SACHSEN-ANHALT
Ministerium für Bildung

SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2020

BIOLOGIE
(ERHÖHTES ANFORDERUNGSNIVEAU)

Prüfungsaufgaben

Auswahlzeit:	30 Minuten
Bearbeitungszeit:	300 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: Ackerbau ☐

Thema G 2: Glucose ☐

Themenblock Vertiefung

Thema V 1: Morphine ☐

Thema V 2: Rauchschwalben ☐

Thema V 3: Bienen ☐

Unterschrift des Prüflings:

Thema G 1: Ertragssteigerung im Ackerbau

BE

1 Über die Hälfte der Fläche Deutschlands wird landwirtschaftlich genutzt, der Großteil davon für den Ackerbau. Zur Steigerung der Ernteerträge werden neben Düngemitteln auch Pestizide auf Feldern ausgebracht. 24

1.1 Bei vielen Insektiziden bilden Neonicotinoide oder Phosphorsäureester die Grundlage der Toxizität, da sie als Nervengifte die Signalübertragung an den chemischen Synapsen der Insekten beeinflussen und somit zum Tod dieser führen. Beide Wirkstoffgruppen verursachen eine dauerhafte Depolarisation der postsynaptischen Membran. Während diese bei den Neonicotinoiden auch ohne vorangegangene Erregung der Präsynapse auftritt, stellt sie sich bei den Phosphorsäureestern erst nach einer Erregung der Präsynapse ein.

Stellen Sie die Erregungsübertragung an einer chemischen Synapse in einer beschrifteten Skizze dar. Formulieren Sie für die genannten Nervengifte jeweils eine Hypothese zur Wirkungsweise an der chemischen Synapse.

1.2 Die wichtigsten Kulturpflanzen Deutschlands sind Weizen und Mais. Letzterer wird nicht nur als Nahrungsmittel genutzt, sondern auch als Futtermittel für Nutztiere, zur Herstelllung von Biotreibstoff, zur Energiegewinnung in Biogasanlagen und als Rohstoff in der Papier- und Textilindustrie.

Erläutern Sie mithilfe des Materials 1 drei zwischenartliche Beziehungen auf einem Maisfeld und beurteilen Sie den Einsatz von Insektiziden sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht.

2 Das Totalherbizid Glyphosat kommt weltweit zum Einsatz. Es wirkt, indem es in den Shikimisäureweg eingreift, welcher unter anderem bei Pflanzen, nicht aber bei tierischen Organismen vorkommt. Somit werden alle Pflanzen effektiv abgetötet, es sei denn, sie sind durch gentechnische Veränderung oder spontan auftretende Mutationen Glyphosat resistent. 10

Interpretieren Sie Material 2 B auf der Grundlage der Analyse des Materials 2 A.

3 Bereits vor der Entwicklung der modernen Gentechnik konnten Menschen die Eigenschaften von Pflanzen und Tieren mithilfe von Züchtung gezielt beeinflussen. So wurde vor etwa 200 Jahren mit der Züchtung süßlicher Maissorten begonnen, wodurch der Verzehr von Maiskolben als Gemüse in Europa an Bedeutung gewann. Da das Auge bekanntlich mitisst, spielt auch die Farbe der Maiskörner eine entscheidende Rolle bei der Wahl der Maissorte. In Europa wird gelber Mais bevorzugt. 16

3.1 Erklären Sie unter Verwendung eines Kreuzungsschemas die im Material 3 dargestellten Ergebnisse des Kreuzungsversuchs.

3.2 Während Züchtung eine künstliche Form der Selektion darstellt, beruht Evolution unter anderem auf natürlicher Selektion.

Vergleichen Sie die stabilisierende, transformierende und aufspaltende Selektion tabellarisch anhand von drei Kriterien.

Materialien zum Thema G 1:

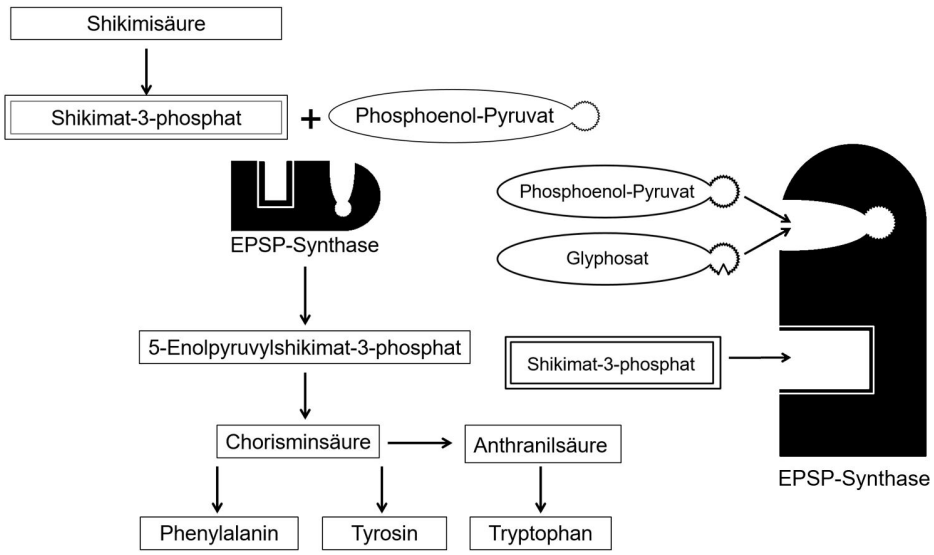
Material 1 zur Aufgabe 1.2: Beziehungen auf dem Maisfeld

Die Aussaat von Mais (*Zea mays)* erfolgt zwischen April und Mai. Bereits kurze Zeit später beginnen die Samen zu keimen. Neben dem Grün der Maispflanzen kann man in dieser Zeit auch die Triebe von einheimischen Pflanzen wie die der Acker-Winde *(Convolvulus arvensis)* beobachten. Die Acker-Winde ist weit verbreitet und zeichnet sich durch geringe Standortansprüche aus. Ihre Wurzeln erreichen Bodentiefen von bis zu zwei Metern. Mit ihren Stängeln wächst die Acker-Winde am Boden entlang, bis sie aufrechtstehende Pflanzen erreicht, an denen sie sich emporwindet.
Der Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera)*, ein kleiner Käfer von etwa fünf bis acht Millimetern, ernährt sich von den oberirdischen Pflanzenteilen der Maispflanze, vorzugsweise von Pollen und Narbenfäden. Im Sommer paaren sich die adulten Käfer und die Weibchen legen bis zu tausend Eier in die Erde um die Maiswurzeln herum. Im Frühjahr schlüpfen die Larven, die sich von den Wurzeln des Maises ernähren. Die beiden ersten Larvenstadien fressen an den Feinwurzeln, das dritte Larvenstadium dringt in die Hauptwurzeln und die Stängel ein.
Die Larven des Maiswurzelbohrers besitzen zwei Körperöffnungen, den Mund und den After, über die der Fadenwurm *Heterorhabditis bacteriophora* in die Larve eindringt. Im Darm des Fadenwurms befindet sich ein Zellpaket mit Bakterien der Art *Phatorhabdus luminescens*, das über die Mundöffnung des Fadenwurms in die Larve des Maiswurzelbohrers abgegeben wird. Befinden sich die Bakterien in der Insektenlarve, beginnen sie mit der Produktion von Verdauungsenzymen und Toxinen, die tödlich auf die Maiswurzelbohrerlarven wirken.

Nach: http.//www.julius-kuehn.de/media/Veröffentlichungen/Flyer/Maiswurzelbohrer.pdf (19.8.2019)
http://www.mpg.de609328/pressemitteilung201003011 (19.8.2019)

Material 2 zur Aufgabe 2:

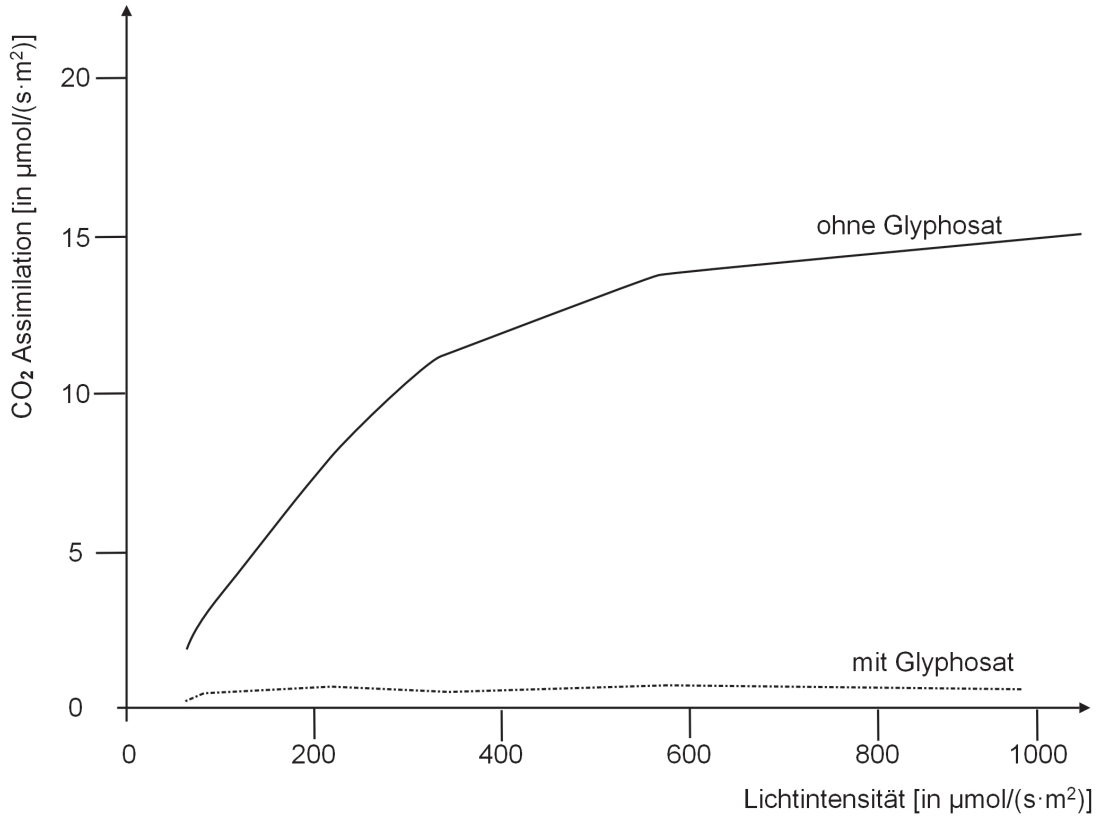
A – Wirkung von Glyphosat auf molekularer Ebene: Der Shikimisäureweg



Hinweise: Phenylanin, Tyrosin und Tryptophan sind Aminosäuren. EPSP-Synthase ist die Kurzform für das Enzym 5-Enolpyruvylshikimat-3-phosphat-Synthase.

Nach: Heldt, H., Piechulla, B.: Pflanzenbiochemie. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015, S. 284 f.

