

# MEHR ERFAHREN

**AB**

Gymn

Biol

Bader

bis Abi



## ABITUR-TRAINING

Gymnasium

Biologie 2

Baden-Württemberg

bis Abitur 2022



**STARK**



**MEHR  
ERFAHREN**

**ABITUR-TRAINING**

Gymnasium

**Biologie 1**

Baden-Württemberg

bis Abitur **2022**



**STARK**

# Inhalt

## Vorwort

<b>Zell- und Molekularbiologie .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Mikroskopie .....</b>	<b>2</b>
<b>2 Bau der Eukaryoten-Zelle .....</b>	<b>6</b>
2.1 Bau und Funktion der Zellmembran .....	6
2.2 Stofftransport durch die Membran .....	10
2.3 Die Organellen der eukaryotischen Zelle .....	17
2.4 Die Zellorganellen im Transmissions-Elektronenmikroskop .....	28
<b>3 Die Zelle als Grundeinheit des Lebens .....</b>	<b>42</b>
3.1 Geschlossene Systeme .....	42
3.2 Offene Systeme .....	43
3.3 Energieumwandlung in der Zelle .....	46
<b>4 Moleküle des Lebens .....</b>	<b>53</b>
4.1 Stoffliche Zusammensetzung der Zelle .....	53
4.2 Aufbau und Eigenschaften von Proteinen .....	54
4.3 Proteine als Enzyme .....	61
4.4 Nukleinsäuren .....	73
 <b>Vom Gen zum Merkmal .....</b>	 <b>99</b>
 <b>1 Der genetische Code .....</b>	<b>100</b>
 <b>2 Die Proteinbiosynthese .....</b>	<b>104</b>
2.1 Die Transkription .....	104
2.2 Die Translation .....	107
2.3 Vermehrung von Viren .....	110
 <b>3 Biologische Syntheseketten .....</b>	<b>114</b>
3.1 Zusammenwirken mehrerer Gene in einer Genwirkkette .....	114
3.2 Genwirkketten im Phenylalanin-Stoffwechsel des Menschen .....	115

*Fortsetzung nächste Seite*

<b>4</b>	<b>Mutationen</b>	<b>119</b>
4.1	Formen und Folgen von Mutationen	119
4.2	Mutagene und Mutationsrate	122
4.3	Entstehung von Krebs	124
<b>5</b>	<b>Regulation von Stoffwechselvorgängen durch die Kontrolle der Transkription</b>	<b>128</b>
5.1	Genregulation bei Bakterien	128
5.2	Differenzielle Genaktivierung bei Eukaryoten	131
<b>6</b>	<b>Zelldifferenzierung, Bildung von Geweben und Organen</b>	<b>140</b>
6.1	Dauergewebe und Bildungsgewebe	140
6.2	Überblick über verschiedene Zelltypen	142
<b>Informationsverarbeitung im Nervensystem</b>		<b>145</b>
<b>1</b>	<b>Bau und Funktion der Nervenzelle</b>	<b>146</b>
1.1	Bau der Nervenzelle und der Nerven	146
1.2	Entstehung des Ruhepotenzials	149
1.3	Entstehung des Aktionspotenzials	154
1.4	Weiterleitung von Aktionspotenzialen	161
1.5	Erregungsleitung an der Synapse	164
<b>2</b>	<b>Codierung und Verarbeitung der Informationen an Nervenzellen</b>	<b>181</b>
2.1	Codierung der Information an Axonen	181
2.2	Verschaltung von Nervenzellen und Verrechnung der Erregung	184
2.3	Verschaltung von Nervenzellen im Rückenmark	193
<b>3</b>	<b>Informationsverarbeitung im Gehirn</b>	<b>205</b>
3.1	Aufbau und Leistungen des menschlichen Gehirns	205
3.2	Aufbau und Leistungen des menschlichen Großhirns	207
3.3	Verarbeitung visueller Informationen	208
3.4	Sprachsteuerung durch Felder des Großhirns	220

