



# SACHSEN-ANHALT

Ministerium für Bildung

## SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2023

### BIOLOGIE (ERHÖHTES ANFORDERUNGSNIVEAU)

#### Prüfungsaufgaben

---

Auswahlzeit:	30 Minuten
Bearbeitungszeit:	330 Minuten

---

Wählen Sie je ein Thema aus den beiden Themenblöcken zur Bearbeitung aus und kreuzen Sie diese beiden Themen an.  
Bestätigen Sie die Entscheidungen mit Ihrer Unterschrift.

#### Themenblock Grundlagen

**Thema G 1:** Proteine

**Thema G 2:** Erdmännchen

#### Themenblock Vertiefung

**Thema V 1:** RuBisCO

**Thema V 2:** Saxitoxin

**Thema V 3:** Entgiftungsenzyme

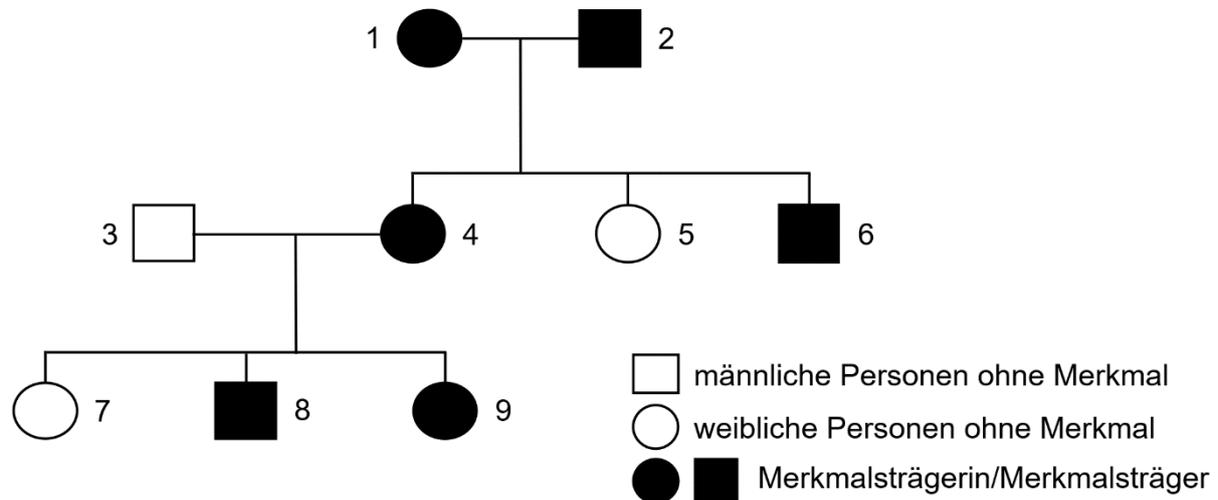
Unterschrift des Prüflings:

## Thema G 1: Proteine

- |     |   |          |
|-----|---|----------|
| 1   | Eiweiß ist ein wichtiger Aufbaustoff im Körper. Zur Synthese von Proteinen werden die in der DNA gespeicherten Informationen genutzt.<br>Fertigen Sie eine beschriftete Skizze zum Bau der DNA anhand von vier Nucleotidpaaren an und beschreiben Sie die Translation als zweiten Teilprozess der Proteinbiosynthese.   | BE<br>13 |
| 2   | Eiweiße sind nicht nur universelle Bau- und Betriebsstoffe aller Organismen, sondern wirken auch als Biokatalysatoren in Stoffwechselreaktionen. Durch Enzymdefekte entstehen Stoffwechselerkrankungen wie die akute intermittierende Porphyrrie, bei der u. a. die Bildung der Häm-Gruppe des roten Blutfarbstoffes Hämoglobin gestört ist. Inzwischen wurde eine Genmutation auf dem Chromosom 11 als Ursache des Enzymdefekts erkannt.<br>Leiten Sie unter Nutzung des im Material 1 dargestellten Stammbaums die Art des Erbganges bei Porphyrrie ab und begründen Sie mögliche Genotypen der Personen 1, 2, 5 und 6. | 6        |
| 3   | Immunglobuline (Antikörper) sind lebenswichtige Proteine, die im Blut zirkulieren und vielfältige Aufgaben erfüllen. Sie sind ein wichtiger Bestandteil unseres Immunsystems.<br>Erklären Sie unter Nutzung des Materials 2 A die im Material 2 B dargestellten Untersuchungsergebnisse.  | 12       |
| 4   | Regulatorproteine beeinflussen als Repressor oder Aktivator die Genaktivität. Die Franzosen F. Jacob und J. Monod untersuchten 1961 die Regulation der Genaktivität bei dem Darmbakterium <i>Escherichia coli</i> (E. coli) und entwickelten das Operon-Modell. In der Regel wird eine E. coli-Kultur auf einem Nährboden mit Glucose angezogen. Ist Glucose verbraucht, tritt ein Wachstumsstillstand ein. Nach Zugabe von Lactose setzt die Bakterienvermehrung mit einer gewissen Verzögerung wieder ein.  | 19       |
| 4.1 | Interpretieren Sie die im Material 3 A dargestellten Versuchsergebnisse unter Nutzung des Materials 3 B. Beurteilen Sie die Regulation der Genaktivität bei Bakterien aus ultimer Sicht.  |          |
| 4.2 | Lactose ist im Darmbakterium E. coli 2000-mal höher konzentriert als in der Umgebung.<br>Erläutern Sie die Anreicherung von Lactose in E. coli mithilfe des Materials 4.  |          |

## Materialien zum Thema G 1:

### Material 1 zur Aufgabe 2: Modellstammbaum zur Vererbung von Porphyrie



Nach: <https://www.studyhelp.de/online-lernen/wp-content/uploads/2018/10/Stammbaumanalyse-Merkmalstr%C3%A4ger.jpg> (5.10.2022)

### Material 2 zur Aufgabe 3:

#### A – Versuchsdurchführung

Das in den Versuchen verwendete Serumalbumin ist ein bestimmtes im Blutplasma von Rindern vorkommendes Protein.

