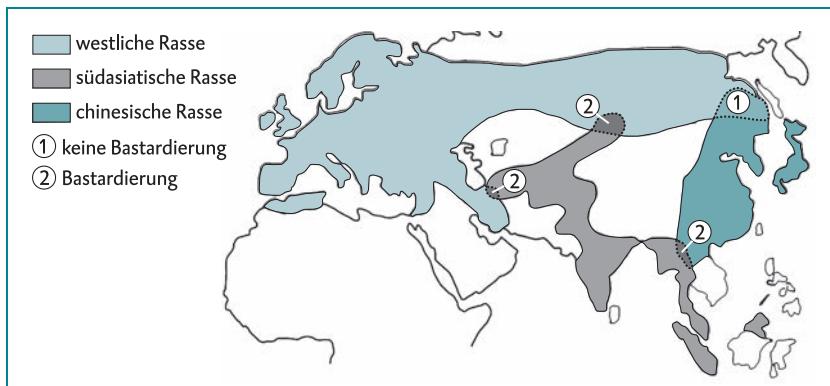


Abb. 39: Rassenbildung bei der Kohlmeise.

Raben- und Nebelkrähe sind zwei Rassen der Art „Aaskrähe“. Die ursprüngliche **Krähenpopulation** wurde durch den großen Festlandgletscher, der während der Eiszeit von Skandinavien her nach Mitteleuropa vordrang, in eine westliche und in eine östliche Teilpopulation getrennt. In den zwei Teilpopulationen verließ die Evolution unterschiedlich. Es entstanden zwei verschiedene Formen von Krähen, die **Raben-** und die **Nebelkrähe**, mit einer unterschiedlichen Gefiederfärbung (siehe Abb. 40).

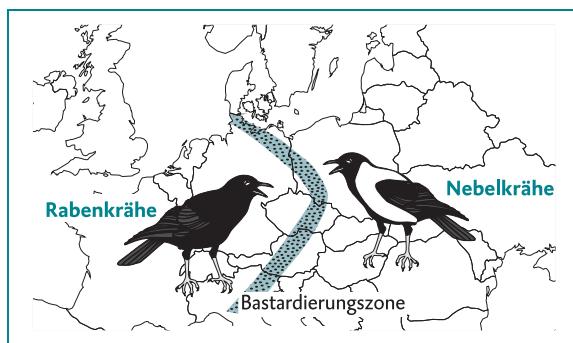


Abb. 40: Bildung von Rassen bei der Aaskrähe.

Nachdem das Eis abgeschmolzen war, kam es zu einer Überschneidung des Verbreitungsgebietes der beiden Krähenpopulationen. Die Individuen beider Populationen können sich heute im Überschneidungsgebiet fruchtbar miteinander fortpflanzen. Es entstehen fruchtbare „**Bastarde**“ (Hybride). Die Bastardierungszone liegt etwa im Gebiet der Elbe. Raben- und Nebelkrähen sind daher trotz ihrer deutlich verschiedenen Gefiederfärbung nur zwei Rassen derselben Art „Aaskrähe“ (siehe S. (2) 3).

Geschwisterarten

Zuweilen entstehen Arten, die zwar reproduktiv voneinander isoliert sind, sich aber in ihren körperlichen Merkmalen nur wenig unterscheiden. Man nennt sie **Geschwisterarten**. Sehr wahrscheinlich entstehen sie aus Populationen, die zwar so lange voneinander isoliert waren, dass sich unterschiedliche Merkmale bilden konnten, die eine erfolgreiche Fortpflanzung verhinderten, bei denen aber die Trennung nicht lange genug andauerte, um in den Teilpopulationen einen deutlich unterschiedlichen Körperbau entstehen zu lassen.