<b>Kommunikation im Immunsystem – Immunreaktionen</b> . . . . .	<b>231</b>
<b>1    Unspezifische Immunreaktionen</b> . . . . .	<b>232</b>
<b>2    Spezifische Immunreaktionen</b> . . . . .	<b>233</b>
2.1    Spezifische Erkennung körperfremder Substanzen . . . . .	233
2.2    Antikörper . . . . .	234
2.3    Ablauf der spezifischen Immunreaktion . . . . .	237
2.4    Aktive und passive Immunisierung . . . . .	243
2.5    Blutgruppen und Bluttransfusionen . . . . .	244
<b>3    Störungen des Immunsystems</b> . . . . .	<b>246</b>
3.1    Krebs . . . . .	246
3.2    AIDS . . . . .	246
3.3    Autoimmunerkrankungen . . . . .	248
3.4    Transplantation von Geweben und Organen . . . . .	249
3.5    Allergien . . . . .	249
3.6    Immunologische Nachweisverfahren . . . . .	251
<b>Lösungen</b> . . . . .	<b>261</b>
Stichwortverzeichnis . . . . .	337
Quellenverzeichnis . . . . .	349



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:

**Autor:** Dr. Werner Bils

**Hinweis:** Die in diesem Buch angegebenen Verweise auf weitere relevante Textstellen sowie das Stichwortverzeichnis beziehen sich gleichzeitig auf den Band **Biologie 2**, Verlags-Nr. 847028. Die Fundstellen werden daher durch die vor der Seitenzahl in Klammern aufgeführten Ziffern 1 (für Biologie 1) bzw. 2 (für Biologie 2) gekennzeichnet.



# 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 847028) 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 zweistündigen Fachs bzw. 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



## 2 Die Proteinbiosynthese

Entsprechend der Basensequenz der DNA bildet die Zelle im Zuge der **Proteinbiosynthese** Ketten von Aminosäuren, aus denen dann funktionsfähige Proteine entstehen (siehe ER und Dictyosom, S. (1) 21 f.). Die Biosynthese der Proteine läuft in zwei Schritten ab:

- Im ersten Schritt, der **Transkription**, wird die Basensequenz eines DNA-Abschnitts in die Basensequenz einer RNA (mRNA) umgeschrieben.
- Im zweiten Schritt, der **Translation**, erfolgt die Übersetzung der Basensequenz der mRNA in die Aminosäuresequenz des Proteins.

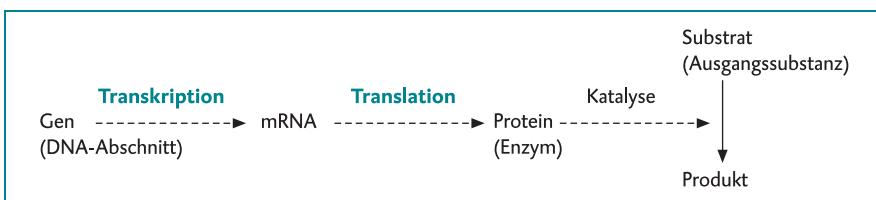


Abb. 65: Vorgänge bei der Umsetzung genetischer Informationen vom Gen zum Produkt.

### 2.1 Die Transkription

Bei eukaryotischen Zellen ist die genetische Information im **Zellkern** gespeichert (siehe Chromosomen, S. (1) 78). Die Orte der Proteinbiosynthese, die Ribosomen (siehe Zytologie, S. (1) 25), liegen aber im Zytoplasma. Daher muss die genetische Information zunächst **aus dem Zellkern** zu den Ribosomen gelangen. Dies geschieht im Laufe der Transkription.

#### Ablauf der Transkription

Zu Beginn der Transkription öffnet sich der DNA-Doppelstrang unter Verbrauch von Stoffwechselenergie an einer Stelle und freie RNA-Nukleotide lagern sich an die komplementären Basen eines der beiden DNA-Einzelstränge an. Er wird **codogener** Strang oder Matrize genannt, da nur dieser eine der beiden DNA-Einzelstränge die Information des Gens trägt. Die angelagerten RNA-Nukleotide verbinden sich unter Verbrauch von Stoffwechselenergie zu einem RNA-Strang, der als Boten- oder **messenger-RNA** (mRNA) bezeichnet wird. Die mRNA löst sich nach seiner Fertigstellung vom Matrizenstrang der DNA und verlässt den Zellkern durch die Kernporen (siehe S. (1) 17).