##### Versuch 1

A-Mäusen wird intravenös eine bestimmte Dosis Serumalbumin injiziert. Die Menge an gebildeten Antikörpern wird nach einer ersten (Kurve I) und zweiten Injektion (Kurve II) gleicher Dosis gemessen.

##### Versuch 2

B-Mäusen, die demselben Stamm wie die A-Mäuse angehören, werden verschiedene Injektionen verabreicht:

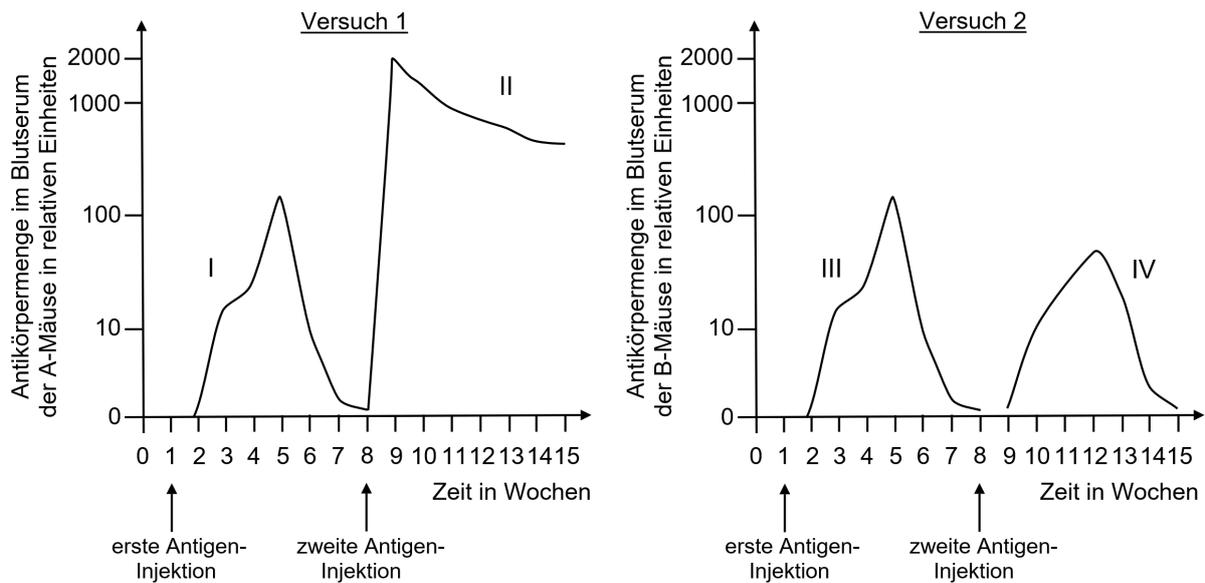
- als erste Injektion das Serumalbumin in gleicher Dosis wie in Versuch 1 (Kurve III),
- als zweite Injektion ein Antigen 0, das sich vom Serumalbumin unterscheidet, aber in gleicher Dosis injiziert wird (Kurve IV).

##### Versuch 3

Zwei Wochen nach der zweiten Injektion entnimmt man den A- und B-Mäusen Blut. Nach Abtrennung der Blutzellen wird die Reaktion des verbleibenden Blutserums auf Zugabe von Serumalbumin und auf Zugabe des Antigens 0 untersucht.

Nach: Unterrichtsmaterialien Biologie. Stark Verlag, Freising o. J., K.4.1 (5.10.2022)

**B – Untersuchungsergebnisse**



Versuch 3

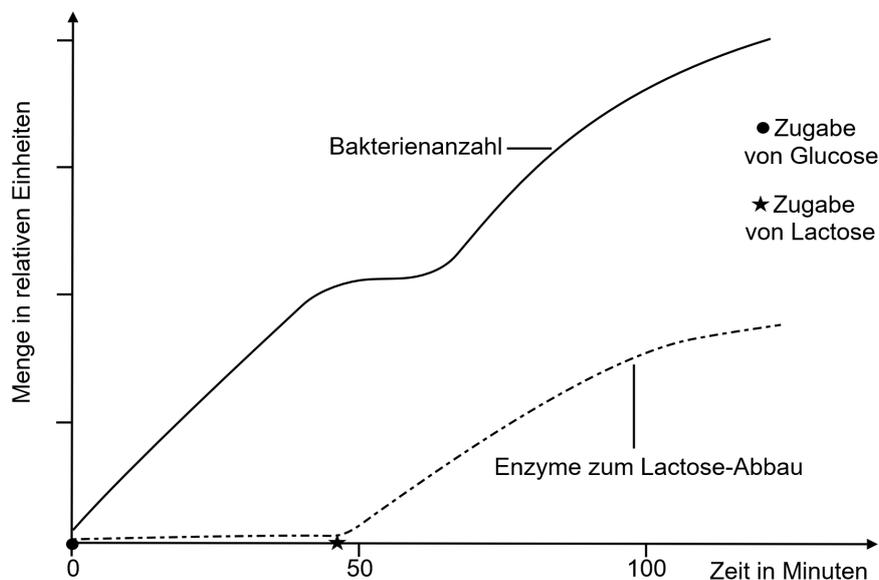
Blutserum	Serumalbumin des Rindes	Antigen 0
A-Mäuse	Agglutination	keine Agglutination
B-Mäuse	keine Agglutination	Agglutination

Hinweis: Kommt es zu einer Immunreaktion, äußert sich dies in einer Verklumpung (Agglutination).

Nach: ebenda.