B – Wirkung von Glyphosat auf stoffwechselphysiologischer Ebene (Beispiel)



Nach: Vivancos, P. u. a.: Perturbations of Amino Acid Metabolism Associated with Glyphosate-Dependent Inhibition of Shikimic Acid Metabolism Affect Cellular Redox Homeostasis and Alter the Abundance of Proteins Involved in Photosynthesis and Photorespiration. Plant Physiology Sep 2011, 157 (1) 256-268. (19.8.2019)

Material 3 zur Aufgabe 3: Eigenschaften von Maiskörnern

Der Zuckergehalt der Maiskörner einer Maispflanze wird von einem Gen auf dem Chromosom 4 bestimmt. Dieses kann in zwei Formen vorliegen. Entweder wird der fotosynthetisch erzeugte, wasserlösliche Zucker durch Stärkesynthase enzymatisch in das wasserunlösliche Polymer Stärke umgewandelt oder die Umwandlung bleibt aus. Im letzteren Fall nimmt der Samen aufgrund des verbleibenden Zuckergehaltes Wasser auf. Beim Trocknen zieht er sich zusammen und wird runzlig.
In einem Kreuzungsversuch sollten gelbe Maiskörner mit süßlichem Geschmack gezüchtet werden. Dazu kreuzte man eine Pflanze, die über diese gewünschten Eigenschaften verfügte und bezüglich beider Merkmale homozygot war, mit einer Pflanze, deren Körner violett und nicht süß waren. Die Ergebnisse wurden in einer Tabelle festgehalten:

Eigenschaften der Samen	**ausgezählte Samen**
violett/ glatt	1072
violett/ runzlig	923
gelb/ glatt	907
gelb/ runzlig	987
Σ	3889

Nach: http://www.schulbiologiezentrum.info/AH%2010.1%20Mais%20Kreuzungen%20Me%20240209.pdf (19.8.2019)

Thema G 2: Glucose

BE

1 Die Nährstoffe Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße sind relativ komplexe Moleküle, die in ihre Grundbausteine zerlegt werden müssen, um in die Blutbahn zu gelangen. (13)

Beschreiben Sie die enzymatische Zerlegung der Stärke in den Abschnitten des menschlichen Verdauungskanals bis zur Glucose.
Erläutern Sie mithilfe des Materials 1 die Resorption der angegebenen Monosaccharide.

2 Die ausreichende Glucoseversorgung der Zellen wird durch die Regulation des Blutzuckerspiegels gewährleistet. Der Normalwert eines Erwachsenen liegt bei 80 bis 100 mg Glucose pro 100 ml Blut. (28)

2.1 Erstellen Sie ein kybernetisches Regelkreisschema. Erklären Sie anhand dieses Schemas die Homöostase im menschlichen Organismus am Beispiel der Blutzuckerregulation bei intensiver Muskelarbeit sowie die ultimaten Ursachen für einen konstanten Blutzuckerspiegel.

2.2 In den ß-Zellen der Langerhans-Inseln der Bauchspeicheldrüse sind verschiedene zelluläre Prozesse zur Herstellung funktionsfähiger Insulinmoleküle notwendig. Erläutern Sie die im Material 2 dargestellten Vorgänge nach der Proteinbiosynthese.

2.3 Bei der Stoffwechselerkrankung Diabetes ist die Blutzuckerregulation gestört. Beim Diabetes Typ 1 sind z. B. infolge einer Autoimmunerkrankung die ß-Zellen der Langerhans-Inseln zerstört. Hingegen ist beim Diabetes Typ 2 u. a. die Wirkung des Insulins an den Zielzellen gestört. Sie sprechen nicht mehr auf Insulin an, da Rezeptoren auf der Zelloberfläche aufgrund übermäßiger Versorgung mit Glucose abgebaut werden.

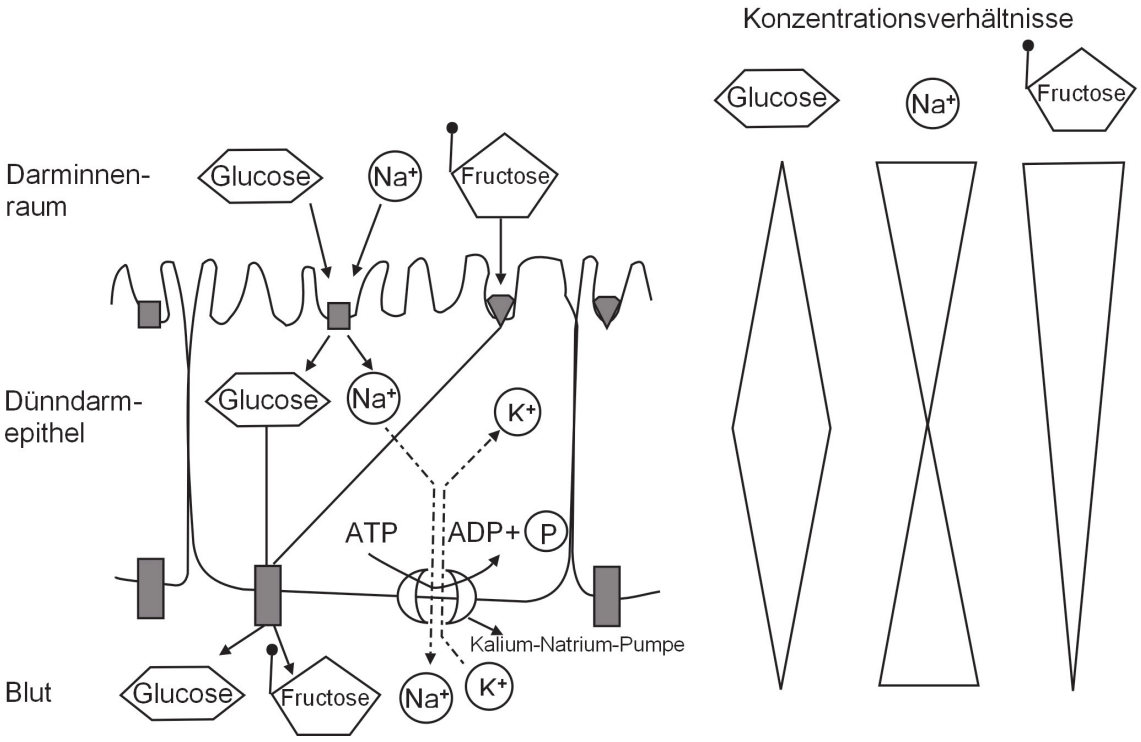
Interpretieren Sie in diesem Zusammenhang die im Material 3 gegebenen Diagramme.

3 Das Enzym Glucokinase nimmt eine Schlüsselstellung beim Glucoseabbau ein. Eine Veränderung der Glucokinase ist für eine spezielle Form des Diabetes Typ 2 verantwortlich. Das Glucokinase-Gen besitzt 12 Exons und erstreckt sich über mehr als 25 Kilo-Basenpaare. Mehr als 22 verschiedene Mutationen des Glucokinase-Gens wurden beschrieben. Mithilfe der Polymerasekettenreaktion, der DNA-Sequenzierung und der Gelelektrophorese kann das Vorliegen einer Mutation ermittelt werden. Im Exon 9 ist die Mutationshäufigkeit am höchsten. (9)

Leiten Sie ausgehend von Material 4 die DNA-Basensequenzen und Aminosäuresequenzen eines gesunden und eines diabetischen Probanden sowie die Folgen des vorliegenden Mutationstyps ab.

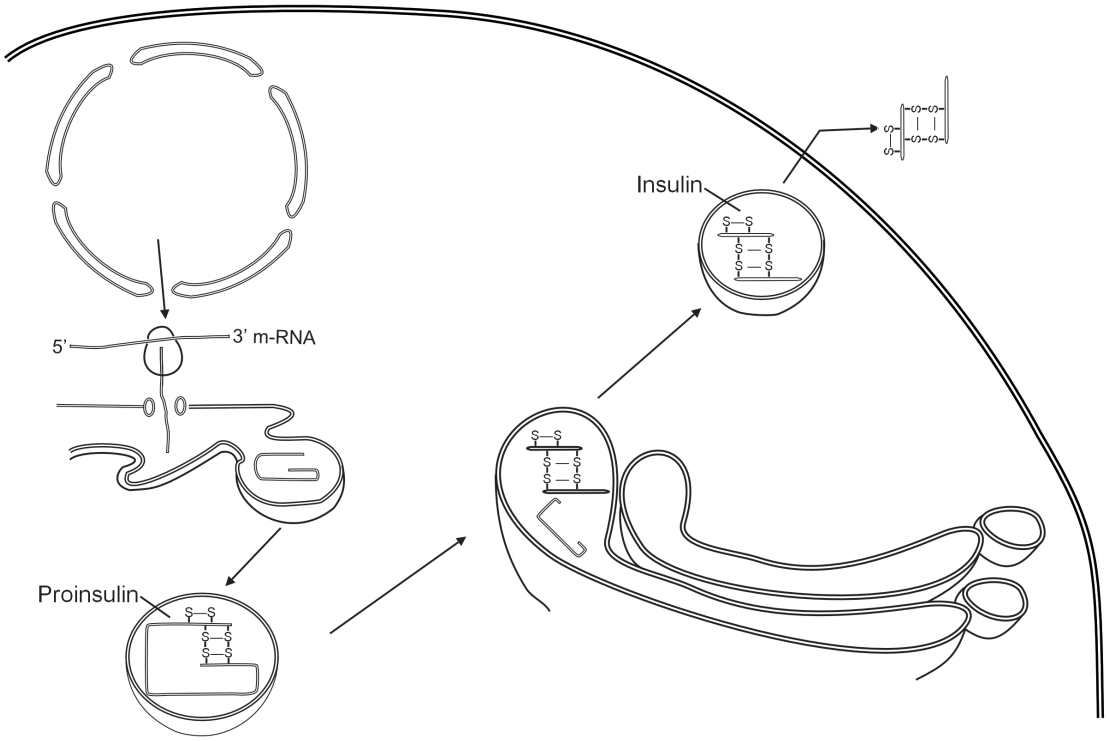
Materialien zum Thema G 2:

Material 1 zur Aufgabe 1: Resorption von Monosacchariden



Nach: https://viamedici.thieme.de/lernmodule/physiologie/transport+durch+membranen (5.12.18)

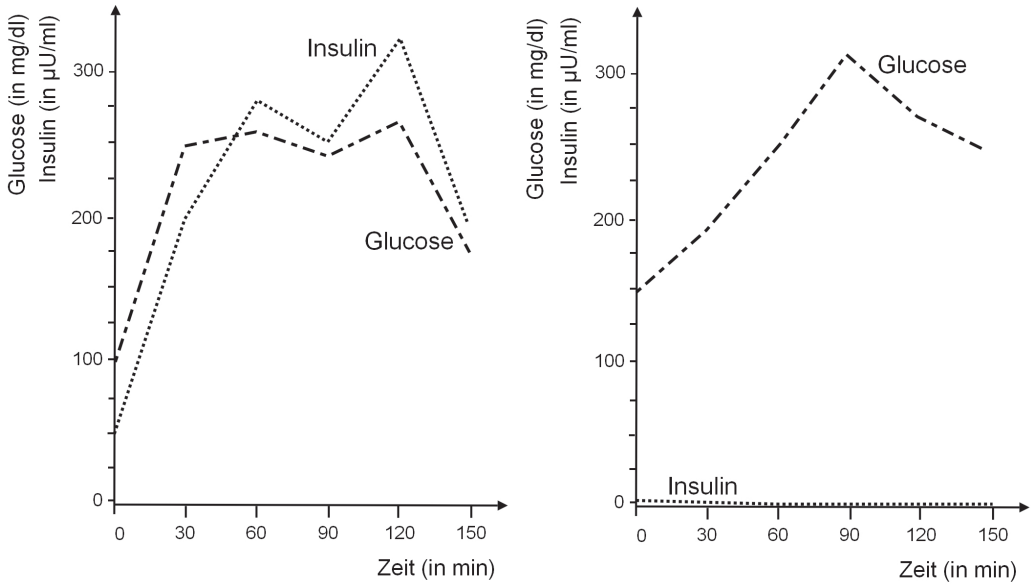
Material 2 zur Aufgabe 2.2: Vorgänge in ß-Zellen der Langerhans-Inseln



Nach: Weber, U. (Hrsg.): Handreichungen für den Unterricht Biologie Oberstufe Gesamtband. Cornelsen Verlag/Volk und Wissen Verlag, Berlin 2009, S. 553.