Die Verbindung der RNA-Nukleotide wird durch ein Enzym, die RNA-Polymerase katalysiert.

Die Wanderung der RNA durch die engen Poren wird dadurch erleichtert, dass sie nur einsträngig ist und daher dünner als DNA-Moleküle.

Nach Ende der Transkription ist die genetische Information eines Gens also auf einen RNA-Strang „umgeschrieben“. Die Basenfolge der entstandenen mRNA ist **komplementär** zu der des entsprechenden Abschnitts des **codogenen** Strangs der DNA, nicht aber identisch mit diesem.

In der **Transkription** kopiert die Zelle ein Gen in Form einer komplementären Abschrift und transportiert diese durch die Kernporen zu den Ribosomen.

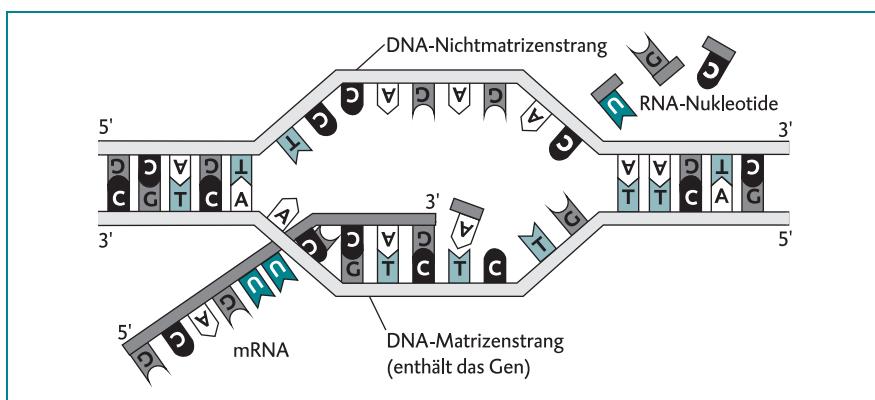


Abb. 66: Schematischer Ablauf der Transkription.

## Charakteristika und Folgen der Transkription

Durch die Transkription können **zahlreiche Kopien** eines Gens entstehen, sodass an vielen Stellen im Zytoplasma, an den Ribosomen, die Synthese des selben Proteins **gleichzeitig** ablaufen kann. So kann eine große Menge eines Proteins in kurzer Zeit synthetisiert werden. Die Transkription erlaubt es der Zelle außerdem zu entscheiden, **welcher Teil** der genetischen Informationen zu einem bestimmten Zeitpunkt realisiert werden soll, welches der vielen möglichen Proteine gebildet werden soll (siehe Transkriptionskontrolle, Genexpression, S. (1) 128 ff.). Ohne vorherige Transkription müsste die **Proteinsynthese** im Zellkern ablaufen, sie könnte nicht **im Zytoplasma**, in der Nähe der Orte stattfinden, an denen die gebildeten Proteine benötigt werden. Gleichzeitig verbleiben die genetischen Informationen als DNA-„Original“ **gut geschützt** im Zellkern. Jeder Transport der DNA aus dem Kern in das Zytoplasma wäre mit einer erhöhten Gefahr der Veränderung der genetischen Informationen verbunden.

## Verschiedene Kopiervorgänge an der DNA

An der DNA können also zwei unterschiedliche Kopiervorgänge ablaufen, die jeweils verschiedenen Zwecken dienen:

- Die **Transkription** bildet einen komplementären RNA-Strang, z. B. **mRNA** oder **tRNA**, an einem bestimmten Bereich eines DNA-Einzelstrangs, einem **Gen**, um die genetischen Informationen zu realisieren. Von besonderer Bedeutung ist die Synthese von **Enzymen**, die den Stoffwechsel steuern und die Lebensprozesse aufrechterhalten.
- Im Zuge der **Replikation** wird anhand des vorliegenden DNA-Moleküls ein komplett neuer **DNA-Doppelstrang** synthetisiert, um die genetischen Informationen in der **Mitose** an neu entstehende Zellen bzw. in der **Meiose** an Nachkommen weitergeben zu können (siehe (1) 77 ff.).