**Material 3 zur Aufgabe 4.1:**

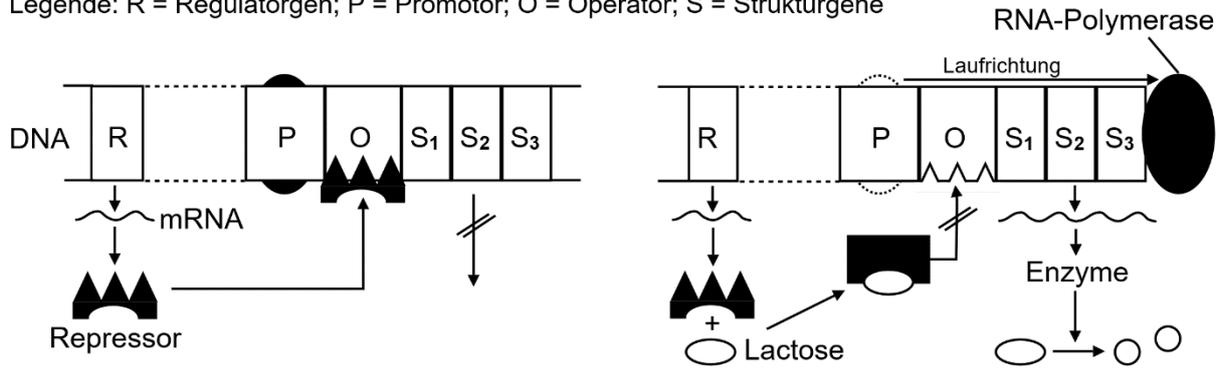
**A – Untersuchungsergebnisse**



Nach: <https://www.u-helmich.de/bio/gen/reihe2/25/bilderNeu/lacOperon00.jpg> (5.10.2022)

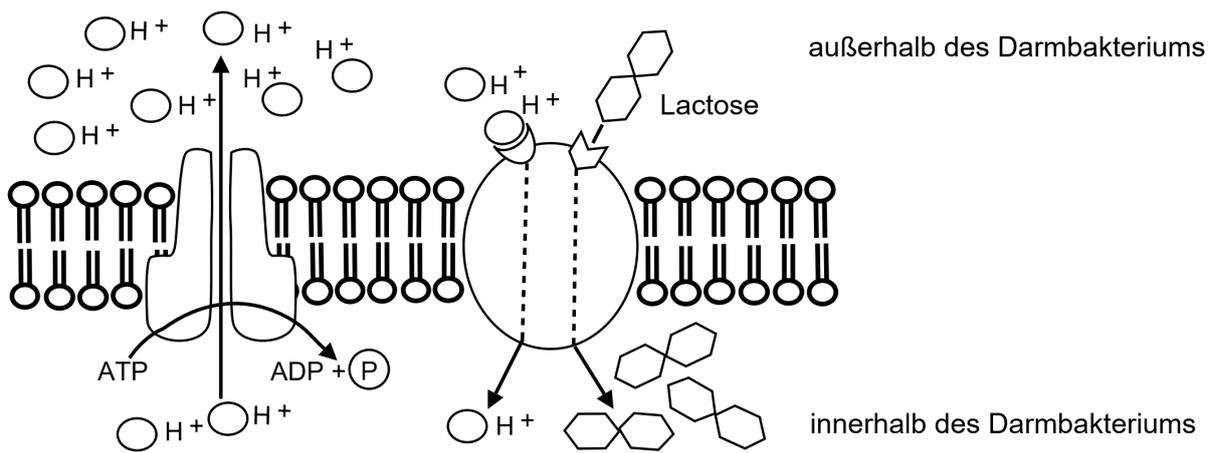
**B – Operon-Modell zur Regulation der Genaktivität**

Legende: R = Regulatorgen; P = Promotor; O = Operator; S = Strukturgene



Nach: <https://www.biologie-schule.de/operonmodell-jacob-monod.php> (7.11.2022)

**Material 4 zur Aufgabe 4.2: Transport von Lactose**



Nach: [https://www.imw.bio.uni-mainz.de/files/2013/06/Geerlings\\_Vortrag.pdf](https://www.imw.bio.uni-mainz.de/files/2013/06/Geerlings_Vortrag.pdf) (5.10.2022)

## Thema G 2: Erdmännchen

- |     |   |          |
|-----|---|----------|
| 1   | Erdmännchen ( <i>Suricata suricatta</i> ) leben im südlichen Afrika. Dort besiedeln sie trockene, offene Landschaften mit kurzem Grasland und spärlichem Gehölzwuchs. Sie leben in Kolonien von bis zu dreißig Individuen. Ein Familienverband besteht aus einem dominanten Paar und seinen Nachkommen, mehrere Familienverbände können friedlich in einer Kolonie zusammenleben. Gemeinsam unterhält eine Kolonie einen Bau.   | BE<br>22 |
| 1.1 | Erläutern Sie mithilfe von Material 1 drei Wechselbeziehungen zwischen den Organismen.  |          |
| 1.2 | Die Tuberkulosebakterien zeigen im Organismus der Erdmännchen eine typische Wachstumskurve. Interpretieren Sie das Material 2. Stellen Sie die Replikation der DNA als Voraussetzung für die Zellteilung in einer beschrifteten Skizze dar.   |          |
| 2   | Hormone spielen im Körper von Erdmännchen eine entscheidende Rolle. Sexualhormone bedingen nicht nur die physische Entwicklung, sondern beeinflussen auch das Verhalten. Die Konzentration der Sexualhormone ist von verschiedenen Faktoren abhängig.<br>Werten Sie das Material 3 A aus. Erläutern Sie mithilfe von Material 3 B den zellulären Wirkmechanismus von Sexualhormonen.  | 12       |
| 3   | In Erdmännchen-Kolonien ist ein spezifisches Sozialverhalten zu beobachten, das in Feldstudien untersucht wurde.<br>Erklären Sie das in Material 4 dargestellte Verhalten aus ultimativer Sicht.  | 8        |
| 4   | Zu den potentiellen Räubern der Erdmännchen gehören Schlangen. Giftschlangen enthalten in ihrem Gift häufig $\alpha$ -Neurotoxine. Diese blockieren irreversibel unter anderem die spezifischen Acetylcholinrezeptoren der postsynaptischen Membran an Kontaktstellen zwischen Nervenzelle und Muskelfaser. Erdmännchen sind gegen dieses Gift resistent.<br>Erläutern Sie den Wirkmechanismus des Giftes bei einem nichtresistenten Beutetier auf zellulärer Ebene sowie die Folgen für diesen Organismus. Entwickeln Sie eine Hypothese zu den proximalen Ursachen des Überlebens der Erdmännchen nach einem Giftschlangengebiss anhand von Material 5. | 8        |