Material 3 zur Aufgabe 2.3: Ergebnisse der Blutuntersuchung von an Diabetes erkrankten Testpersonen

In einem Glucose-Belastungstest wird Testpersonen eine genau definierte Menge an Glucose verabreicht. In regelmäßigen Abständen werden im Blut die Konzentrationen von Glucose und Insulin bestimmt.



Nach: Braun, J., Paul, A. (Hrsg.): Biologie heute S II. Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH, Braunschweig 2011, S. 279.

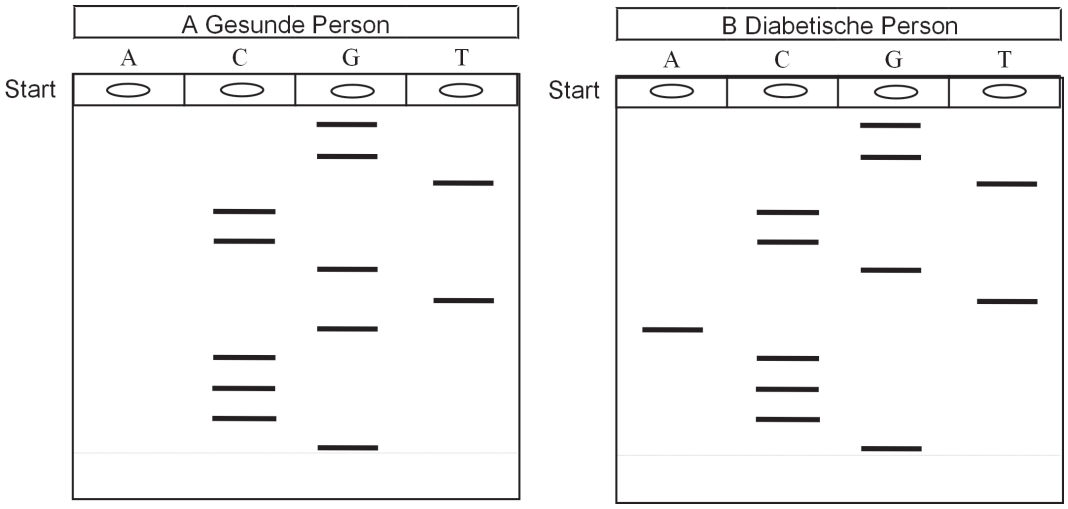
Material 4 zur Aufgabe 3:

A – Sequenzierung von DNA

Die 1977 entwickelte Kettenabbruch-Methode von Frederick Sanger beruht darauf, dass die Replikation der DNA mit Hilfe von künstlich modifizierten Nucleotiden basenspezifisch abgebrochen wird. Werden sie in den DNA-Strang eingebaut, so verhindert dies das Anfügen des nächsten Nucleotids, sodass die DNA-Synthese abbricht.
Zunächst wird der zu analysierende DNA-Strang durch Denaturierung in Einzelstränge gespalten, die man mit radioaktiv markierten Primern hybridisiert. Die Probe wird auf vier Reagenzgläser verteilt. In jedem der vier Ansätze befinden sich neben Millionen identischer Kopiervorlagen des Einzelstranges eine DNA-Polymerase, DNA-Nucleotide und eine geringe Menge je eines der modifizierten Abbruchnucleotide. Intakte und modifizierte Nucleotide werden zufällig eingebaut, sodass die Replikation entweder durchläuft oder an einer bestimmten Stelle der Sequenz abbricht. In jedem Ansatz bilden sich dadurch unterschiedlich lange DNA-Stränge. In einem Reaktionsansatz werden also alle möglichen DNA-Fragmente synthetisiert, die immer mit dem gleichen Abbruchnucleotid enden. Bis zum Abbruchnucleotid sind die DNA-Fragmente dann doppelsträngig.
Die DNA-Stränge aus den vier Ansätzen werden nach erneuter Denaturierung durch parallele Gelelektrophorese aufgetrennt. Da die Primer radioaktiv markiert sind, lassen sich die Banden durch Autoradiographie leicht sichtbar machen. Aus dem Vergleich der vier Bandenreihen kann man die Basensequenz direkt ableiten. Das Ablesen beginnt mit der DNA-Bande, die am weitesten im Gel gewandert ist, da sie den kürzesten, neu synthetisierten DNA-Strang enthält.

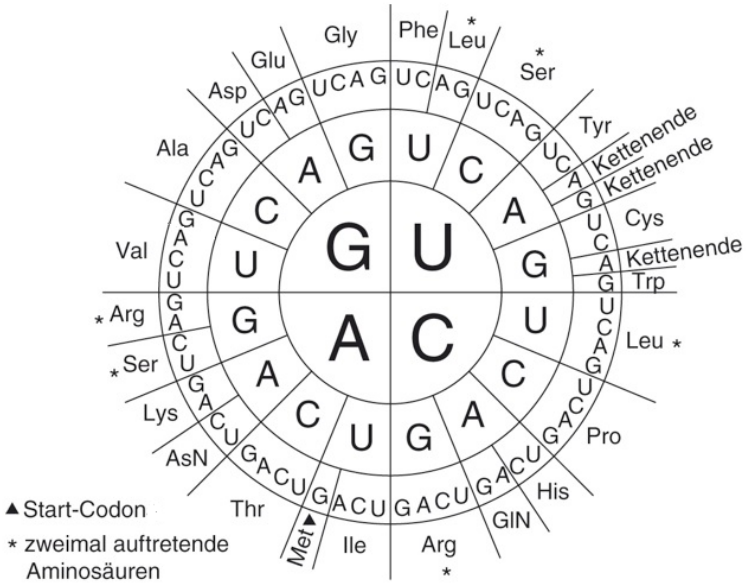
Nach: Weber, U. (Hrsg.): Biologie Oberstufe Gesamtband S II. Cornelsen Schulbuchverlage, Berlin 2017, S. 141.

B – Ausschnitt einer DNA-Basensequenz-Analyse des Exons 9 des Glucokinase-Gens durch Gelelektrophorese



Nach: Unterrichts-Materialien. Stark Verlag, Freising o. J., G1.16.

C – Code-Sonne



Hinweis: Leserichtung von innen nach außen

Nach: http://www.ngfn.de/index.php/von_der_erbinformation_zum_protein.html (22.10.2018)

Thema V 1: Morphine

BE

Morphine sind die Alkaloide im Opium. Die Synthese erfolgt aus den Primärassimilaten des Schlafmohnes (*Papaver somniferum*). Diese giftigen Stickstoffverbindungen des Sekundärstoffwechsels schützen vor allem die Mohnkapsel und die Samen vor Tierfraß. Die Stoffgruppe der Morphine kann in bestimmten Fällen auch als Arzneimittel genutzt werden, weil Morphine eine ähnliche schmerzstillende Wirkung wie bestimmte körpereigene Proteine besitzen.

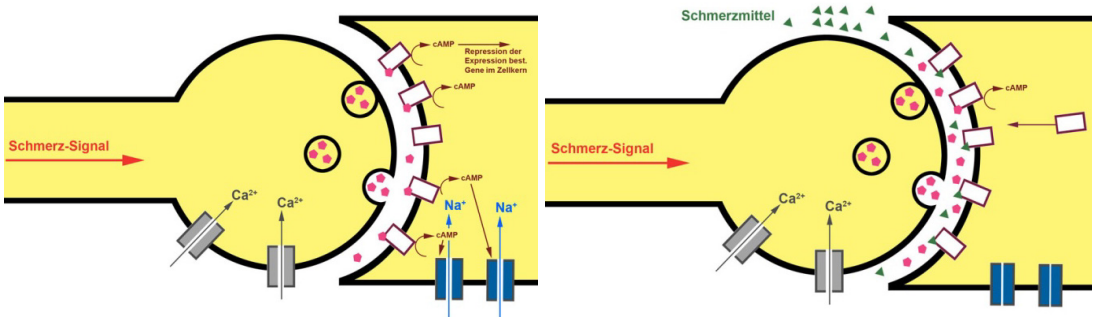
1 Überprüfen Sie die Lösungen 1 und 2 auf das Vorhandensein von Proteinen. Fordern Sie die notwendigen Geräte und Chemikalien an und erstellen Sie ein Protokoll. 10
Die Synthese von Morphinen in den Mohnpflanzen schwankt in den unterschiedlichen Anbaugebieten sowie in den verschiedenen Jahren. Begründen Sie diese Tatsache an zwei Beispielen.

2 Morphine unterliegen dem Betäubungsmittelgesetz und kommen nur unter bestimmten Bedingungen in der Schmerztherapie zum Einsatz. Interpretieren Sie das Material 2 unter Berücksichtigung von Material 1. Diskutieren Sie den Einsatz von Morphinen zur Schmerzlinderung. 10

Materialien zum Thema V 1:

Material 1 zur Aufgabe 2: Erregungsübertragung an Synapsen

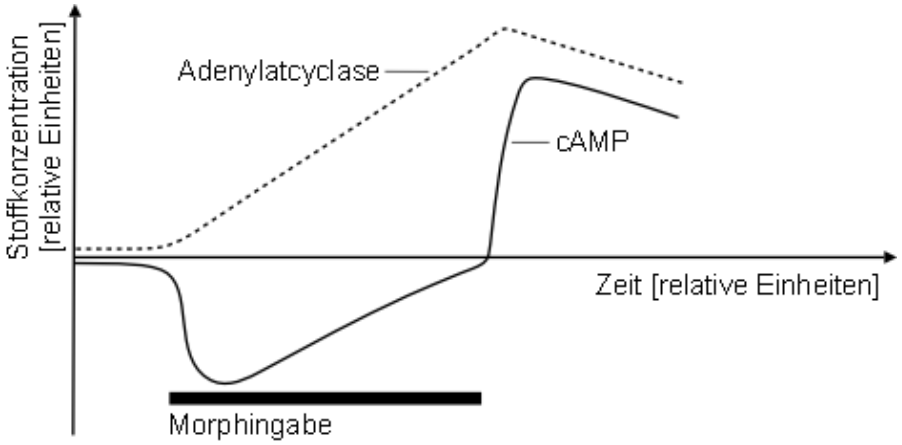
Adenylatcyclase beschriften , Rechts mit Schmerzmittel z. B. Morphin beschriften



Hinweis: Das Enzym Adenylatcyclase katalysiert die Umwandlung von ATP in cAMP (cyclisches Adenosinmonophosphat).

Nach: http://www.u-helmich.de/bio/neu/1/14/seite144.html (6.6.2019)

Material 2 zur Aufgabe 2: Veränderungen an der postsynaptischen Membran bei regelmäßiger Einnahme von Morphinen



Nach: https://www.semanticscholar.org/paper/Historical-review%3A-Molecular-and-cellular-of-opiate-Nestler/1cd4dbc19b44a965778814e3c82ad53e6aca8e73 (21.8.2019)

Thema V 2: Rauchschwalben

BE

Ende März/Anfang April fliegen die ersten Frühjahrsboten nach Deutschland, die Rauchschwalben (*Hirundo rustica*). Der 19 cm große und 25 g schwere Zugvogel ist von schlankem Körperbau und besitzt einen charakteristischen tief gegabelten, langen Schwanz. Diese langen Federn nennt man Schwanzspieße. Er besitzt zudem braunrote Federn an Kehle und Stirn. Rauchschwalbenpaare gehen eine monogame Saisonehe ein. Häufig tritt jedoch auch Treue zum Vorjahrespartner auf.
Rauchschwalben jagen Insekten im Flug nah über dem Boden bei Fluggeschwindigkeiten von 25 bis 50 km/h. Für die Aufzucht einer Schwalbenbrut mit vier bis sechs Jungen werden rund 1,2 kg Insekten benötigt, das entspricht rund 120 000 gefangenen Insekten. Die Männchen helfen beim Füttern der Jungen.