## Spleißen

Die Transkription bei Eukaryoten ist komplizierter als bei Prokaryoten. Die DNA und die daraus entstehende mRNA der Eukaryoten enthalten:

- **Exons:** Das sind Abschnitte, die Informationen über das zu bildende Protein enthalten (codierende Bereiche).
- **Introns:** Das sind Bereiche, die keine Informationen über Proteine tragen (nicht codierende Bereiche).

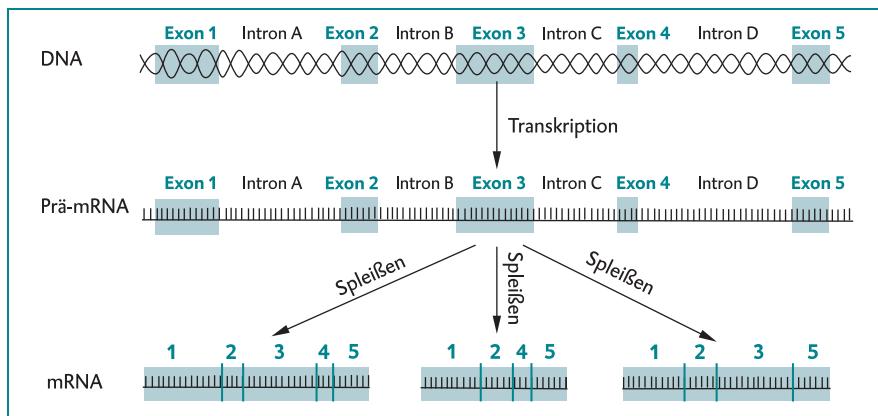


Abb. 67: Vorgang des alternativen Spleißens.

Zunächst entsteht während der Transkription an der DNA eine vollständige Kopie des jeweiligen DNA-Abschnitts in Form einer komplementären Abschrift, die Vorläufer-mRNA (**Prä-mRNA**). Aus ihr werden noch im Zellkern in einem Vorgang, den man als **Spleißen** bezeichnet, die Introns herausge-

schnitten und die verbleibenden Exons zur fertigen mRNA verbunden. Schneiden und Verbinden geschieht mithilfe bestimmter Enzyme. Prokaryoten haben keine Introns, sodass sich das Spleißen hier erübriggt. Die beim Spleißen herausgeschnittenen Exons können unterschiedlich zusammengefügt werden. Dadurch können mehrere verschiedene mRNA-Moleküle mit jeweils unterschiedlicher genetischer Information entstehen. Auf diese Weise ist es möglich, dass ein Gen, ein DNA-Abschnitt mit einer bestimmten Information, zur Bildung mehrerer verschiedener Proteine führt.

## 2.2 Die Translation

Während der **Translation** wird die Abfolge der Basentriplets der mRNA in eine **Abfolge von Aminosäuren** übersetzt. Erforderlich dafür sind, neben der mRNA, verschiedene Enzyme, die transfer-RNA, die Aminosäuren, Ribosomen sowie ATP oder ein ähnlicher Energieüberträger.

### Bau der tRNA

Die **transfer-RNA** ist ein kleines RNA-Molekül. Es besteht aus einer kurzen Kette von nur wenigen RNA-Nukleotiden. Der RNA-Einzelstrang paart sich in Bereichen komplementärer Basen, sodass das Molekül bei zweidimensionaler Darstellung eine spezifische, **kleebattähnliche** Form erhält. Die mittlere der drei Schleifen des tRNA-Moleküls enthält ein Basentriplett, das sich an ein komplementäres Triplet

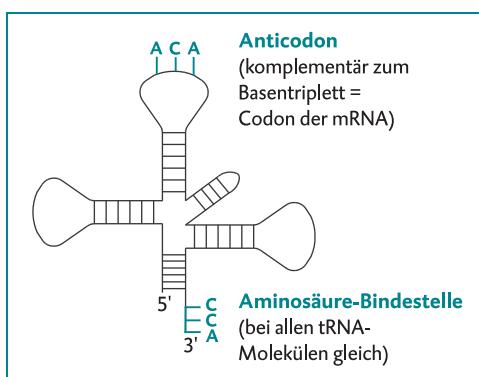


Abb. 68: Bau der tRNA.