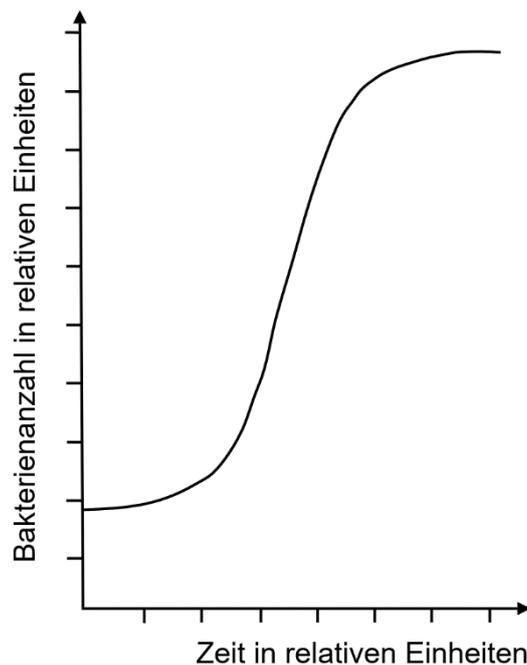
## Materialien zum Thema G 2:

### Material 1 zur Aufgabe 1.1: Lebensweise der Erdmännchen

Erdmännchen sind sehr territorial. Sie deponieren Kot und anale Duftmarken sowohl innerhalb ihres Territoriums als auch an dessen Grenzen. Der individuelle Duft eines jeden Erdmännchens entsteht durch Pheromone und Abbaustoffe von Bakterien, die im Analbeutel der Erdmännchen leben. Innerhalb ihres Territoriums finden Erdmännchen ihre Nahrung, die in erster Linie aus Insekten besteht, aber auch Mäuse, Eidechsen, Spinnen und sogar Skorpione werden gefressen. In freilebenden Erdmännchen-Populationen ist die Verbreitung von Tuberkulose, einer lebensgefährlichen Lungenentzündung, zu beobachten, die durch das *Mycobacterium bovis* hervorgerufen wird. Eine Übertragung der Bakterien kann durch das Einatmen infektiöser Aerosole oder durch die Aufnahme über Bisswunden erfolgen.

Nach: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2009.1775> (5.10.2022)  
<https://hi-science.com/meerkats-can-thank-bacteria-29753> (5.10.2022)

### Material 2 zur Aufgabe 1.2: Populationsentwicklung



Nach: [https://www.researchgate.net/publication/51677821\\_Microbial\\_Growth\\_Curves\\_What\\_the\\_Models\\_Tell\\_Us\\_and\\_What\\_They\\_Cannot/link/53f2073d0cf272810e4c8641/download](https://www.researchgate.net/publication/51677821_Microbial_Growth_Curves_What_the_Models_Tell_Us_and_What_They_Cannot/link/53f2073d0cf272810e4c8641/download) (5.10.2022)

**Material 3 zur Aufgabe 2:**

**A – Untersuchungsergebnisse bei Erdmännchen**

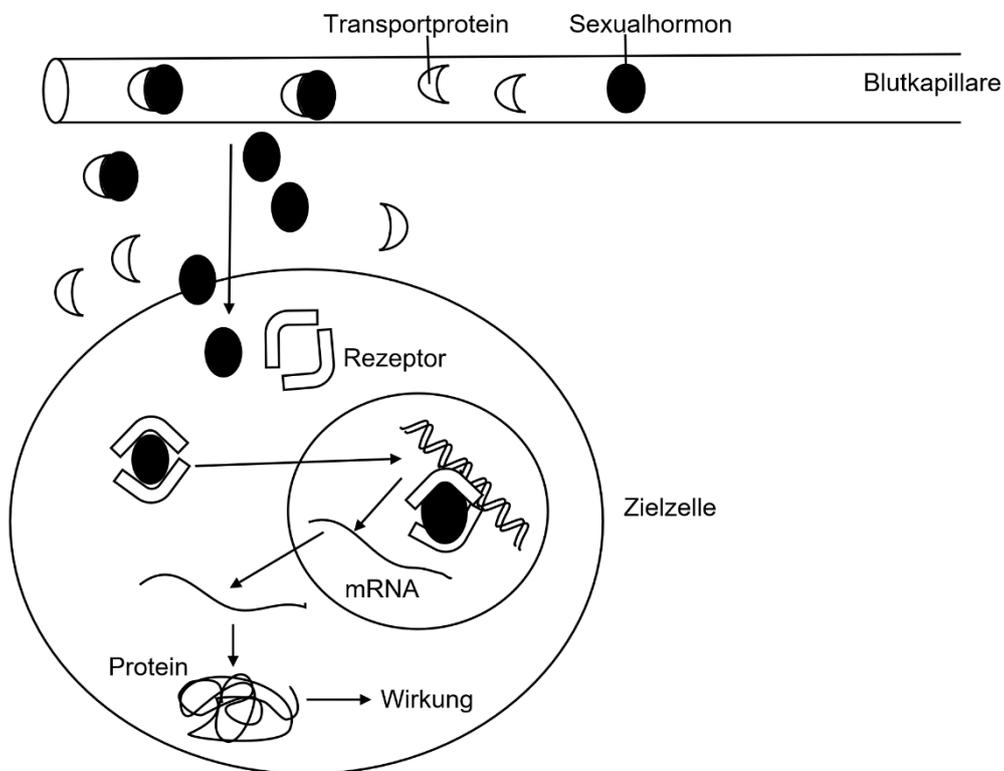
Geschlecht, Status	männlich, dominant	männlich, untergeordnet	weiblich, dominant	weiblich, untergeordnet
Testosteronmenge	7 ng/ml	5 ng/ml	6 ng/ml	3 ng/ml
Östradiolmenge	450 pg/ml	300 pg/ml	800 pg/ml	400 pg/ml
vom Individuum ausgehende Angriffe gegen Artgenossen	48,5 %	24,5 %	15 %	12 %

