

Aufgabe 1

Themenbereich: Gene

Genetisch bedingte Krankheiten

Einige der heute bekannten Erkrankungen beim Menschen lassen sich darauf zurückführen, dass diese von den Eltern an ihre Kinder vererbt werden. Von solchen Erbkrankheiten sind bis heute mehr als 3000 bekannt; eine der bekanntesten ist die Mukoviszidose. Daneben gibt es aber auch weniger bekannte Erkrankungen, wie zum Beispiel Faktor-V-Leiden.

**Die Abbildung ist aus
urheberrechtlichen Gründen
entfernt.**

- a) Vergleichen Sie die Struktur der DNA mit der von mRNA.
[7 BE]
- b) Ermitteln Sie zunächst die Aminosäuresequenz des CFTR-Kanalproteins einer nicht betroffenen und einer betroffenen Person (Material 1).
Erläutern Sie anschließend die molekularbiologischen Ursachen für die Symptome der Mukoviszidose (Material 1).
[11 BE]
- c) Leiten Sie zunächst auf Grundlage des Stammbaums den Erbgang der Mukoviszidose begründet ab (Material 2).
Geben Sie anschließend alle möglichen Genotypen der Personen 1, 5 und 14 an (Material 2).
[13 BE]
- d) Leiten Sie anhand von Abbildung 3.2 die Genotypen der Personen A und B begründet ab (Material 3).
[9 BE]

Hinweis:

Alle in den Aufgabenstellungen bzw. in den Materialien verwendeten Abkürzungen dürfen im Lösungstext verwendet werden.

Quellen:

Roeske, Dr. Helga & Calvus, Dr. Sonja. Bioskop Sek. II. Westermann Verlag Braunschweig. 2019
Abituraufgabe Biologie. Nordrhein-Westfalen. 2009

Material 1

Mukoviszidose ist eine angeborene Stoffwechselerkrankung, bei der die Atemwege und Verdauungsorgane betroffen sind. Bei betroffenen Personen entsteht vermehrt zähflüssiger Schleim, der die Atemwege verstopft und die Arbeit der Verdauungswege beeinträchtigt. Die Ursache für Mukoviszidose ist ein Defekt des sogenannten CFTR-Gens. Das CFTR-Gen liegt auf dem Chromosom 7 und codiert für ein Kanalprotein, das spezifisch den Transport von Chloridionen aus den Zellen der Schleimhäute hinaus vermittelt. Bei nicht betroffenen Personen diffundieren Chloridionen bei Bedarf aus den Schleimhautzellen hinaus. Die damit steigende Chloridionen-Konzentration außerhalb der Zellen wird durch einen Wasser-Ausstrom ausgeglichen. Durch diesen Prozess werden die Schleimhäute permanent feucht gehalten. In Tabelle 1 ist jeweils ein Ausschnitt des CFTR-Gens einer nicht betroffenen und einer betroffenen Person dargestellt. Die gezeigten Gen-Ausschnitte sind in gleicher Länge dargestellt und jeweils lückenlos durchnummeriert.

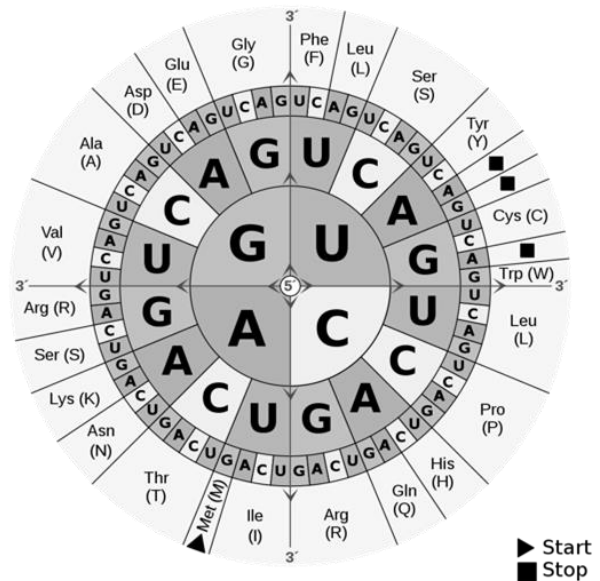


Abb. 1: Code-Sonne

codogener Strang	
nicht betroffene Person	3' ... TTT CTT TTA TAG TAG AAA CCA CAA AGG ATA ... 5' 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512
betroffene Person	3' ... TTT CTT TTA TAG TAG CCA CAA AGG ATA CTA ... 5' 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512

Tab. 1: Ausschnitte aus dem CFTR-Gen

Hinweise: Alle nicht gezeigten Teile des Gens sind identisch. Die Zahlen geben jeweils die Stelle des Triplets auf dem Gen an.