1 Interpretieren Sie die im Material 1 dargestellten Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf die Evolution der Schwanzfederlänge in einer Rauchschwalbenpopulation. 12

2 Der Mauersegler (*Apus apus*) ist ein rund 17 cm großer und 42 g schwerer Vogel. Er zeigt phänotypisch ebenso wie die Rauchschwalbe einen gegabelten Schwanz, ist ein extrem ausdauernder Flieger und jagt ausschließlich Insekten im Flug. Der Mauersegler ist wie die Rauchschwalbe ein Zugvogel und fliegt überaus pünktlich und standorttreu Ende April/Anfang Mai aus Afrika zu seinen Brutplätzen zurück. Um die verwandtschaftlichen Beziehungen des Mauerseglers zur Rauchschwalbe zu klären, hybridisierte man die DNA verschiedener Vogelarten. 8

Stellen Sie eine Hypothese zur Verwandtschaft von Rauchschwalbe und Mauersegler auf und überprüfen Sie Ihre Hypothese unter Verwendung des Materials 2.

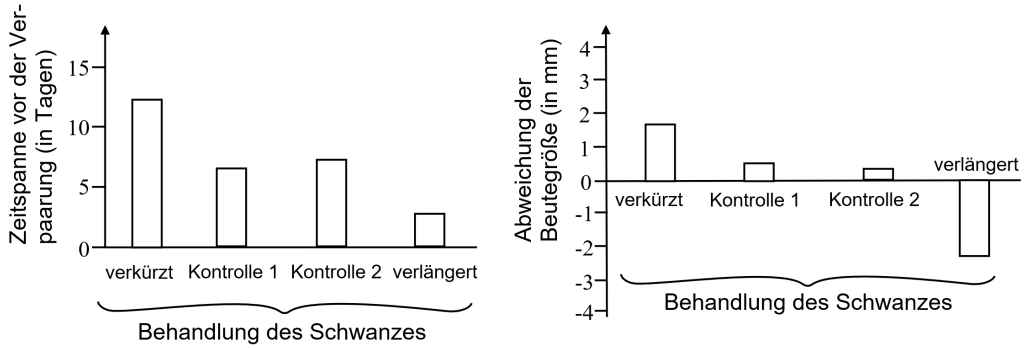
Materialien zum Thema V 2:

Material 1 zur Aufgabe 1: Untersuchungen zur Wirkung des Merkmals Schwanzfederlänge

A – Versuchsdurchführung

Untersuchungen an Rauchschwalben ergaben, dass die Männchen in der Balz den Weibchen ihre langen Schwanzfedern auffällig präsentieren. Experimente sollten klären, ob die Länge der Schwanzspieße Einfluss auf den Balzerfolg und den Beutefang hat. Dazu wurde die Schwanzfederlänge künstlich verändert. Zur Verkürzung der Schwanzfedern wurde den Rauchschwalbenmännchen ein Stück aus den Schwanzfedern herausgeschnitten und das abgetrennte Ende wieder angeklebt. Das herausgeschnittene Federmittelstück klebte man anderen Männchen in die Schwanzfedern und verlängerte sie dadurch. Bei der Kontrollgruppe 1 schnitt man ein Stück der Schwanzfeder heraus und verklebte es wieder an derselben Stelle. Die Männchen der Kontrollgruppe 2 fing man ein und ließ sie unverändert. Die Rauchschwalbenmännchen aller vier Untersuchungsgruppen wurden nach der Behandlung freigelassen und beobachtet.

B – Versuchsergebnisse



Nach: Grümme, T. u. a.: Arbeitsbuch Markl Biologie Oberstufe. Ernst Klett Verlag Stuttgart Leipzig, Stuttgart 2010, S. 95.

Material 2 zur Aufgabe 2:

A – Methode zur Erstellung von Hybrid-DNA von zwei zu vergleichenden Tierarten

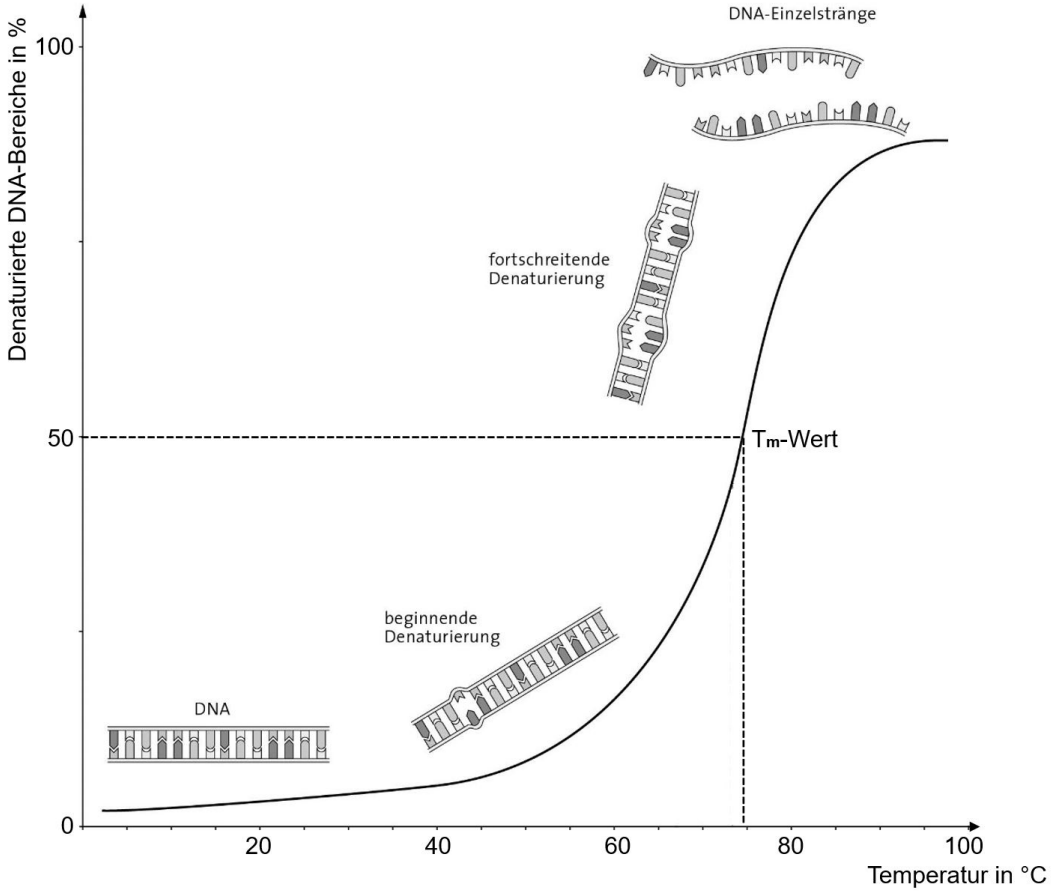
Mit Hilfe der Methode der DNA-Denaturierung kann in der Evolutionsbiologie die Verwandtschaftsbeziehung verschiedener Tierarten bestimmt werden. Vorher muss jedoch eine Hybrid-DNA der beiden zu vergleichenden Arten erstellt werden.

Ablauf zum Schmelzen und Hybridisieren von DNA:

Isolation der DNA der zu untersuchenden Tierarten → Erhitzen des Gemisches mit den DNA-Proben auf 90°C → Trennung der Wasserstoffbrückenbindungen und Zerfall der jeweiligen DNA in Einzelstränge → Abkühlung der Untersuchungsprobe → Neubildung von Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den komplementären DNA-Nukleotiden der unterschiedlichen DNA-Einzelstränge → Bildung von Hybrid-DNA, bestehend aus je einem DNA-Einzelstrang der zu vergleichenden Tierarten

Nach: CD-ROM: Sekundarstufe II Biosphäre Genetik Grundlagen der Molekularen Genetik. Cornelsen Schulbuchverlage GmbH, Berlin 2014, S. 42.

B – DNA-Schmelzkurven zur Bestimmung von Verwandtschaftsbeziehungen verschiedener Tierarten



Nach: CD-ROM: Sekundarstufe II Biosphäre Genetik, Grundlagen der Molekularen Genetik. Cornelsen Schulbuchverlage GmbH, Berlin 2014, S. 41.

C – Hybrid-DNA-Schmelzkurven

Um die verwandtschaftlichen Beziehungen von Kolibri, Nektarvogel, Mauersegler und Rauchschwalbe bestimmen zu können, wurde deren DNA hybridisiert und anschließend die Schmelzkurven der Hybrid-DNA miteinander verglichen.
Dabei ergaben sich folgende T_m-Werte:

Untersuchte DNA	**T_m-Werte in °C**
Hybrid-DNA von Kolibri und Nektarvogel	73
Hybrid-DNA von Mauersegler und Rauchschwalbe	75
Hybrid-DNA von Mauersegler und Kolibri	81
Hybrid-DNA von Rauchschwalbe und Nektarvogel	83

Nach: CD-ROM: Sekundarstufe II Biosphäre Genetik. Grundlagen der Molekularen Genetik, Cornelsen Schulbuchverlage GmbH, Berlin 2014, S. 43.

Thema V 3: Bienen

BE

Bienen sind nach Rindern und Schweinen die wichtigsten Nutztiere. Rund 80 % der 2 000 bis 3 000 heimischen Nutz- und Wildpflanzenarten sind auf die Honigbiene als Bestäuber angewiesen. Dabei gibt es neben der staatenbildenden Honigbiene noch über 500 Arten von Wildbienen, die meist solitär leben. Bienen sind wie alle Insekten poikilotherm.
Ein Volk der Honigbiene (*Apis mellifera*) besteht aus drei unterschiedlichen Bienenwesen: einer Königin, den Arbeitsbienen und den Drohnen. Ein gesundes Volk startet im Frühjahr mit ca. 5 000 Tieren, in den Sommermonaten können bis zu 50 000 Tiere in einem Volk leben.

Das Überleben von Bienenstaaten ist abhängig vom Zusammenwirken der verschiedenen Bienenwesen. Analysieren Sie die Materialien und nehmen Sie zu dieser These Stellung. Stellen Sie unter Nutzung aller Materialien Ihre Arbeitsergebnisse in einem zusammenhängenden, sachlogisch strukturierten Text dar. 20

Materialien zum Thema V 3:

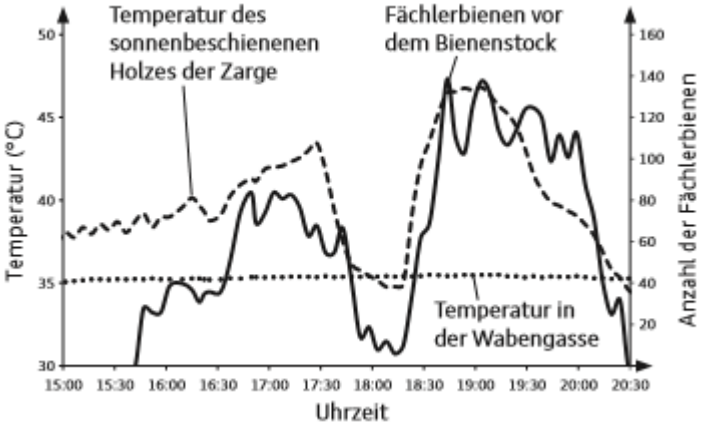
Material 1: Arbeitsteilung im Bienenstock

Bienen entwickeln sich durch Metamorphose. Die befruchteten Eier sind genetisch gleich und entwickeln sich zu weiblichen Tieren. Bei einer gleichbleibenden Temperatur von 35 °C ist die Entwicklung vollständig. Die Entwicklungszeit einer Arbeitsbiene beträgt 21 Tage, eine Königin schlüpft nach 16 Tagen. Entscheidend für die Entwicklung einer Königin ist die Qualität und Menge des Futters, die Larve wird ausschließlich mit Gelée royale aus den Futtersaftdrüsen der Ammenbienen versorgt. Larven, die sich zu Arbeitsbienen entwickeln, erhalten vor allem Pollen und Honig. Charakteristisch für die Königin sind die Abgabe von Pheromonen und das Legen von Eiern. Nur zur Begattung verlässt sie einmal den Bienenstock.