Hinweis: Testosteron – männliches Sexualhormon, Östradiol – weibliches Sexualhormon

Nach: <https://www.nature.com/articles/srep35492.pdf> (5.10.2022)

<https://www.spektrum.de/news/testosteron-das-unterschaetzte-hormon/1303615> (5.10.2022)

**B – Wirkmechanismus von Sexualhormonen**



Nach: <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2014/daz-13-2014/was-uns-steuert> (5.10.2022)

**Material 4 zur Aufgabe 3: Verhaltensweisen in der Erdmännchen-Kolonie**

Während die Mitglieder der Kolonie auf Nahrungssuche sind, sitzen einzelne Tiere abwechselnd auf exponierten Plätzen. Diese Tiere sitzen auf den Hinterbeinen und beobachten ihre Umgebung und den Luftraum. BeimerspäheneinesRäubersgeben die Wächter, unabhängig vom Verwandtschaftsgrad zu den Koloniemitgliedern, einen pfeifenden Laut von sich. Dieser kann je nach Art des Räubers in Tonhöhe, -länge und -frequenz variieren. Die Gewarnten reagieren auf das akustische Signal mit Innehalten oder sofortiger Flucht in den Bau.

Nach: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2001.1772> (12.10.2022)

**Material 5 zur Aufgabe 4: Ausschnitt der Aminosäuresequenzen spezifischer Acetylcholinrezeptoren**

Pos.	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
<b>AS</b>	Trp	Val	Tyr	Tyr	Ala	Cys	Cys	Pro	Asp	Thr	Pro	Tyr	Leu	Asp
<b>AS E</b>	Asn	Val	Thr	Tyr	Ala	Cys	Cys	Leu	Thr	Thr	Pro	Tyr	Leu	Asp

Hinweis: AS = Ausschnitt der Aminosäuresequenz spezifischer Acetylcholinrezeptoren von Tieren ohne Schlangengiftresistenz

AS E = Ausschnitt der Aminosäuresequenz spezifischer Acetylcholinrezeptoren von Erdmännchen

Acetylcholin = Neurotransmitter für erregende Synapsen

Nach: [https://www.researchgate.net/publication/344494528\\_Widespread\\_Evolution\\_of\\_Molecular\\_Resistance\\_to\\_Snake\\_Venom\\_a-Neurotoxins\\_in\\_Vertebrates](https://www.researchgate.net/publication/344494528_Widespread_Evolution_of_Molecular_Resistance_to_Snake_Venom_a-Neurotoxins_in_Vertebrates) (5.10.2022)  
<https://www.snakevenomdb.org/toxins/tox=neurotoxin> (5.10.2022)

## Thema V 1: RuBisCO

Alle fotosynthetisch aktiven Pflanzenzellen und Bakterien nutzen in der lichtunabhängigen Phase der Fotosynthese das Enzym Ribulose-1,5-bisphosphat-carboxylase/-oxygenase (RuBisCO). Damit stellt dieses aus 16 Untereinheiten bestehende Protein das mengenmäßig häufigste Enzym auf der Erde dar. Es arbeitet relativ langsam und ist in seiner Wirkungsweise nicht vollständig spezifisch. Wie bereits im Namen angegeben, kann es sein Substrat entweder mit Kohlenstoffdioxid oder mit Sauerstoff verbinden. Von praktischer Bedeutung ist dieser Zusammenhang auch für die Landwirtschaft, beispielsweise für den Anbau von Weizen, der in den Sommermonaten heranreift.

BE

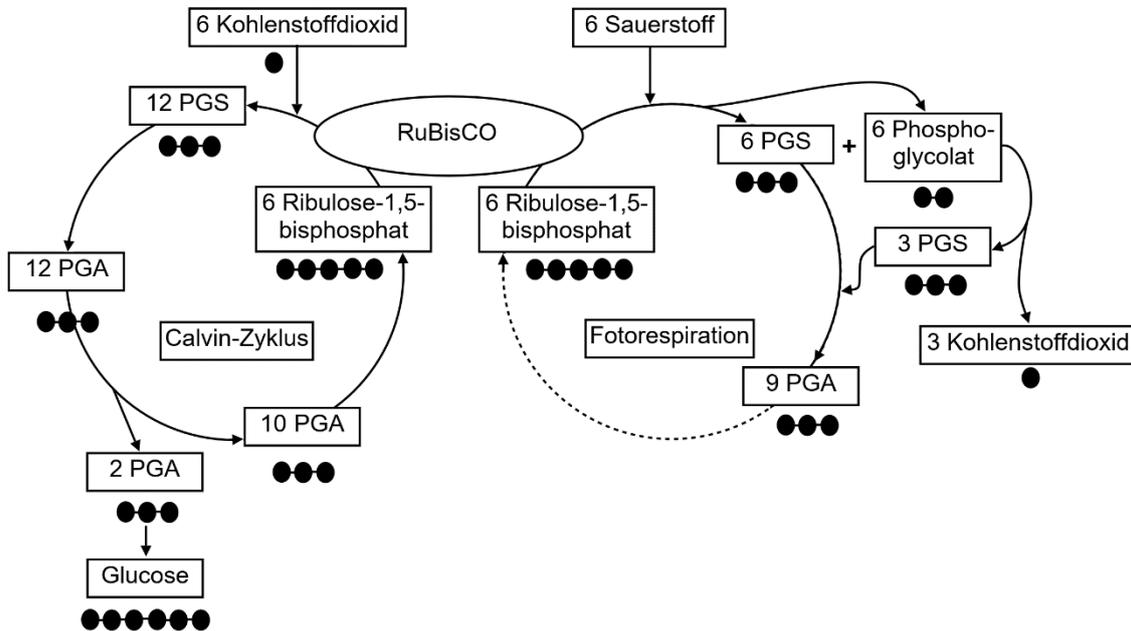
- 1 Prüfen Sie das vorliegende Weizenprodukt auf das Vorhandensein von Stärke. Fordern Sie dazu die notwendigen Materialien an, führen Sie das Experiment durch und fertigen Sie ein Protokoll an.
- 2 Werten Sie die Materialien 1 und 2 aus. Analysieren Sie die dargestellten Untersuchungsergebnisse zum Enzym RuBisCO hinsichtlich ihrer möglichen Auswirkungen auf den Weizenertrag.