der mRNA binden kann. Es wird als **Anticodon** bezeichnet, da es sich mit dem komplementären **Codon** auf der mRNA paart. Am anderen Ende der tRNA kann **eine Aminosäure** binden. Welche das ist, hängt von der Art des Anticodons ab. Für diese Bindung sind ein Enzym und Stoffwechselenergie erforderlich. Insgesamt gibt es 61 unterschiedliche Codons, die für Aminosäuren codieren (siehe genetischer Code, S. (1) 100 f.). Zu diesen Codons der mRNA passen komplementär die Anticodons der verschiedenen Typen von tRNA-Molekülen.

### Bau und Lage der Ribosomen

Ein Ribosom besteht aus Proteinen, darunter verschiedene Enzyme, und einer speziellen RNA, der sogenannten **ribosomalen RNA** (rRNA). Ribosomen können entweder frei im Zytosoma vorliegen oder sie sind mit der Membran des rauen Endoplasmatischen Retikulums (siehe S. (1) 21) verbunden. Im elektronenmikroskopischen Bild können sie über das Zytosoma verteilt oder in Reihen zu sogenannten **Polysomen** angeordnet sein.

### Ablauf der Translation

Zu Beginn der Translation fügen sich am Start-Codon der mRNA zwei zunächst getrennt im Zytosoma vorhandene Untereinheiten der Ribosomen zu einem funktionsfähigen Organell zusammen. Im Bereich des Ribosoms liegt ein Abschnitt von **zwei Basentriplets** der mRNA. An diesen beiden Codons lagern sich **zwei tRNA-Moleküle** mit ihren Anticodons an. Die an diese beiden tRNA-Moleküle gebundenen Aminosäuren werden durch die Bildung einer **Peptidbindung** zwischen der NH<sub>2</sub>-Gruppe der ersten und der COOH-Gruppe der zweiten Aminosäure miteinander verknüpft (siehe S. (1) 56 f.). Dazu sind ein spezifisches Enzym und Stoffwechselenergie erforderlich. Die tRNA-Moleküle bringen also die Aminosäuren zum Ribosom, sie arbeiten als „Adapter“, die zwischen der mRNA und der Aminosäurekette vermitteln. Nach der Bildung der Peptidbindung rückt die mRNA um ein Triplet weiter, sie bewegt sich also in **Triplet-Schritten** durch das Ribosom.

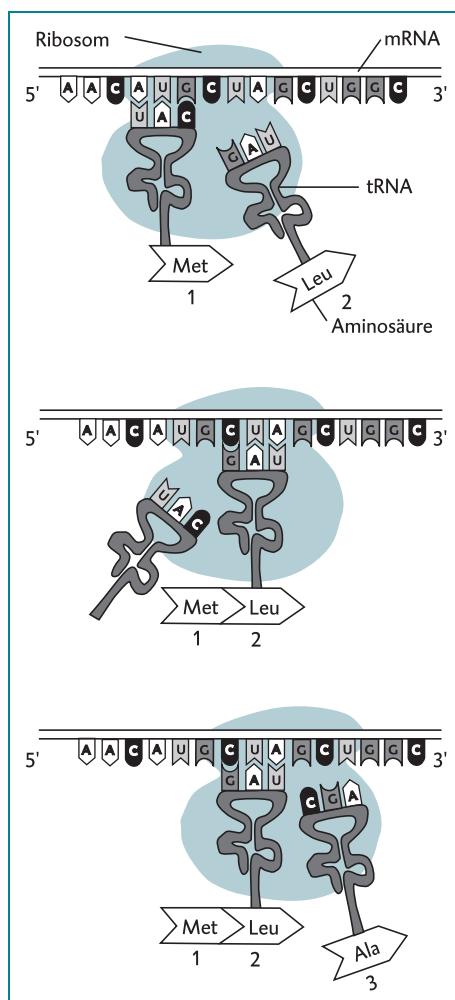


Abb. 69: Vorgänge bei der Translation.