Nach: https://www.biospektrum.de/blatt/d_bs_pdf&_id=993695 (06.06.2019)

Material 2:

A – Temperatur im Bienenstock zur Brutzeit

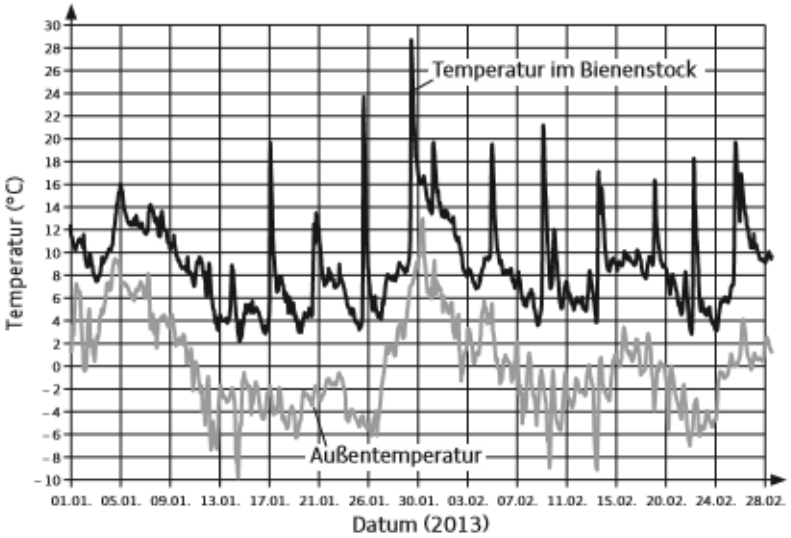


Hinweis: Beim Fächeln stehen Bienen am Flugloch mit starker Flügelbewegung zum Stockeingang hin. **Wabengasse → im Bienenstock**

Nach: Bauer, Ch. u. a.: Aktuelles aus der Bienenforschung für den MINT-Unterricht. Audi Stiftung für Umwelt GmbH und Klett MINT GmbH, Stuttgart 2015, S. 11.

Nach: ebenda, S. 22. zwei Kurven **= WABENGASSE 5 → im Bienenstock**

B – Temperatur im Bienenstock im Winter (Vereinfachen!!)



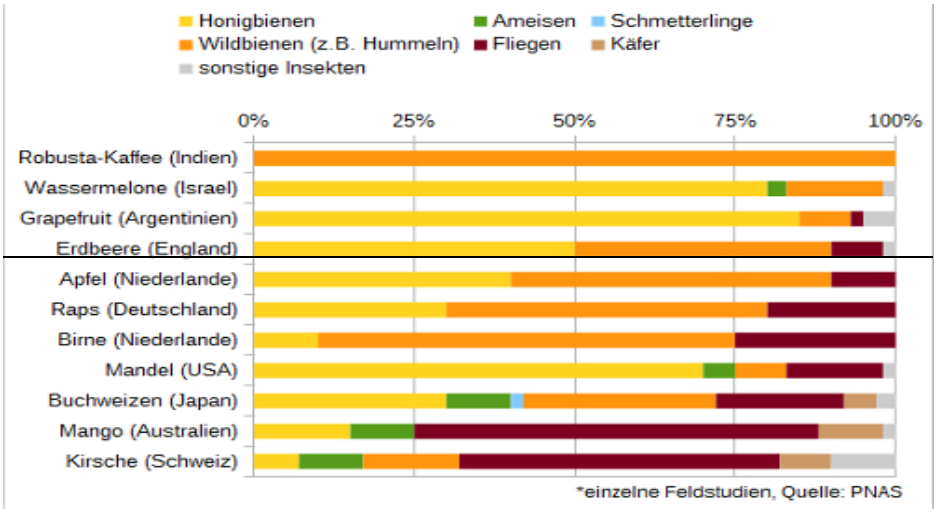
Nach: ebenda, S. 35.

Material 3: Bienennahrung

Bienen sammeln v. a. Nektar und Pollen. Nektar ist eine wässrige Lösung aus verschiedenen Zuckern. Er befindet sich in der Blüte oder in den drüsenartigen Nektarien. Letztere können sich an unterschiedlichen Pflanzenorganen befinden und locken Insekten an, die die Pflanze bestäuben oder auch vor Fraßfeinden schützen.

Nach: https://www.loki-schmidt-stiftung.de/downloads/blumen_des_jahres_pdfs/InfotextBlumedesJahres2017.pdf (6.6.2019) sowie https://www.mpg.de/8011599/nektar_transporter_pflanzen (6.6.2019)

Material 4: Bestäubende Insekten



Nach https://www.glueckshonig.de/bestaeubungsimkerei.html (6.6.2019)

Thema G 1: Chorea Huntington

BE

1 Chorea Huntington oder Huntington Disease (HD) ist eine progressive, neurodegenerative Erkrankung des zentralen Nervensystems. Charakteristisch für diese Krankheit sind Proteinablagerungen in den Neuronen des Gehirns. Im cytologischen Umfeld der Proteinansammlungen setzt eine Neuronendegeneration ein, die zum Absterben von bis zu 60 % der ursprünglichen Zellen dieser Region führt. Davon betroffen sind Teile der Großhirnrinde. In diesem Bereich degenerieren vor allem die GABA-ergen Neuronen. 18

1.1 Vergleichen Sie tabellarisch die Erregungsübertragung an einer cholinergen und einer GABA-ergen Synapse anhand von fünf Kriterien unter Verwendung von Material 1. Erläutern Sie davon ausgehend die Prinzipien der räumlichen und zeitlichen Summation.

1.2 Schmerz ist normalerweise ein sinnvolles Signal, das eine Bedrohung für den Organismus sowie eine Erkrankung signalisiert. Bei neurodegenerativen Erkrankungen kann die Schmerzempfindung vielfältig beeinträchtigt sein.

Erklären Sie anhand von Material 2 die Wirkung von Acetylsalicylsäure (ASS) auf die Schmerzempfindung des Organismus aus stoffwechselphysiologischer und neurophysiologischer Sicht.

2 Die ersten Symptome der Krankheit Chorea Huntington treten in der Regel im vierten bis fünften Lebensjahrzehnt auf. Ursache ist eine Mutation in einem sehr großen Genlocus, der sich auf dem p-Arm von Chromosom 4 befindet. Seine 67 codierenden Sequenzen enthalten die Information zur Bildung eines Proteins, des Huntingtins. Die typische, das Krankheitsbild hervorrufende Mutation tritt immer im ersten der 67 codierenden Abschnitte des Huntingtin-Gens auf. 15

Beschreiben Sie den Verlauf der Proteinbiosynthese.
Leiten Sie unter Verwendung von Material 3 mögliche Folgen für Struktur und Funktion des Huntingtins ab.

3 Untersuchungen mit molekulargenetischen Methoden ermöglichen eine Diagnostik von Chorea Huntington. Mithilfe einer Polymerasekettenreaktion (PCR) wird der entsprechende Bereich des Huntingtin-Gens vervielfältigt. 17

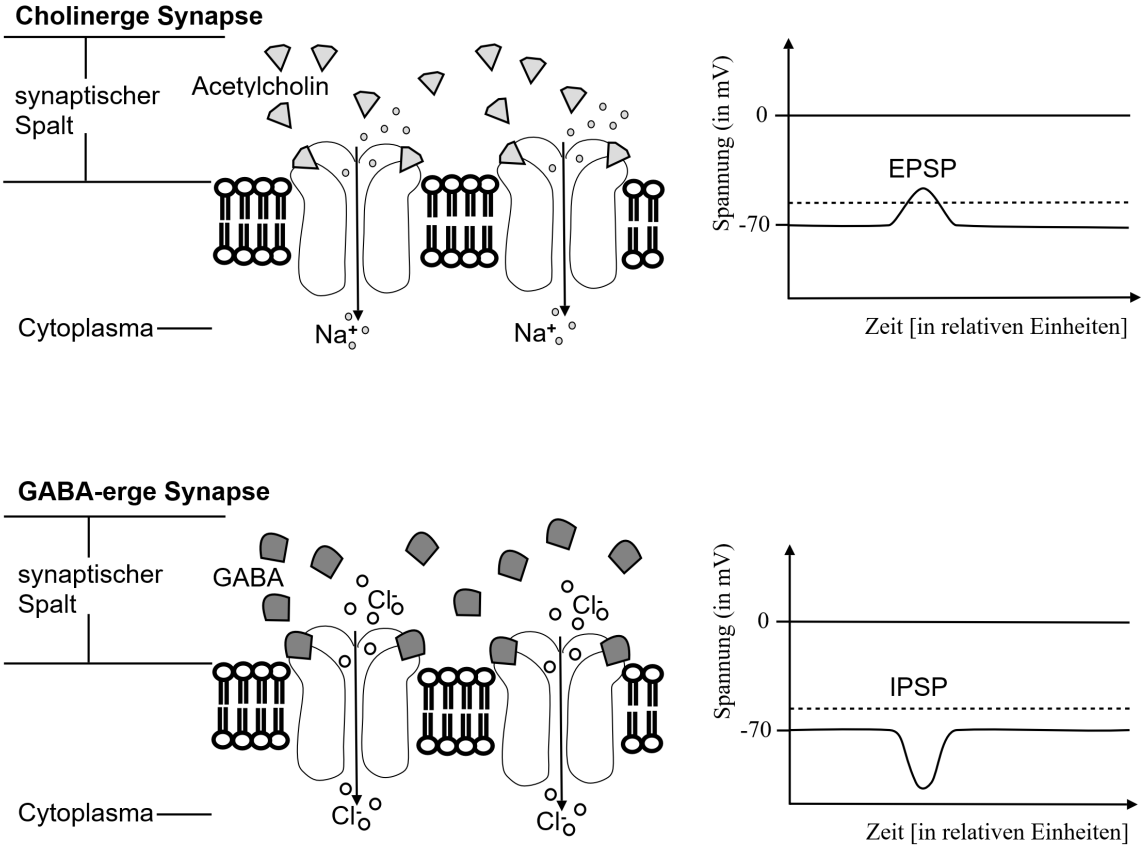
3.1 Stellen Sie den Ablauf der Polymerasekettenreaktion in einem Fließschema dar.

3.2 Das Material 4 zeigt die Untersuchungsergebnisse einer gelelektrophoretischen Auftrennung der betreffenden DNA-Proben einer Familie. Treten bei mindestens einem der beiden Huntingtin-Allele mehr als 39 Wiederholungen der CAG-Tripletts auf, ist mit einem Ausbruch der Krankheit zu rechnen.

Erstellen Sie ausgehend von Material 4 einen Stammbaum unter Angabe der Genotypen und begründen Sie Ihre Darstellung.

Materialien zum Thema G 1:

Material 1 zur Aufgabe 1.1: Erregungsübertragung an chemischen Synapsen



Nach: Becker, J. u. a.: Biosphäre Sekundarstufe II Neurobiologie. Cornelsen Schulbuchverlage GmbH, Berlin 2016, S. 47.