6

14

**Materialien zum Thema V 1:**

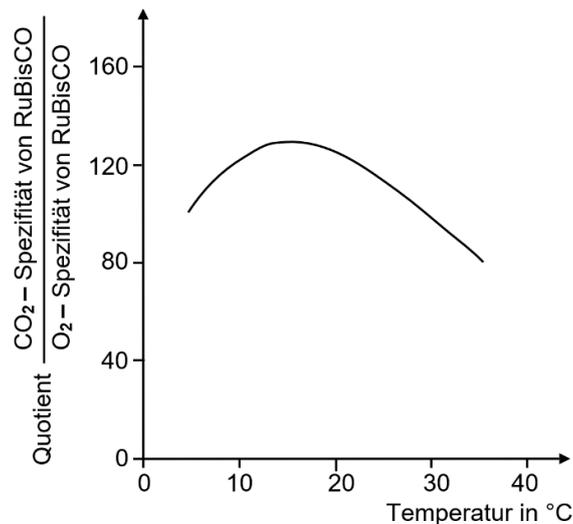
**Material 1 zur Aufgabe 2: Stoffwechselprozesse mit Beteiligung des Enzyms RuBisCO (vereinfacht)**



Hinweis: ●●● ist ein Molekül mit drei Kohlenstoffatomen  
PGS = Phosphoglycerinsäure, PGA = Phosphoglycerinaldehyd

Nach: <https://de.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/photorespiration--c3-c4-cam-plants/a/c3-c4-cam-plants> (7.11.2022)

**Material 2 zur Aufgabe 2: Untersuchungsergebnisse zur Spezifität des Enzyms RuBisCO beim Weizen**



Nach: Brooks, A., Farquhar, G., Effect of temperature on the CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> specificity of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase and the rate of respiration in the light, 1985 Environmental Science Planta  
[https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-temperature-on-the-CO<sub>2</sub>%2FO<sub>2</sub>-specificity-of-Brooks-Farquhar/81638d5f44d61dd78b9083db900293eda84c2a1a](https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-temperature-on-the-CO2%2FO2-specificity-of-Brooks-Farquhar/81638d5f44d61dd78b9083db900293eda84c2a1a) (5.10.2022)

## Thema V 2: Saxitoxin

Dinoflagellaten sind vorrangig marine Einzeller, die einen Großteil des Phytoplanktons bilden. Der Dinoflagellat *Alexandrium tamarense* ist weit verbreitet und produziert das Nervengift Saxitoxin, welches zu Muskellähmungen (Paralysen) führt. Bei Menschen wirken bereits kleinste Dosen tödlich. Jedes Jahr kommt es zu Todesfällen aufgrund von Lebensmittelvergiftungen mit Saxitoxin, die auf den Verzehr von belasteten Muscheln und Krabben zurückzuführen sind. Davon leitet sich der medizinische Begriff „paralytic shellfish poisoning“ (PSP) ab.

BE

1 Im Rahmen von Algenblüten kommt es an der Ostküste des nordamerikanischen Kontinents in einigen Regionen zu regelmäßigen Massenvermehrungen von *A. tamarense*. Dies wirkt sich auch auf deren Konsumenten aus, zu denen unter anderem die Sandklaffmuschel (*Mya arenaria*) zählt. Unter den Sandklaffmuscheln gibt es saxitoxinsensitive und saxitoxinresistente Individuen.

10

Begründen Sie die unterschiedlichen Auswirkungen von Saxitoxin auf zellulärer Ebene bei resistenten bzw. sensitiven Sandklaffmuscheln unter Verwendung des Materials 1.

2 In einer Untersuchung wurden die Genotypen zweier an der Ostküste des nordamerikanischen Kontinents beheimateten Sandklaffmuschel-Populationen bestimmt. Die erste Population stammte aus der Region Lawrencetown Estuary (LE), die zweite aus der Bay of Fundy (BF).

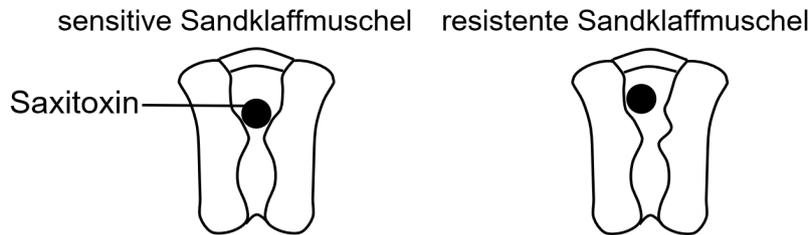
10

Erklären Sie die unterschiedliche genotypische Zusammensetzung der Sandklaffmuschel-Populationen auf der Grundlage der synthetischen Evolutionstheorie mithilfe der Materialien 1 und 2.

**Materialien zum Thema V 2:**

**Material 1 zu den Aufgaben 1 und 2:**

**A – Wirkung von Saxitoxin an spannungsabhängigen Natriumionen-Kanälen des Axons**



Nach: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1603486113> (12.10.2022)

**B – Aminosäuresequenzen spannungsabhängiger Natriumionen-Kanäle (Ausschnitt)**

Spannungsabhängige Natriumionen-Kanäle bestehen aus zwei Untereinheiten. Die strukturgebende  $\alpha$ -Untereinheit besteht aus vier Domänen.