## Zusammenfassung

- Die Proteinbiosynthese beginnt mit der **Transkription**. Dabei bildet sich aus freien RNA-Nukleotiden an einem Abschnitt der DNA ein komplementärer **mRNA-Strang**.
- Beim Vorgang des **Spleißens** werden aus der zunächst vollständigen mRNA die **Introns entfernt**. Introns enthalten keine Information über den Bau von Proteinen (nicht codierende Bereiche).
- Im zweiten Abschnitt der Proteinbiosynthese, der **Translation**, werden Aminosäuren zu Polypeptiden verknüpft. Dazu wandert die mRNA aus dem Zellkern und lagert sich an ein Ribosom an. Dort wird mithilfe von **tRNA-Molekülen** die Basensequenz der mRNA in die Aminosäuresequenz eines **Proteins** umgesetzt.
- Ein **tRNA-Molekül** trägt an einer seiner Schleifen ein spezifisches Basentriplett, das **Anticodon**. Diese drei Basen legen fest, welche Aminosäure das tRNA-Molekül bindet.
- Im Bereich der **Ribosomen** binden die **Anticodons der tRNA** komplementär mit den **Codons der mRNA**. Durch **Peptidbindungen** zwischen den einzelnen an den tRNA-Molekülen hängenden Aminosäuren entsteht eine Polypeptidkette.
- Eine Steigerung der Proteinbiosyntheserate lässt sich sowohl durch die mehrfache Transkription am selben DNA-Abschnitt als auch durch die Bildung von **Polysomen** bei der Translation erreichen.
- Viren** bestehen aus **Nukleinsäuren**, die in einer **Proteinhülle** liegen.
- Viren besitzen **keinen eigenen Stoffwechsel** und nutzen den Proteinsyntheseapparat von Wirtszellen, um sich zu vermehren.
- Retroviren** wie z. B. das **HI-Virus** speichern ihre Erbinformation in Form von **RNA**. Sie enthalten das Enzym **reverse Transkriptase**, das RNA in DNA umschreibt.

### Aufgaben 115 (Themenübergreifende Aufgabe)

Erklären Sie, ob die Proteinbiosynthese in einer Zelle ablaufen kann, die sich in der Metaphase befindet (Anordnung der Chromosomen in der Äquatorebene der Zelle).

### 116 Stellen Sie fest, welche der folgenden Aussagen richtig sind.

Bei der Transkription

- lagert sich mRNA an einen Abschnitt der DNA an.
- lagern sich RNA-Nukleotide an einen Abschnitt der DNA an.
- lagern sich tRNA-Moleküle an einen Abschnitt der DNA an.
- entsteht mRNA.
- öffnet sich der Doppelstrang der DNA in einem Abschnitt.
- bilden sich Proteine.
- wird Stoffwechselenergie benötigt.

- 117 Vergleichen Sie die Vorgänge bei der Replikation mit denen bei der Transkription.
- 118 Durch die Entdeckung eines bestimmten Vorgangs musste man die ursprünglich geschätzte Zahl von ca. 100 000 Genen des Menschen auf ca. 20 000 reduzieren. Die geschätzte Zahl der verschiedenen Proteine des Menschen blieb unverändert bei ca. 90 000.
- a Nennen Sie den Vorgang, der diese Korrektur erforderlich machte.
  - b Erläutern Sie, wie es möglich ist, mit ca. 20 000 Genen die Information für ca. 90 000 Proteine zu speichern.
- 119 Die mRNA, die den Zellkern verlässt, ist in eukaryotischen Zellen sehr viel kürzer als der Abschnitt der DNA, an dem ihre Transkription abließ. Erklären Sie diesen Sachverhalt.
- 120 Beschreiben Sie die Nachteile, die auftreten würden, wenn die genetische Information nicht zunächst in Form von mRNA umgeschrieben, sondern die DNA direkt an den Ribosomen abgelesen würde.
- 121 Nennen Sie die korrekten Aussagen.
- a Bei der Translation laufen Prozesse sowohl im Zellkern wie auch im Zytoplasma ab.
  - b An der Translation sind drei verschiedene Arten von RNA beteiligt.
  - c Zur Translation ist Stoffwechselenergie (ATP) erforderlich.
  - d Die Translation läuft nur kurz vor Beginn der Mitose ab.
  - e Durch die Translation entstehen Proteine.
  - f Die Translation kann an Polysomen ablaufen.
  - g In der Translation entsteht mRNA.
- 122 Beschreiben Sie, was geschieht, wenn während der Translation die mRNA (oder das Ribosom) um ein Triplet weiterrückt.
- 123 Rote Blutkörperchen des Menschen bilden sich im Knochenmark. In einem Experiment wurde mRNA aus dem Knochenmark eines Menschen in Eizellen des Krallenfrosches injiziert. Die Eizellen begannen daraufhin, menschliches Hämoglobin zu bilden. Erklären Sie dieses Phänomen.
- 124 Nennen Sie die Bestandteile, die ein zellfreies System haben muss, wenn die Proteinbiosynthese *in vitro* (im Reagenzglas) ablaufen soll.