Material 2 zur Aufgabe 1.2: Wirkung von ASS auf die Schmerzempfindung des Organismus

Der Prozess der Wahrnehmung von Schmerzen beginnt bei den Schmerzrezeptoren (Nozizeptoren), die als freie Nervenendigungen in hoher Dichte vor allem in der Haut, aber auch in Muskeln, Gelenken und Eingeweiden vorkommen und die Erregung über das Rückenmark zum Gehirn weiterleiten.
In der medikamentösen Schmerztherapie gibt es u. a. Möglichkeiten zur Reduzierung von Schmerzen, die direkt oder indirekt an den Nozizeptoren wirken.
Der bekannte Wirkstoff Acetylsalicylsäure (ASS) setzt direkt an den Nozizeptoren an. ASS verändert die Aminosäure Serin als Bestandteil des aktiven Zentrums des Enzyms Cyclooxygenase. Dieses Enzym katalysiert die Synthese von Prostaglandin H_2, einer Vorstufe, aus der weitere Prostaglandine synthetisiert werden.
Bei der Verletzung von Zellen werden Prostaglandine hergestellt. Diese bewirken, dass bestimmte spannungsgesteuerte Natriumionen-Kanäle auf den Nozizeptoren durch eine Konformationsänderung leichter geöffnet werden können.

Nach: Unterrichts-Materialien Biologie. Stark Verlag o. J., E.1.18. S. 4.

Material 3 zur Aufgabe 2: Huntingtin-Gen-Ausschnitt von einer gesunden (a) und einer erkrankten Person (b)

a *Codon 1*

5' ATG GCG ACC CTG GAA AAG CTG ATG AAG GCC TTC GAG TCC CTC AAG
TCC TTC CAG CAG TTC CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG
CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAA CAG CCG CCA
CCG CCG CCG CCG CCG CCG CCG CCT CCT CAG CTT CCT CAG CCG CCG 3'

Codon 60

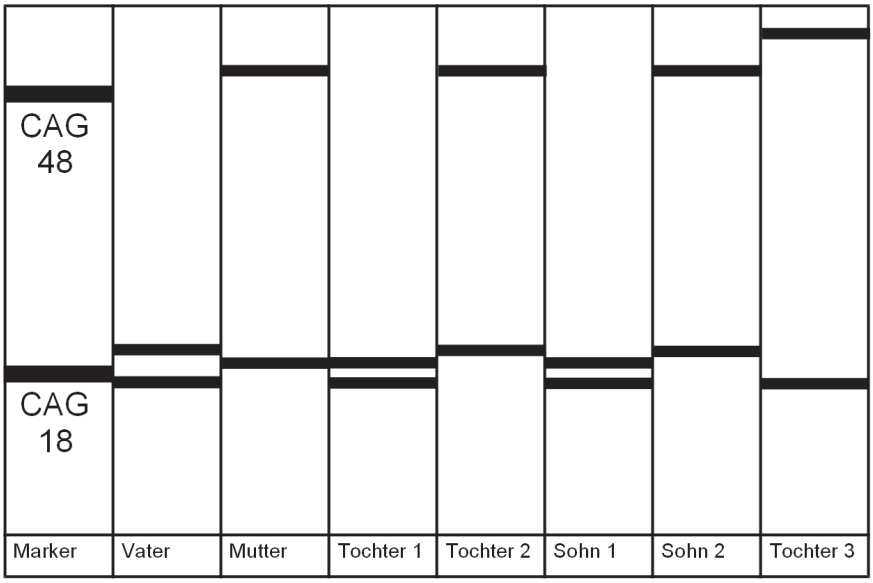
b *Codon 1*

5' ATG GCG ACC CTG GAA AAG CTG ATG AAG GCC TTC GAG TCC CTC AAG
TCC TTC CAG CAG TTC CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG
CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG
CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG
CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAG
CAG CAG CAG CAG CAG CAG CAA CAG CCG CCA CCG CCG CCG CCG CCG
CCG CCG CCT CCT CAG CTT CCT CAG CCG CCG 3'

Codon 100

Nach: Unterrichts-Materialien Biologie. Stark Verlag o. J., G.3.28. S. 7.

Material 4 zur Aufgabe 3.2: Ergebnis der gelelektrophoretischen Auftrennung der DNA-Fragmente



Hinweis: In der ersten Spur wurde ein Größenmarker für DNA-Stücke mit 18 und 48-CAG-Wiederholungen aufgetragen.

Nach: https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bio/gym/weiteres/fb2/gendia/ab3/arbeitsblatt_3_gendiagnostik_mit_loesungen.pdf (19.8.2019)

Thema G 2: Maniok

BE

1 Die Heimat des Manioks (*Manihot esculenta*), auch Cassava genannt, liegt in Südamerika. Portugiesische Sklavenhändler brachten die Pflanze im 16. Jahrhundert nach Zentralafrika. Maniok ist ein mehrjähriges, bis zu ca. drei Meter hohes Wolfsmilchgewächs mit handförmig geteilten Blättern. An den Wurzeln bilden sich stärkehaltige Knollen mit einer Masse von zwei bis fünf Kilogramm. 21

1.1 Beschreiben Sie mithilfe des Materials 1 die lichtabhängigen Reaktionen der Fotosynthese in den Blättern der Maniokpflanze als Voraussetzung für die Bildung der stärkehaltigen Knollen.

1.2 Die Fotosyntheseleistung wird durch äußere Faktoren beeinflusst.

Interpretieren Sie in diesem Zusammenhang die im Material 2 dargestellten Versuchsergebnisse.

2 Maniok ist weltweit für etwa 500 Millionen Menschen das wichtigste Grundnahrungsmittel, neben den Wurzelknollen werden auch die Blätter genutzt. 9

Beurteilen Sie anhand des Materials 3 die Nutzung von Maniok für den Menschen aus stoffwechselphysiologischer, neurophysiologischer und ökologischer Sicht.

3 Durch die Umgehung von Quarantänebestimmungen für die Einfuhr neuer Sorten wurde Anfang der 1970er Jahre die südamerikanische Maniok-Schmierlaus (*Phenacoccus manihoti*) auf Stecklingen nach Brazzaville in Afrika importiert. Im Gegensatz zu Südamerika breitete sich die Maniok-Schmierlaus in Afrika quer über den Kontinent ungehindert aus, was zu Ernteausfällen von bis zu 80 % auf den Maniokfeldern führte. 20

3.1 Alle in Afrika vorkommenden Maniok-Schmierläuse sind weiblich, männliche Tiere wurden, anders als in Südamerika, niemals beobachtet. Die Weibchen können durch mitoseähnliche Vorgänge Eizellen bilden, aus denen ohne Befruchtung wiederum fertile Weibchen entstehen. Dieser Vorgang wird als Parthenogenese bezeichnet. Beim Vorhandensein von Männchen kann auch eine geschlechtliche Fortpflanzung erfolgen.

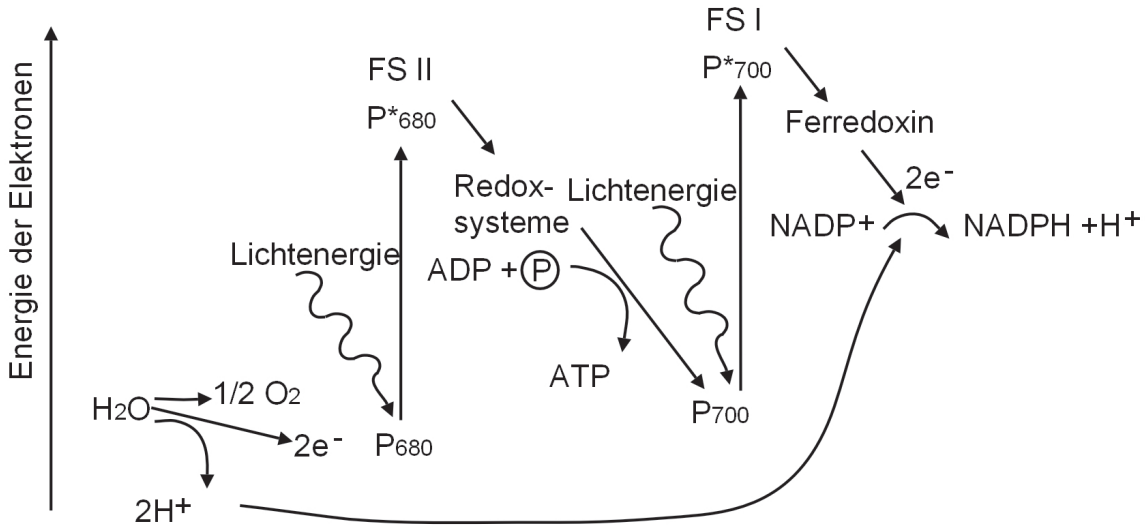
Vergleichen Sie tabellarisch Mitose und Meiose nach fünf selbst gewählten Kriterien. Beurteilen Sie die Parthenogenese aus evolutionsbiologischer Sicht.

3.2 Der Schweizer Insektenforscher Hans Rudolf Herren konnte nach 18-monatiger Suche in Paraguay eine Schlupfwespenart identifizieren, die ihre Eier ausschließlich in die Maniok-Schmierläuse ablegt. Aus den Eiern entwickeln sich Larven, die die Läuse von innen her auffressen. Zum Schutz der Maniokerträge wurde in den Jahren von 1982 bis 1992 in 30 afrikanischen Ländern diese Schlupfwespenart ausgesetzt. Die Ernteausfälle konnten dadurch reduziert werden.

Erläutern Sie anhand eines selbst erstellten Diagramms die mögliche langfristige Entwicklung der Populationen von Maniok-Schmierlaus und Schlupfwespen. Diskutieren Sie den Einsatz dieser Schädlingsbekämpfungsmaßnahme.

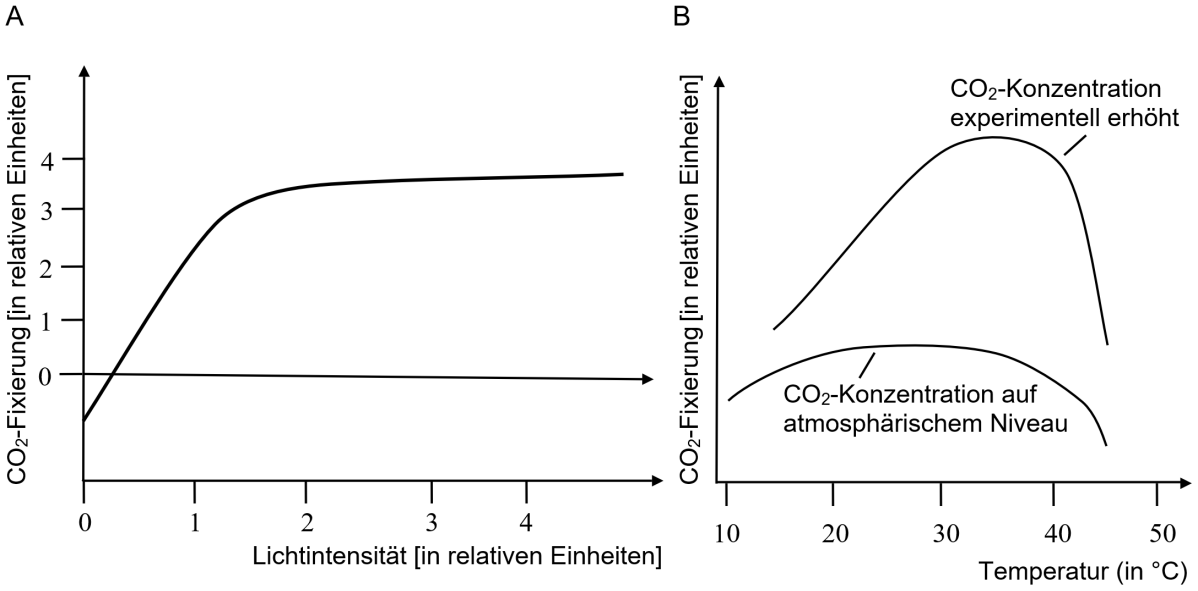
Materialien zum Thema G 2:

Material 1 zur Aufgabe 1.1: Lichtabhängige Reaktionen der Fotosynthese



Nach: Markl, J.: Markl Biologie Lehrerbuch. Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2010, S. 106.