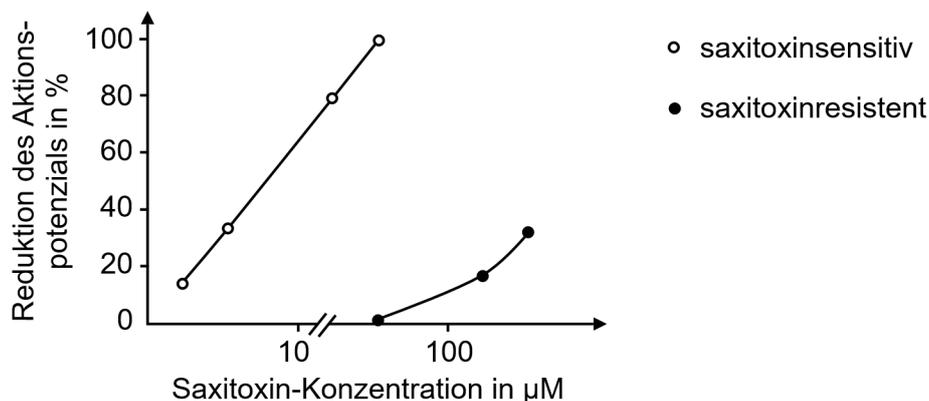
	Domäne 1				Domäne 2				Domäne 3				Domäne 4											
saxitoxinsensitive Sandklaffmuskeln	Q	D	Y	W	E	N	G	E	W	I	E	S	K	G	W	I	D	I	A	G	W	D	G	V
saxitoxinresistente Sandklaffmuskeln	Q	D	Y	W	E	N	G	E	W	I	D	S	K	G	W	I	D	I	A	G	W	D	G	V
		↑	↑		↑			↑			↑					↑							↑	

Hinweis: ↑ – essentielle Bindungsstelle für Saxitoxin

A – Alanin, D – Asparaginsäure, E – Glutaminsäure, G – Glycin, I – Isoleucin, K – Lysin, N – Asparagin, Q – Glutamin, S – Serin, V – Valin, W – Tryptophan, Y – Tyrosin

Nach: <https://www.soundtoxins.org/workspace/uploads/Briceljetal2005.pdf> (12.10.2022)

**C – Wirkung von Saxitoxin auf die Ausbildung des Aktionspotenzials bei Sandklaffmuskeln**



Nach: ebenda.



### Thema V 3: Entgiftungsenzyme

Die weltweit verbreitete Schwarzbäuchige Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*) legt ihre Eier überwiegend auf überreifem Obst ab. Nach dem Schlupf ernähren sich die Larven von dem Obst sowie von den darauf lebenden Bakterien und Hefen. Nach einer Entwicklungszeit von einigen Tagen liegt eine neue Generation erwachsener, geschlechtsreifer Tiere vor.

Die kleinen Fliegen gehören zu den wissenschaftlich am besten untersuchten Tieren. So wurde beispielsweise festgestellt, dass in den verschiedenen Populationen Individuen mit zwei unterschiedlichen Varianten des Entgiftungsenzyms Aldehyd-Dehydrogenase vorkommen. Weltweit kommen die beiden Enzymvarianten bei *Drosophila* in unterschiedlichen Anteilen vor.

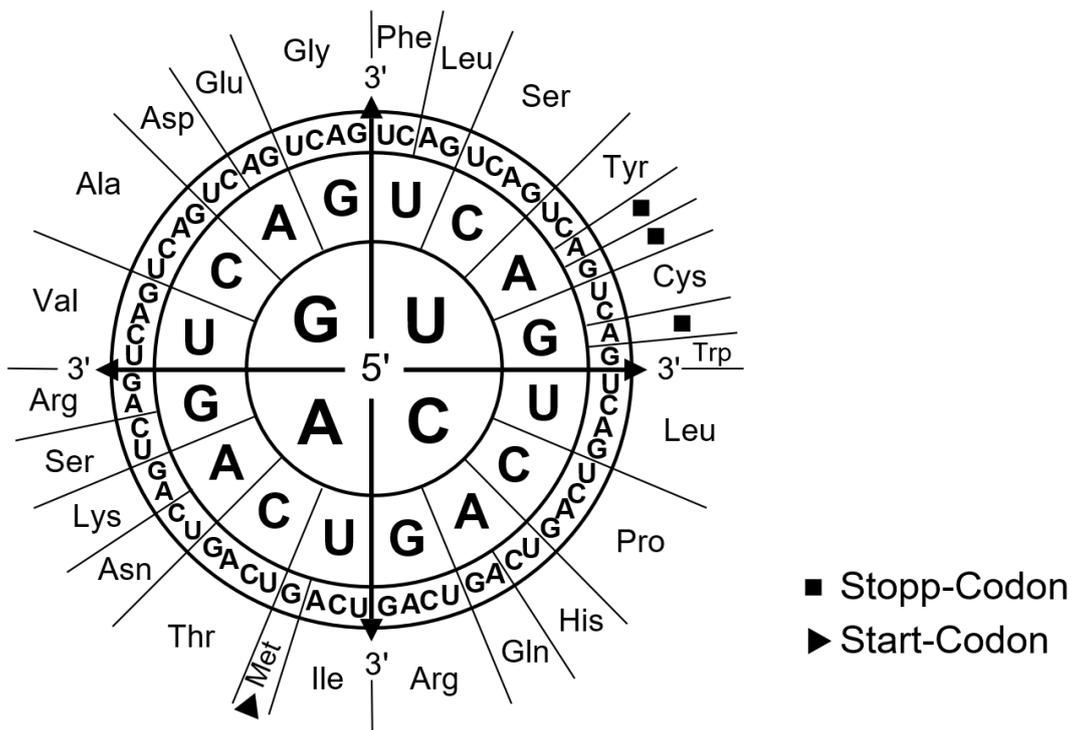
Analysieren Sie die Materialien im Hinblick auf die evolutionsbiologischen Ursachen dieser voneinander abweichenden Zusammensetzung der *Drosophila*-Populationen. Stellen Sie Ihre Ergebnisse in einem zusammenhängenden, sachlogisch strukturierten Text unter Nutzung aller Materialien dar.