Das Auftreten von Mukoviszidose innerhalb einer Familie kann in einem Stammbaum dargestellt werden (siehe Abbildung 2).

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt. Material 2

Abb. 2: Stammbaum einer Familie, in der Mukoviszidose auftritt

Material 3

Bei der autosomal dominant vererbten Erkrankung Faktor-V-Leiden, die nach dem Ort ihrer Entdeckung, der niederländischen Stadt Leiden, benannt wurde, kommt es bei Betroffenen zu einer Blutgerinnungsstörung. Der Prozess der Blutgerinnung ist ein komplexes Zusammenspiel aus verschiedenen Proteinen, sogenannten Faktoren. Dabei gibt es gerinnungsfördernde und gerinnungshemmende Faktoren. Faktor V ist ein Beispiel für einen gerinnungsfördernden Faktor.

Bei nicht betroffenen Personen wird Faktor V kontinuierlich synthetisiert und liegt in seiner aktiven Form vor, sodass permanent kleine Blutgerinnsel (Thromben) gebildet werden. Der Abbau dieser Blutgerinnsel wird durch das Protein APC gesteuert, indem APC spezifisch an Faktor V bindet und ihn spaltet. Faktor V wird dadurch inaktiviert und wirkungslos.

Bei Faktor-V-Leiden führt eine Punktmutation im Faktor-V-Gen zu einer Aminosäuresequenz, durch die die Inaktivierung durch APC verhindert wird. Dies führt bei Betroffenen zu einer verstärkten Blutgerinnungsneigung.

Das Vorhandensein dieser Mutation kann auf molekulargenetischem Weg nachgewiesen werden. Dazu wird zunächst ein 267 Basenpaare (bp) umfassendes DNA-Fragment des Gens vervielfältigt. Im Anschluss wird der Lösung das Restriktionsenzym Mnl I zugegeben. Ein Restriktionsenzym erkennt bestimmte Sequenzen innerhalb der DNA und schneidet diese dort. Bei nicht betroffenen Menschen weist das Faktor-V-Gen zwei Schnittstellen für das Restriktionsenzym Mnl I auf (siehe Abbildung 3.1). Liegt eine entsprechende Mutation für Faktor-V-Leiden vor, entfällt die Schnittstelle ②. Nachdem die Lösung mit Mnl I geschnitten wurde, wird das Ergebnis mittels Gelelektrophorese aufgetrennt.

Um herauszufinden, ob Faktor-V-Leiden in der Familie vorhanden ist, ließen die zwei Personen A und B einer Familie diese Diagnostik durchführen. Das Ergebnis der Gelelektrophorese ist in Abbildung 3.2 dargestellt.

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 3.1: Schnittstellen des Restriktionsenzyms Mnl I im DNA-Fragment.