Beispiele

- Geschwisterarten findet man z. B. unter den heimischen Vögeln. Einige Vogelarten sehen sich sehr ähnlich, paaren sich aber nicht, da ihre Balzgesänge unterschiedlich sind. Geschwisterarten sind:
- die kleinen Singvogelarten **Fitis** und **Zilpzalp**, die in Gärten und Parks leben (siehe Abb. 41).
 - Waldbaumläufer und Gartenbaumläufer; kleine Vögel, die sich vorwiegend von Insekten auf der Rinde von Baumstämmen ernähren.
 - Sprosser und Nachtigall.
 - Grauspecht und Grünspecht.
 - Sommergoldhähnchen und Wintergoldhähnchen; sehr kleine in Nadelbäumen lebende Singvögel.

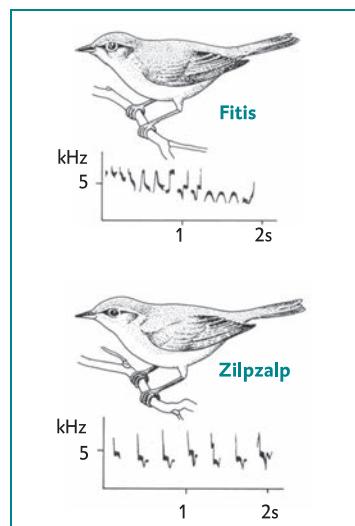


Abb. 41: Fitis und Zilpzalp mit den Klangspektrogrammen ihrer Gesänge.

Mechanismen der reproduktiven Isolation

In der Natur sind viele verschiedene Merkmale zu finden, die zwei Arten reproduktiv voneinander isolieren, die also den Genfluss auch dann verhindern, wenn zwei Arten im selben Gebiet leben. Sowohl im Tier- als auch im Pflanzenreich findet man zahlreiche Beispiele für solche Isolationsmechanismen.

Isolationsmechanismen sind Faktoren, die den Genfluss zwischen Populationen verhindern, die im **gleichen Gebiet** leben.

Zeitliche Isolation

Beispiele

- Einige einheimische Frosch- und Krötenarten paaren sich zu verschiedenen Zeiten im Jahr.
- Roter und Schwarzer Holunder blühen in unterschiedlichen Monaten. So kann Pollen der einen Art nicht in die Blüte der anderen gelangen.

Ethologische Isolation

Beispiele

- Fitis und Zilzalp sowie einige andere Geschwisterarten haben ein unterschiedliches Balz- und Paarungsverhalten.
- Leuchtkäferarten haben verschiedenfarbige Leuchtorgane und unterschiedliche Blinkrhythmen, durch die sich die Paarungspartner finden.

Anatomische und physiologische Isolation

Beispiele

- Viele Insektenarten unterscheiden sich durch ihre kompliziert gebauten Kopulationsorgane, die wie ein Schlüssel zum Schloss zusammenpassen. Bereits kleinste Veränderungen machen eine Paarung unmöglich.
- Bei Pflanzen können artfremde Pollen häufig auf der Narbe keinen Pollenschlauch bilden, was eine Voraussetzung für die Befruchtung ist.

Isolation durch Sterilität oder Polyploidie

Beispiele

- Aus einer Paarung zwischen Pferd und Esel gehen Maultier oder Maul-esel hervor. Beide Tiere sind aber nicht fortpflanzungsfähig.
- Bei Pflanzen kann eine Polyploidisierung die fruchtbare Kreuzung unmöglich machen (siehe S. (2) 92).

Zusammenfassung

- Die **Bildung von Arten** ist abgeschlossen, wenn zwischen ihren Populationen **kein Genfluss** mehr möglich ist. Dadurch sind sie voneinander **reproduktiv isoliert**.
- Die **Separation** ist ein Ereignis, das die **Bildung neuer Arten** auslösen kann.
- Bei **Geschwisterarten** geschah die Artspaltung erst vor geologisch kurzer Zeit.
- Auf dem langen Weg zur Artbildung kommt es zunächst zur Entstehung von **Rassen**.
- Durch **Polyploidisierung** können Arten auch ohne vorangegangene Separation entstehen.
- Die **Artentstehung** ist mit der Anpassung an eine ökologische Nische (**Einnischung**) verbunden.
- Wenn viele **freie ökologische Nischen** existieren, kann es zur **adaptiven Radiation** kommen. Sie geht von einer Art oder einer systematischen Gruppe aus.