Material 2 zur Aufgabe 1.2: Untersuchungsergebnisse zur Fotosyntheseleistung



Nach: Baller, C.: Natura Abiturtraining Stoffwechsel. Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2017, S. 43.

Material 3 zur Aufgabe 2: Anbau, Inhaltsstoffe und Verarbeitung von Maniok

Maniok ist eine tropische Pflanze, sie benötigt viel Licht und eine durchschnittliche Temperatur von 25°C. Hinsichtlich des Bodens und des Niederschlags ist Maniok weniger anspruchsvoll. Die Pflanze toleriert sowohl karge als auch saure Böden und übersteht längere Trockenperioden bis zu sechs Monaten.
Nach 8 bis 12 Monaten kann geerntet werden, die Lagerfähigkeit der Wurzelknollen ist sehr gering, bereits zwei Tage nach der Ernte beginnt der Verderb, allerdings kann die Ernte auf zwei bis drei Jahre ausgedehnt werden. Die Wurzelknollen verholzen aber bei längerem Verbleib im Boden zunehmend und der Nährstoffgehalt sinkt. Maniokknollen zeichnen sich durch einen außerordentlich hohen Stärkegehalt aus, Fett und Proteine sind nur mit sehr geringen Anteilen vertreten. Maniok kann nicht roh gegessen werden. Die Knollen werden durch mehrfaches Wässern, Schälen, Mahlen, Rösten, Schmoren, Dämpfen, Kochen oder Trocknen verarbeitet. Die Maniokpflanzen enthalten das Glycosid Linamarin. Bei Verletzungen scheiden die Pflanzen aus den zerstörten Zellen neben Linamarin auch das hitzeempfindliche Enzym Linamarase aus, welches aus Linamarin Cyanid-Ionen freisetzt. Diese Ionen blockieren die Atmungskette als Teilprozess der Zellatmung. Geringe Mengen kann der Mensch tolerieren und ohne größere Schäden über den Urin ausscheiden. Eine zu hohe Aufnahme, vor allem im Zusammenhang mit Proteinmangel, führt zu schweren neurodegenerativen Schäden bis zur vollständigen Lähmung der Beine sowie zu Schilddrüsenstörungen.

Nach: https://www.3.hhu.de/biodidaktik/Exoten/Maniok/dateien/isstoffe.html#Anker387310 (19.8.2019)

Thema V 3: Beziehungsreiches Faultier LK

BE

Die heute lebenden Faultiere sind mit zwei Gattungen vertreten. Namensgebend unterscheiden sie sich durch die Anzahl der sichtbaren Finger an den Vordergliedmaßen in Dreifinger-Faultiere (*Bradypus*) und Zweifinger-Faultiere (*Choloepus*). Mit sechs Arten sind sie Baumbewohner des tropischen Regenwaldes in Mittel- und Südamerika und einigen Karibikinseln. Faultiere erledigen alle wichtigen Lebensvorgänge hängend im Geäst. Sie fressen, schlafen, paaren sich, gebären ihre Jungen und bewegen sich vorwärts in dieser Position. Faultiere schlafen mitunter bis zu 20 Stunden am Tag und besitzen die niedrigste Stoffwechselrate aller Säugetierarten.
Eine Besonderheit im Verhalten findet sich beim Dreifinger-Faultier. Im Gegensatz zum Zweifinger-Faultier, das seine Fäkalien einfach vom Baum fallen lässt, steigt das Dreifinger-Faultier einmal in acht Tagen vom Baum herab, gräbt mit dem Schwanz eine Bodenmulde, setzt darin seinen Kot ab, bedeckt den größten Teil der Fäkalien mit Laub und steigt wieder auf seinen Baum hinauf. Die ultimaten Ursachen dieses Verhaltens gaben Forschern lange Zeit Rätsel auf. Zum einen ist dieser Bewegungsakt für das stoffwechselgebremste Dreifinger-Faultier extrem energieraubend, allein der Abstieg vom Baum macht 8 % des Tagesenergiebudgets aus. Zum anderen erfolgen 50 % aller Todesfälle durch Raubtiere wie z. B. Schlangen und Jaguare, wenn sich die Dreifinger-Faultiere am Waldboden befinden.

Interpretieren Sie die besondere Verhaltensweise des Dreifinger-Faultieres gegenüber dem Zweifinger-Faultier aus physiologischer, ökologischer und evolutionsbiologischer Sicht. Erstellen Sie dazu einen zusammenhängenden, sachlogisch strukturierten Text unter Nutzung aller Materialien. — 20

Materialien zum Thema V 3:

Material 1: Besonderheiten im Fell der Faultiere

Versuchsreihen ergaben, dass sich im grün erscheinenden Fell der Faultiere hunderte Käfer, Motten, Schaben, Rundwürmer, Pilze, Bakterien und einige Arten von Blau-, Kiesel-, Rot- und Grünalgen befinden. Unter den Algenarten kommen einige in der Faultierumgebung vor. Die Grünalge *Trichophilus welckeri* lebt jedoch nur im Fell von Faultieren. Die Algen geben dem Fell die grüne Farbe. Die Mottenart *Cryptoses cholopei* lebt dauerhaft und ebenso ausschließlich in Faultierfellen und ernährt sich dort von Sekreten des Faultiers und der dort lebenden Algen. Aufgrund der Struktur der Deckhaare kann sich das Fell wie ein Schwamm mit Wasser vollsaugen.

Nach: https://weltderalgen.wordpress.com/2014/03/19algen-biologie-das-zusammenleben-von-alge-und-faultier-eine-symbiose/amp/ (18.03.2019)

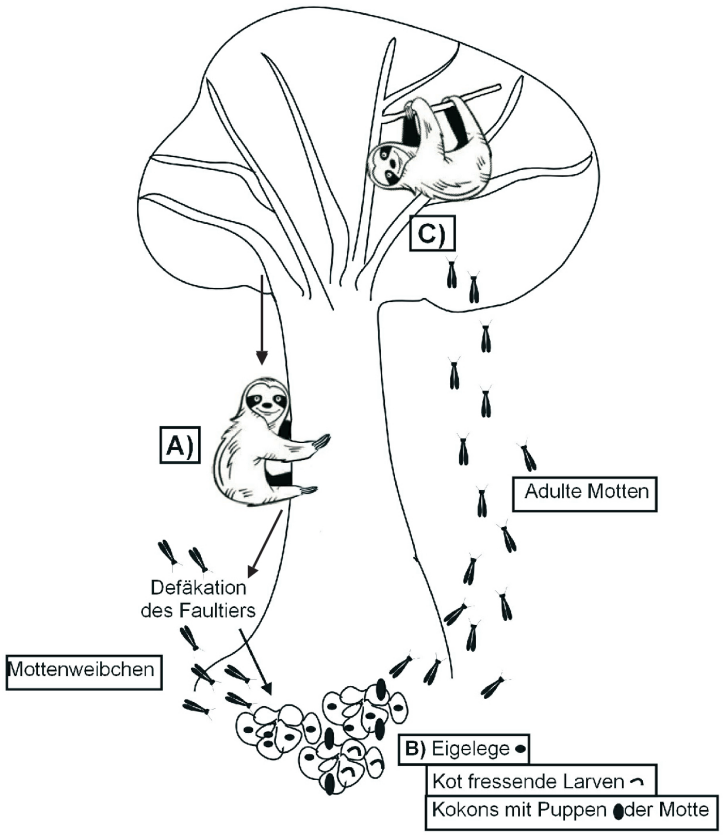
Material 2: Untersuchungsergebnisse zur Ernährung von Faultieren

Proben von:	Kohlenhydrate	Eiweiße	Fette
Algen aus Faultierfellen	25,7 %	5,0 %	45,2 %
Blättern	42,4 %	5,0 %	27,4 %

Ihre Blattnahrung ist sehr nährstoffarm, cellulosereich und schwer verdaulich. Im Gegensatz zum Dreifinger-Faultier ernähren sich Zweifinger-Faultiere auch von Blüten, Knospen, Insekten und anderen wirbellosen Kleintieren. Im Mageninhalt der Dreifinger-Faultiere fand man eine relativ große Menge der im Fell lebenden Algen. Besonders die Grünalge *Trichophilus welckeri* ist für das Faultier hoch verdaulich und wurde besonders häufig in den Mageninhalten vorgefunden.

Nach: Pauli, Jonathan N. u. a.: A syndrom of Mutualism reinforces the lifestyle of a sloth. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, Abstract, S. 8. https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspb.2013.3006 (21.8.2019)

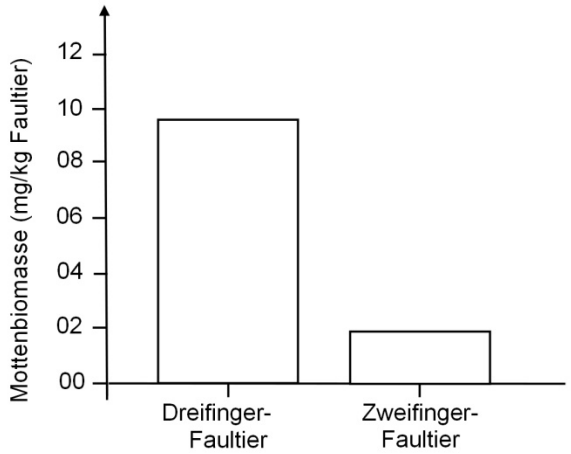
Material 3: Entwicklungszyklus der Mottenart *Cryptoses cholopei*

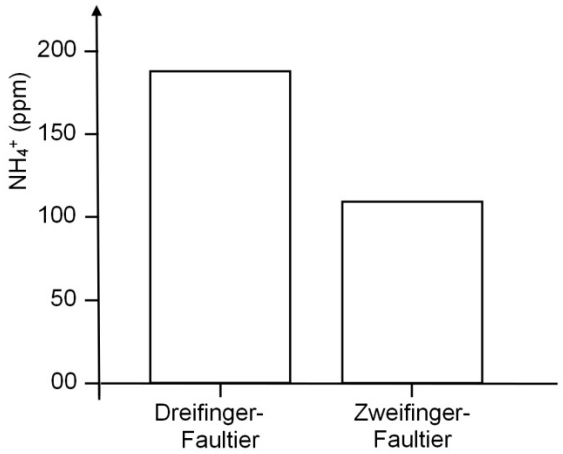


Hinweis: Die Larven der Motten sind koprophagisch, ernähren sich von Materialien im Dung. Die nach der Entwicklung neu geschlüpften Motten tragen bei ihrem Aufstieg zum Faultier Kotreste in dessen Fell.

Nach: ebenda. S. 9.

Material 4: Untersuchungsergebnisse zu Fellproben von Faultieren







Hinweis: Ammonium-Ionen (NH_4^+) entstehen durch die bakterielle Zersetzung eiweißreicher Biomasse und führen im Verlauf der fortgesetzten Nitrifikation zu für Pflanzen verwertbaren Nitrat-Ionen (NO_3^-).

Nach: ebenda. S. 3.