Abb. 3.2: Ergebnis der Gelelektrophorese

Aufgabe 1

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt - Der vorliegende Erwartungshorizont ist als Musterlösung zu verstehen. Fachlich gleichwertige Lösungen und Begründungen sind möglich, sofern die Materialien korrekt einbezogen wurden.		Bewertung						
		I	II	III				
a)	Eine Gemeinsamkeit von DNA und mRNA ist, dass beide Nukleinsäuren sind, die aus den Bausteinen Zucker, Phosphat und verschiedenen Basen aufgebaut sind. Ein Unterschied zwischen beiden Molekülen besteht darin, dass DNA doppelsträngig vorliegt, während mRNA nur aus einem Einzelstrang besteht. Weiterhin unterscheiden sich DNA und mRNA darin, dass die mRNA den Zucker Ribose, die DNA den Zucker Desoxyribose enthält. Auch unterscheiden sie sich in der Zusammensetzung der Basen. Sowohl in der DNA als auch in der mRNA liegen die Basen Adenin, Cytosin und Guanin vor. Während in der DNA allerdings die Base Thymin vorhanden ist, liegt in der mRNA die Base Uracil vor.	6	1					
b)	<table><tr><td>nicht betroffene Person:</td><td>Lys – Glu – Asn – Ile – Ile – Phe – Gly – Val – Ser – Tyr</td></tr><tr><td>betroffene Person:</td><td>Lys – Glu – Asn – Ile – Ile – Gly – Val – Ser – Tyr – Asp</td></tr></table>	nicht betroffene Person:	Lys – Glu – Asn – Ile – Ile – Phe – Gly – Val – Ser – Tyr	betroffene Person:	Lys – Glu – Asn – Ile – Ile – Gly – Val – Ser – Tyr – Asp	3		
	nicht betroffene Person:	Lys – Glu – Asn – Ile – Ile – Phe – Gly – Val – Ser – Tyr						
betroffene Person:	Lys – Glu – Asn – Ile – Ile – Gly – Val – Ser – Tyr – Asp							
Die Ursache für die Symptome der Mukoviszidose liegt in einer Genmutation. Die drei Basen des Triplets 508 einer nicht betroffenen Person sind deletiert. Dadurch wird bei einer betroffenen Person die Aminosäure Phenylalanin an der Stelle 508 nicht eingebaut. Dies führt zu einer anders gearteten Faltung des Proteins, was wiederum Auswirkungen auf dessen Funktion hat. Da das CFTR-Gen für ein Kanalprotein codiert, dass für den Transport von Chloridionen aus den Zellen zuständig ist, können Chloridionen nur noch eingeschränkt aus der Zelle diffundieren, sodass auch nur wenig Wasser nachströmt. Der Schleim wird zähflüssiger und die Atemwege und die Verdauung sind beeinträchtigt.								
c)	Mukoviszidose wird autosomal rezessiv vererbt. Eine autosomal dominante Vererbung kann bei Betrachtung der Personen 5, 6, 11 und 12 ausgeschlossen werden. Läge eine autosomal dominante Vererbung vor, hätten die Personen 5 und 6 den Genotyp aa, da sie nicht betroffen sind. Person 11 könnte dann nicht betroffen sein. Eine X-chromosomal dominante Vererbung kann bei der Betrachtung der Personen 3, 4 und 9 ausgeschlossen werden. Beide nicht betroffenen Personen, 3 und 4, müssten ausschließlich nicht betroffene Allele auf ihren X-Chromosomen besitzen. Da Person 9 allerdings von Mukoviszidose betroffen ist, kann eine X-chromosomal dominante Vererbung ausgeschlossen werden. Eine X-chromosomal rezessive Vererbung kann bei Betrachtung der Personen 16, 17, 20 und 21 ausgeschlossen werden. Die Mutter, Person 16, müsste auf ihren zwei X-Chromosomen jeweils das betroffene Allel aufweisen, da sie von Mukoviszidose betroffen ist. Wäre dies der Fall, müsste jedoch der Sohn, Person 21, betroffen sein, da er ein betroffenes Allel mit dem X-Chromosom der Mutter erhält und dies nicht ausgleichen kann. Angabe der Genotypen: 1: AA / Aa 5: Aa 14: AA / Aa	2	6					
		3	7					
			3					

d)	Bei Person A lassen sich im Gel drei DNA-Fragmente mit jeweils 163, 67 und 37 bp als Banden erkennen. Da M_nL I die DNA Fragmente demnach an beiden Schnittstellen geschnitten hat, liegt auf keinem der beiden Allele die Mutation für Faktor-V-Leiden vor. Dies entspricht dem zu erwartenden Ergebnis bei einer nicht betroffenen Person. Da Faktor-V-Leiden autosomal-dominant vererbt wird, muss Person A daher einen homozygoten Genotyp mit zwei rezessiven Allelen aufweisen. Bei Person B ergeben sich vier Fragmente im Gel. Dies lässt sich damit erklären, dass eines der Allele die Mutation aufweisen muss und M_nL I diese DNA-Fragmente nur an der Schnittstelle ① schneidet, sodass sich Fragmente mit 200 und 67 bp ergeben. Die DNA-Fragmente des zweiten Allels werden an beiden Schnittstellen geschnitten, sodass sich Fragmente mit 67, 163 und 37 bp ergeben. Bei beiden Allelen entstehen Fragmente mit 67 bp, sodass diese Bande breiter erscheint als die Bande der anderen möglichen Fragmente. Deshalb muss Person B einen heterozygoten Genotyp aufweisen.			
Verteilung der insgesamt 40 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		14	20	6