**MEHR  
ERFAHREN**



## **ABITUR-TRAINING**

Gymnasium

# **Biologie 2**

Baden-Württemberg

bis Abitur **2022**



**STARK**

# Inhalt

## Vorwort

<b>Evolution .....</b>	<b>1</b>
<b>1    Vielfalt und systematische Ordnung der Organismen .....</b>	<b>2</b>
1.1 Die Art als Grundeinheit des natürlichen Systems .....	2
1.2 Hierarchische Gliederung der Organismen .....	3
<b>2    Belege für die Evolution .....</b>	<b>12</b>
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
<b>3    Artentstehung nach den Theorien von LAMARCK und DARWIN .....</b>	<b>44</b>
3.1 LAMARCKS Theorie der Evolution .....	44
3.2 DARWINS Theorie der Evolution .....	45
3.3 Vergleich der Evolutionstheorien von LAMARCK und DARWIN .....	47
<b>4    Synthetische Theorie der Evolution .....</b>	<b>52</b>
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
<b>5    Artentstehung durch Zusammenwirken     von Evolutionsfaktoren .....</b>	<b>86</b>
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
<b>6    Stammesgeschichte des Menschen .....</b>	<b>105</b>
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
<b>Angewandte Genetik und Reproduktionsbiologie</b>	.....	<b>139</b>
<b>1 Gentechnik</b>	.....	<b>140</b>
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
<b>2 Chancen und Risiken der Gentechnik und -diagnostik</b>	.....	<b>163</b>
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
<b>3 Neue Methoden der Reproduktionsbiologie</b>	.....	<b>179</b>
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
<b>4 Biotechnische Methoden der Pflanzenzüchtung</b>	.....	<b>196</b>
4.1	Polyploidisierung . . . . .	196
4.2	Pflanzenzucht mithilfe von Zellkulturen . . . . .	197
<b>Lösungen</b>	.....	<b>205</b>
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.