BE  
20

**Materialien zum Thema V 3:**

**Material 1: Enzymvarianten**

An der Position 479 des Enzyms Aldehyd-Dehydrogenase befindet sich entweder die Aminosäure Phenylalanin (Phe) oder Leucin (Leu). Das Enzym katalysiert u. a. die Umsetzung von Ethanal (Acetaldehyd), einem Abbauprodukt von Ethanol, zu weniger giftigen Verbindungen. Daneben ist es auch verantwortlich für den Abbau anderer Alkanale (Aldehyde), die im Rahmen der Zellatmung entstehen und ebenfalls giftig sind, wenn auch in geringerem Maße.



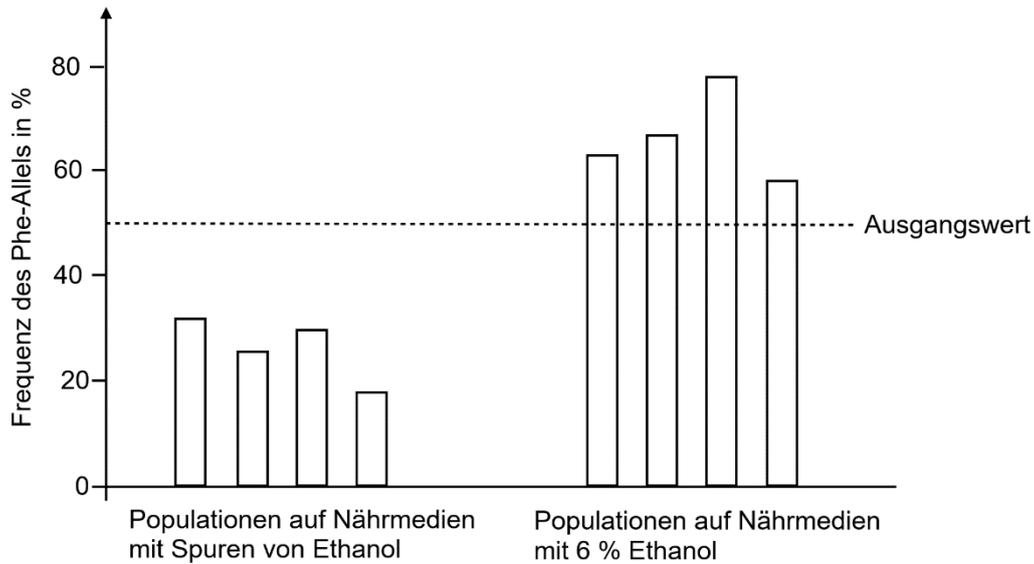
Hinweis: Code für Aminosäuren auf der mRNA; Leserichtung von innen nach außen (5' → 3')

Nach: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/genetischer-code/4689> (5.10.2022)

**Material 2:**

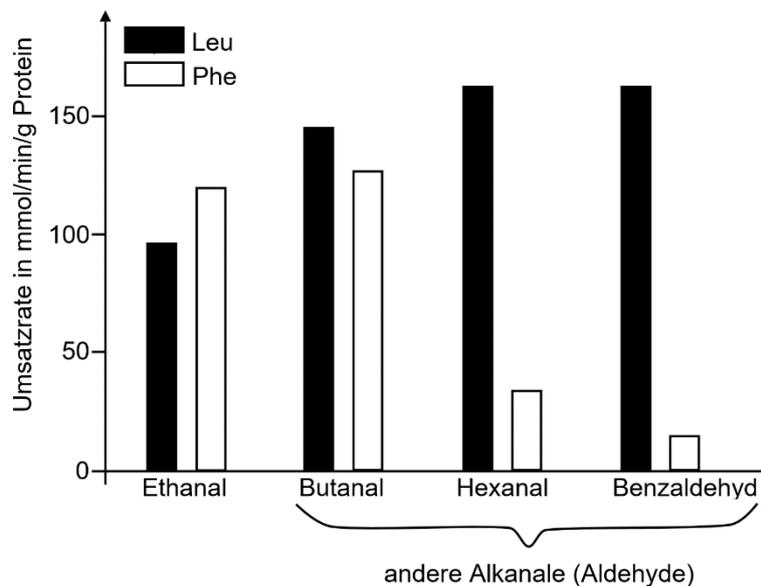
**A – Ergebnisse eines Laborexperiments**

Für ein Laborexperiment wurden mehrere Drosophila-Populationen mit demselben Ausgangswert für die beiden unterschiedlichen Allele des Gens für Aldehyd-Dehydrogenase zusammengestellt. Die Allele „Leu“ und „Phe“ kamen in allen Ausgangspopulationen jeweils mit einer Frequenz von 50 % vor. Anschließend wurden die Tiere auf verschiedenen Nährmedien gehalten und die Populationen ihrer Nachkommen nach neun Generationen auf die Anteile der beiden Allele des Gens für Aldehyd-Dehydrogenase hin untersucht.



Nach: Chakraborty, M., Fry, J.D., Evidence that Environmental Heterogeneity Maintains a Detoxifying Enzyme Polymorphism in *Drosophila melanogaster*, *Current Biology* 26, 219–223, Elsevier Ltd. 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4729589/> (5.10.2022)

### B – Enzymaktivität der Aldehyd-Dehydrogenase-Varianten von *Drosophila*



Nach: ebenda.

### C – Untersuchungsergebnisse zu natürlichen Brutsubstraten von *Drosophila*

Substrat	Ethanolgehalt in %
überreife Weintrauben und Birnen in natürlicher Gärung	2 - 8
Melonen und Tomaten	0,1

Nach: ebenda.