Quellenangaben

Titelbild

<https://abitur-wissen.org/index.php/biologie/genetik/520-genetik-aufgaben-und-uebungen-zur-stammbaumanalyse-und-erbkrankheiten> (02.12.21)

Teilaufgabe b) und c)

Roeske, Dr. Helga & Calvus, Dr. Sonja. Bioskop Sek. II. Westermann Verlag Braunschweig. 2019

<https://www.lungeninformationsdienst.de/krankheiten/mukoviszidose/grundlagen/index.html> (16.09.2021)

CFTR-Proteine regulieren den Salz-Wasser-Haushalt. verfügbar unter: <https://www.cfsource.de/de/cf-und-cftr/normales-cftr-protein> (26.10.2021)

Teilaufgabe d)

Abituraufgabe Biologie. Grundkurs – Aufgabe A2. Nordrhein-Westfalen, 2009

<https://deximed.de/home/klinische-themen/blut/patienteninformationen/blutungskrankheiten-gerinnungsstoerungen/apc-resistenz-faktor-v-leiden-mutation> (29.09.2021)

<https://www.msmanuals.com/de-de/profi/h%C3%A4matologie-und-onkologie/thrombotische-krankheiten/faktor-v-resistenz-gegen-aktiviertes-protein-c-apc> (29.09.2021)

Aufgabe 2

Themenbereiche: Ökofaktoren Kommunikation

Gifte zur Abwehr und zur Jagd

Manche Tiere und Pflanzen können sich durch den Einsatz von Gift gegen Fressfeinde schützen oder ihre Beute erlegen. Ein bekanntes Beispiel bei den Pflanzen ist der Fingerhut (*Digitalis*) und im Tierreich der Pfeilgiftfrosch (*Phyllobates*). Weniger bekannt sind die Schlitzrüssler (*Solenodontidae*), die zu den wenigen Säugetieren zählen, die ein Gift einsetzen.

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

- a) Zeichnen Sie ein Nahrungsnetz mit allen in Material 1 genannten Organismen.
Beurteilen Sie, ob die Aussagen der ersten VOLTERRA-Regel auf die Räuber-Beute-Beziehung zwischen Katzen und Schlitzrüsslern zutreffen. Werten Sie dazu Material 1 aus. [14 BE]
- b) Erläutern Sie die jeweilige Wechselbeziehung zwischen Wildem Tabak und Raubwanze sowie Raubwanze und der Raupe des Tabakschwärmers (Material 2). [5 BE]
- c) Erläutern Sie die Vorgänge während eines Aktionspotenzials an der Axonmembran auf molekularer Ebene. [8 BE]
- d) Erläutern Sie auf molekularer Ebene die Wirkung von Lidocain auf Nervenzellen (Material 3). [6 BE]
- e) Stellen Sie unter Einbezug der Symptome eine begründete Hypothese auf, an welcher Stelle in der Hierarchie des Hormonsystems das Gift der Schlitzrüssler wirkt (Material 4). [7 BE]

Hinweis:

Alle in den Aufgabenstellungen bzw. in den Materialien verwendeten Abkürzungen dürfen im Lösungstext verwendet werden.

Quellen:

Nicholas R. Casewell, Daniel Petras, Daren C. Card, et al.: Solenodon genome reveals convergent evolution of venom in eulipotyphlan mammals. PNAS December 17, 2019.
Abiturprüfungen Bremen 2013, Baden-Württemberg 2016, Hessen 2015.