Aufgaben

- 94** In der folgenden Tab. 9 ist die Wirkung von Evolutionsfaktoren in knapper Form zusammengefasst.
Ergänzen Sie die mit Kennziffern versehenen, fehlenden Teile des Textes. Stellen Sie fest, ob der jeweilige Evolutionsfaktor zu einer Erhöhung der Angepasstheit führt oder nicht, und markieren Sie entsprechend in der dritten Spalte das „ja“ oder „nein“.

Evolutionsfaktor	Wirkung auf den Genpool	Verbessert die Angepasstheit an die jeweilige Umwelt
Selektion	Unterschiedlicher Fortpflanzungserfolg erhöht oder verringert die Frequenz einiger ... (1)	ja/nein
Mutation und Rekombination	Veränderung der Allelhäufigkeiten und Erhöhung der Zahl unterschiedlicher ... (2)	ja/nein
... (3)	Veränderung der Allelhäufigkeiten in einem kleinen Genpool aufgrund von Zufallsereignissen	ja/nein
Separation	Zufällige Zusammenstellung der Allele bei der ... (4) von Populationen	ja/nein

Tab. 9: Wirkung von Evolutionsfaktoren.

- 95 Definieren Sie den populationsgenetischen Artbegriff.
- 96 Beschreiben Sie die Kriterien, die erfüllt sein müssen, um zwei Gruppen von Individuen als Rassen bezeichnen zu können.
- 97 Der Myrtenwaldsänger und der Audubonwaldsänger sind kleine Singvögel Nordamerikas. Früher galten sie als zwei Arten. Fachleute halten sie heute für zwei Rassen, eine westliche und eine östliche, einer einzigen Art, des Kronwaldsängers.
Nennen Sie von den unten aufgeführten Erkenntnissen diejenige, die zu dieser Änderung der systematischen Einordnung geführt haben könnte.
- Myrtenwaldsänger und Audubonwaldsänger
- a kommen im selben Gebiet vor.
 - b kreuzen sich in der Natur fruchtbar miteinander.
 - c sehen sich ähnlich genug, um in dieselbe Art gestellt zu werden.
 - d sind voneinander reproduktiv (fortpflanzungsmäßig) isoliert.
 - e leben in vollständig voneinander getrennten Gebieten.
- 98 Beschreiben Sie in Stichworten Ereignisse, die zur Separation (geografische Isolation) von Populationen führen können.
- 99 Einige Jahre, nachdem ein Grasland durch breite, stark befahrene Straßen in mehrere Gebiete zerteilt wurde, verglich man den Genpool von Populationen aus verschiedenen, durch die Straßen getrennten Gebieten. Die Unterschiede zwischen den Populationen der verschiedenen Gebiete waren je nach Art der Organismen unterschiedlich groß.
Nennen Sie von den unten aufgeführten Arten diejenige, bei der man die größten Unterschiede fand. Begründen Sie Ihre Antwort.
- a Mäuse
 - b windbestäubte Gräser
 - c Schnecken
 - d Fliegen
 - e Krähen
 - f Kaninchen
- 100 Die Individuen zweier voneinander getrennter Populationen der gleichen Art verändern in der Regel über Generationen hinweg ihre Merkmale.
Erklären Sie, warum sich die Merkmale in den beiden Populationen in unterschiedliche Richtungen verändern können.
- 101 a Erklären Sie, wie es zur Entstehung von Geschwisterarten kommt.
b Nennen Sie zwei Beispiele für Geschwisterarten.



© STARK Verlag

www.pearson.de
info@pearson.de

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH
ist urheberrechtlich international geschützt.
Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung
des Rechteinhabers in irgendeiner Form
verwertet werden.



Pearson

STARK