Thema V 1: Energydrinks und Sport LK

BE

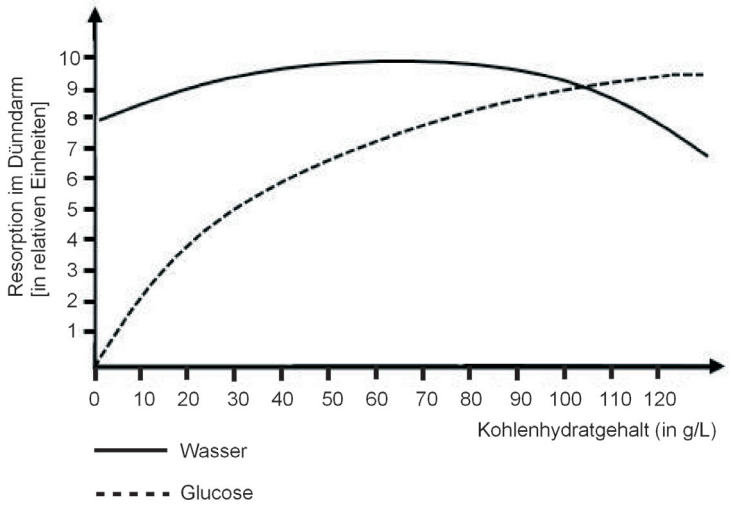
Bei langandauernden Aktivitäten, die mit großen Schweißverlusten verbunden sind, muss der Wasserverlust möglichst schnell ersetzt werden, um Leistungseinbußen zu verhindern, d. h., die Flüssigkeit muss bereits während der sportlichen Betätigung zugeführt werden. Schweißverluste von weniger als zwei Liter dagegen brauchen erst nach der Belastung ausgeglichen zu werden. Um diesen Ausgleich zu schaffen, nehmen Sportler Getränke zu sich. Einige greifen dabei auch zu zucker- und koffeinhaltigen Energydrinks.

1 Prüfen Sie experimentell das Getränk auf das Vorhandensein von zwei Kohlenhydraten. Fordern Sie dazu die benötigten Geräte und Chemikalien schriftlich an und erstellen Sie ein Protokoll. 8

2 Werten Sie die Materialien zusammenhängend aus. Nehmen Sie auf dieser Grundlage Stellung zur Eignung von Energydrinks für die Leistungssteigerung im Sport. 12

Materialien zum Thema V 1:

Material 1 zur Aufgabe 2: Wasser- und Glucoseresorption im Dünndarm



Nach: https://www.researchgate.net/publication/301328553_Sportlergetranke__Rehydratation_Wer_wann_womit (21.8.2019)

Material 2 zur Aufgabe 2:
A – Beeinflussung der Resorption im Dünndarm

Zum Ausgleich von Schweißverlusten eignen sich isotone und leicht hypotone Getränke. Sie werden bereits im Dünndarm vollständig resorbiert, reines Wasser und hypertone Getränke hingegen unvollständig. Erst im Dickdarm ist die Flüssigkeitsaufnahme abgeschlossen. Hypertone Getränke werden im Dünndarm sogar zunächst „verdünnt“. Wasser wird dazu in den Dünndarminnenraum abgegeben. An der Wasserresorption sind Natrium-Ionen und Glucose maßgeblich beteiligt. Studien haben gezeigt, dass für eine optimale Resorption u. a. eine Osmolarität von 200 bis 250 mosmol/L und ein Natriumionen-Gehalt von 1400 bis 2000 mg/L erforderlich sind. Ein damit einhergehender zu salziger Geschmack findet jedoch keine Akzeptanz.

Nach: ebenda.

B – Konzentrationen in Blut, Leitungswasser und einem Energydrink

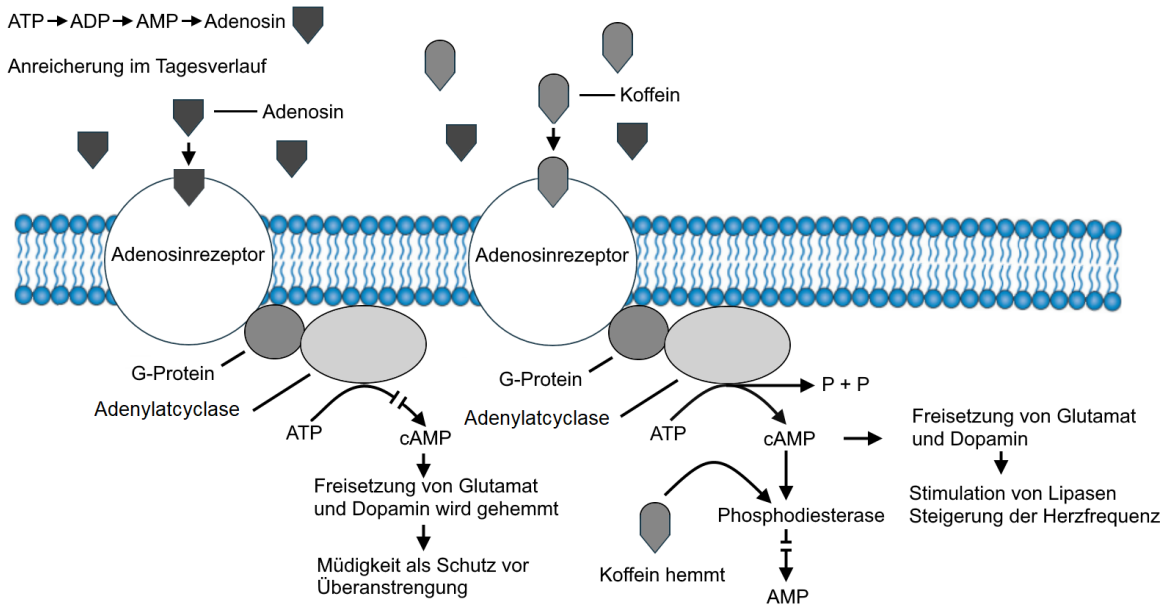
	Glucose (g/L)	Natrium-Ionen (mg/L)	Kalium-Ionen (mg/L)	Calcium-Ionen (mg/L)	Magnesium-Ionen (mg/L)	Osmolarität (mosmol/L)
Blut	0,83	3540	160	90	25	330
Leitungs-wasser*	-	50	-	30	10	20
Energy-drink*	110	380	30	130	30	800

Hinweis: Osmolarität (os) = osmotische Konzentration (Anzahl osmotisch aktiver Teilchen einer Lösung in mmol/L)

*durchschnittliche Inhaltsangaben verschiedener Regionen und Hersteller

Nach: ebenda.

Material 3 zur Aufgabe 2: Wirkung von Koffein auf Zellebene



Nach: www.pharmazeutische-zeitung.de/index.php?id=2523 (25.10.2018)

Thema V 2: Variabilität bei der Weißkehlammer LK

BE

Die im Nordosten der USA und in Kanada brütende Weißkehlammer (*Zonotrichia albicollis*) aus der Ordnung der Sperlingsvögel zeigt einen auffälligen Polymorphismus. In beiden Geschlechtern kommen Individuen mit unterschiedlich gefärbtem Scheitelbereich vor. Während sich bei einem Teil der Tiere ein weißer Streifen vom Schnabel über den Kopf nach hinten zieht, ist dieser Bereich bei der anderen Farbvariante bräunlich. Zur Verpaarung wählen die Vögel fast immer einen Partner mit entgegengesetzter Scheitelfärbung. Vor allem die Männchen beider Farbvarianten unterscheiden sich auch ansonsten hinsichtlich ihres Fortpflanzungsverhaltens. Weiß gescheitelte Männchen sind deutlich aggressiver. So dringen sie während der fruchtbaren Periode der Weibchen mehr als dreimal so häufig wie braun gescheitelte Männchen in Nachbarterritorien ein und versuchen sich mit den dortigen Weibchen zu paaren.

1 Begründen Sie auf der Grundlage des Materials 1, dass in den Populationen der Weißkehlammer Tiere mit weißem und mit braunem Scheitelbereich etwa gleich häufig vorkommen. 5

2 Analysieren Sie anhand der Materialien 2 und 3 Kosten und Nutzen der Fortpflanzungsstrategien von braun sowie weiß gescheitelten Weißkehlammer-Männchen und leiten Sie mögliche Konsequenzen für die Fitness der jeweiligen Weibchen ab. 15

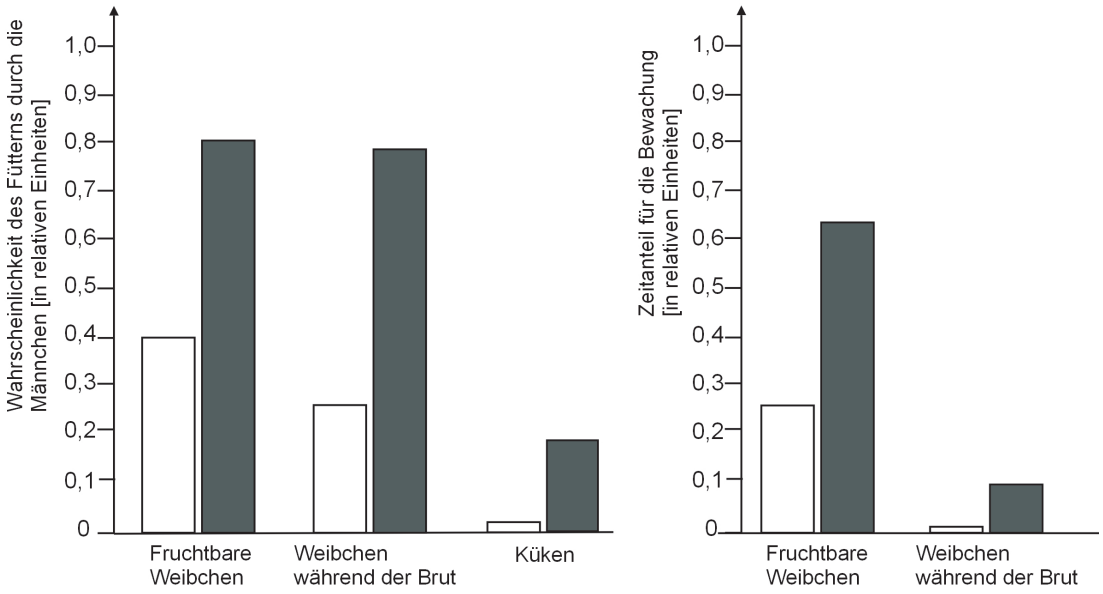
Materialien zum Thema V 2:

Material 1 zur Aufgabe 1: Untersuchungsergebnisse zur Gefiederfärbung der Weißkehlammer

Die weiße oder bräunliche Gefiederfärbung der Weißkehlammern im Bereich des Scheitelstreifens ist mit einem genetischen Unterschied verknüpft, der erst bei näherer Untersuchung der Chromosomen erkennbar wird. Das Chromosom 2 kommt neben der Normalform auch in einer invertierten Form vor, bei der ein DNA-Bereich rings um das Centromer um 180° gedreht ist. Bei nahezu allen Tieren der weißen Variante liegt diese Chromosomenmutation heterozygot vor. Individuen, die diese Inversion reinerbig tragen, findet man nur sehr selten. Vögel mit braunem Scheitelstreifen sind dagegen homozygot für den nichtinvertierten Typ des Chromosoms 2.

Nach: Tuttle, E. M., Alternative reproductive strategies in the white-throated sparrow: behavioral and genetic evidence, Behavioral Ecology Vol. 14 No. 3: 425–432, https://academic.oup.com/beheco/article/14/3/425/257187 (21.8.2019)

Material 2 zur Aufgabe 2: Verhaltensmerkmale männlicher Weißkehlammern



Hinweis: weiß = Männchen mit weißem Scheitelbereich
schwarz = Männchen mit braunem Scheitelbereich

Nach: ebenda.

Material 3 zur Aufgabe 2: Untersuchungsergebnisse zur Vaterschaft von Weißkehlammer-Männchen

Brutpaar	Scheitelfarbe	
	Männchen braun Weibchen weiß	Männchen weiß Weibchen braun
Anzahl der Brutpaare	16	16
Anteil der Bruten mit EPF	1/16	9/16
Anzahl der Küken	45	44
Anteil der Küken aus EPF	2/45	14/44

Hinweis: EPF = extrapair fertilization (Befruchtung durch fremde Männchen)

Nach: ebenda.