Material 1

Schlitzrüssler (*Solenodontidae*; siehe Abbildung 1) gehören zu den seltenen giftigen Säugetieren auf der Erde. Ihr Vorkommen begrenzt sich auf die Inseln Kuba und Hispanola. Dort sind nur noch wenige Exemplare der scheuen Tiere zu finden. Die meist nachtaktiven Bodenbewohner halten sich zeitweise unterirdisch auf. Sie ernähren sich dabei vorwiegend von Wirbellosen wie Insekten oder Doppelfüßern. Außerdem erbeuten Sie kleine Wirbeltiere wie Echsen und Frösche. So wie auch Insekten und Doppelfüßer fressen Schlitzrüssler in geringen Mengen Früchte und Pflanzenmaterial. Echsen und Frösche ernähren sich ebenfalls von Insekten und Doppelfüßern. Die Schlitzrüssler wiesen bis vor wenigen Jahrzehnten eine hohe Populationsdichte auf. Erst mit der Besiedlung durch den Menschen kamen Katzen auf die Inseln. Sie werden dort als Haustiere gehalten. Diese erlegen Schlitzrüssler, wodurch sich die Anzahl bis heute stark verringert hat. Die Anzahl der Katzen auf der Insel ist jedoch weiter angestiegen. Mittlerweile streunen auch viele halterlose Katzen über die Insel.

Eine Forschergruppe hat das Vorkommen der Schlitzrüssler dokumentiert. Dabei wurde außerdem die Räuber-Beute Beziehung rund um die Tiere untersucht und mit der ersten LOTKA-VOLTERRA Regel (siehe Abbildung 1.2), welche die Regelmäßigkeiten in der Beziehung von Räuber-Beute-Populationen beschreibt, verglichen. Die Regeln besagt, dass die Größe der Populationen von Räuber und Beute bei konstanten Bedingungen periodisch schwanken. Dabei folgt das Maximum der Räuberpopulation auf das Maximum der Beutepopulation.

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 1.1: Schlitzrüssler

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 1.2: Schematische Darstellung der ersten LOTKA-VOLTERRA Regel

Material 2

Die Heimat der Schlitzrüssler, Kuba, ist neben den besonderen Säugetieren auch für seine Zigarren und den damit verbundenen Tabakanbau bekannt. Der Wilde Tabak (*Nicotiana attenuata*) ist dabei als Erstbesiedler auf gerodeten Tabakplantagen zu finden. Auf diesen Plantagen muss sich die Pflanze z. B. gegen die Raupen des Tabakschwärmers (*Manduca sexta*; siehe Abbildung 2.1) wehren. Der Wilde Tabak setzt dazu Nikotin als Abwehrstoff ein.

Beim Befall des Wilden Tabaks durch die Raupen des Tabakschwärmers bewirkt Nikotin jedoch keine Abwehr der Raupen, da diese im Gegensatz zu vielen anderen Pflanzenfressern hohe Nikotinkonzentrationen tolerieren. Das aus den Blättern des Tabaks aufgenommene Nikotin dient den Raupen als Abwehr gegen manche ihrer eigenen Fressfeinde.

Das Speichelsekret der Raupen des Tabakschwärmers enthält eine charakteristische Substanz. Wenn diese durch Bisse der Raupe in die Pflanzen gelangt, produzieren die Tabakpflanzen einen speziellen Duftstoff. Dieser wirkt als Lockstoff für die Raubwanze (*Geocoris pallens*; siehe Abbildung 2.2), die die Raupen des Tabakschwärmers verzehrt.

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 2.1: Raupe des Tabakschwärmers

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 2.2: Raubwanze

Material 3

Das Gift der Schlitzrüssler wurde bisher kaum untersucht. Seit kurzem forscht nun eine Arbeitsgruppe der Technischen Universität Berlin zusammen mit internationalen Partnern an dem Gift.

Die Giftdrüsen der seltenen Tiere befinden sich im Unterkiefer. Um den Schlitzrüsslern das Gift zur Untersuchung zu entnehmen, muss der Bereich betäubt werden. Dazu wird das Lokalanästhetikum Lidocain verwendet, welches am Axon von Nervenzellen wirkt.

Vor dem Einsatz an den Tieren wurde das Anästhetikum experimentell überprüft. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt.