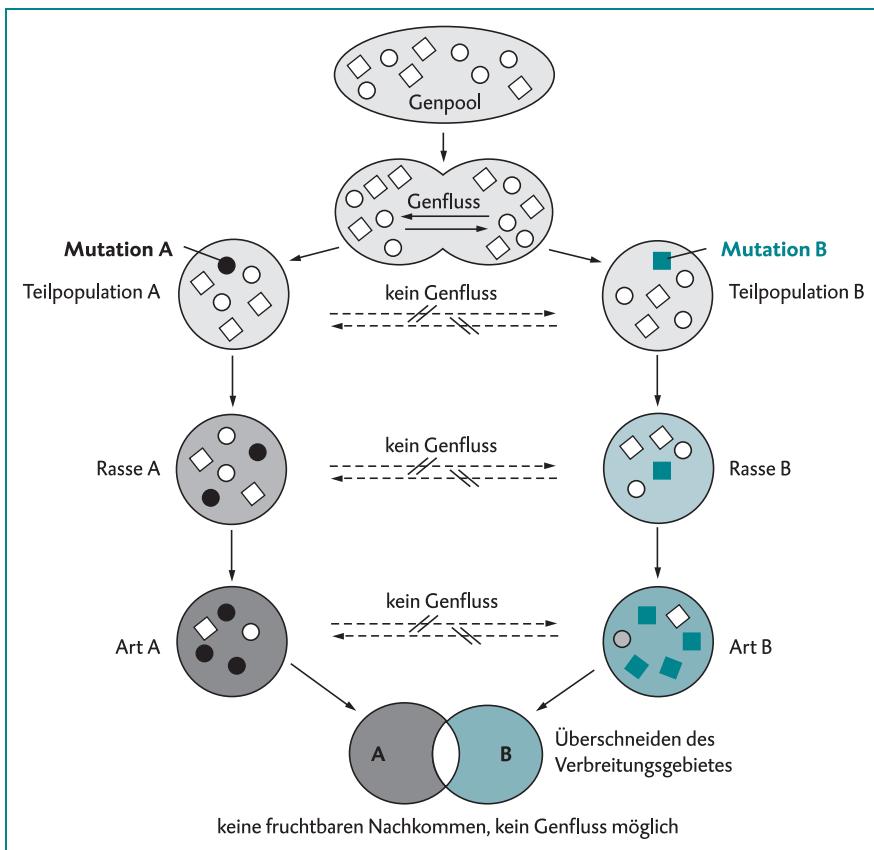


Abb. 38: Entstehung von Rassen und Arten durch Separation.

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.

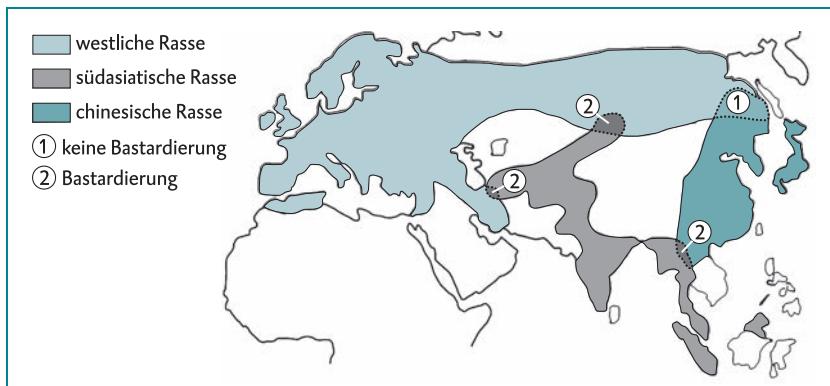


Abb. 39: Rassenbildung bei der Kohlmeise.

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).

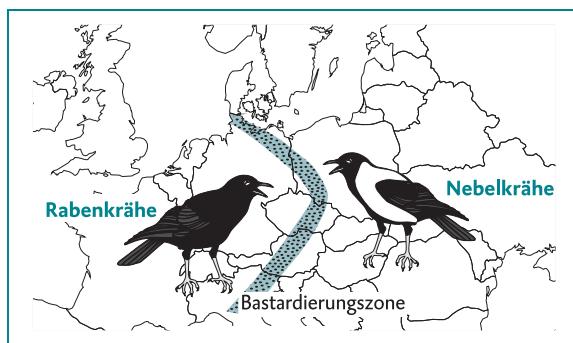


Abb. 40: Bildung von Rassen bei der Aaskrähe.

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.

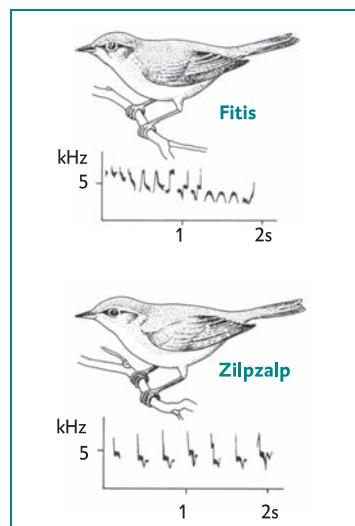


Abb. 41: Fitis und Zilpzalp mit den Klangspektrogrammen ihrer Gesänge.

## 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).



© STARK Verlag

[www.pearson.de](http://www.pearson.de)  
[info@pearson.de](mailto: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**