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 3: Messergebnisse

Material 4

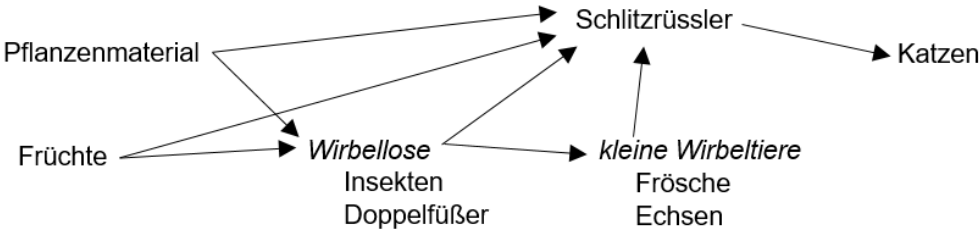
Bei der Untersuchung des Giftes der Schlitzrüssler konnte das Forscherteam ein spezielles Enzym, die Kallikrein-1-Serinprotease (K1S), im Giftcocktail der Tiere isolieren. Die Forscher konnten nachweisen, dass K1S im Gift hoch konzentriert vorliegt, auf das Hormonsystem wirkt (siehe Abbildung 4) und dadurch sehr schnell Symptome auftreten. So ist nach dem Biss der Tiere ein rapider Blutdruckabfall, welcher bei kleinen Beutetieren zu einem schnellen Tod führt, zu beobachten. Im menschlichen Körper kommt eine dem Enzym ähnliche Verbindung vor, welche bestimmte Hormonvorstufen im Körper spaltet, aktiviert und dadurch den Blutdruck steuert.

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 4: Beispielhafte schematische Darstellung des Hormonsystems

Aufgabe 3

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt - Der vorliegende Erwartungshorizont ist als Musterlösung zu verstehen. Fachlich gleichwertige Lösungen und Begründungen sind möglich, sofern die Materialien korrekt einbezogen wurden.		Bewertung		
		I	II	III
a)	 Zum einen sagt die erste VOLTERRA-Regel aus, dass die Populationsdichten von Räuber und Beute periodisch schwanken. Da die Populationsdichte des Schlitzrüsslers seit Besiedlung der Insel von Katzen immer weiter abgenommen hat und die Population der Haustiere immer weiter zunimmt, sind keine periodischen Schwankungen in der Räuber-Beute-Beziehung erkennbar. Da Katzen als invasive Art nun als Endkonsumenten keine natürlichen Feinde haben und zusätzlich noch von den Menschen gefüttert werden, steigt die Populationsdichte trotz sinkender Beutetiere weiter an. Dies wird von der VOLTERRA-Regel jedoch nicht berücksichtigt. Zum anderen besagt die erste VOLTERRA-Regel, dass die Dichten der beiden betrachteten Populationen zeitlich verschobene Maxima aufweisen. Auch diese Aussage trifft nicht auf das Beispiel zu, da nicht anzunehmen ist, dass die Katzenpopulation ohne natürliche Feinde und durch die zusätzliche Fütterung sinken wird und die Schlitzrüsslerpopulation wieder ansteigt. Die Aussagen der ersten VOLTERRA-Regel treffen daher nicht auf das Beispiel von Katzen als Räuber und Schlitzrüsslern als Beute zu.	6	2	
b)	Zwischen den Pflanzen des Wilden Tabaks und den Raubwanzen liegt eine Symbiose vor. Die Raubwanzen werden durch den erzeugten Duftstoff angelockt und fressen die Raupen des Tabakswärmers, wodurch die Raubwanzen an Nahrung gelangen und gleichzeitig die Tabakpflanzen vor weiteren Fraßschäden geschützt werden. Zwischen den Raubwanzen und den Raupen des Tabakswärmers liegt eine Räuber-Beute Beziehung vor. Die Raubwanze als Räuber frisst dabei die Raupe des Tabakswärmers als Beute.		5	
c)	Bei überschwelliger Depolarisation öffnen sich schlagartig spannungsabhängige Na^+-Kanäle und Na^+ strömen ihrem Konzentrationsgefälle und den Ladungsverhältnissen entsprechend in das Axon ein. Im Inneren des Axons entsteht ein Überschuss an positiver Ladung und die Polarisation der Membran kehrt sich um. Kurz vor dem Erreichen des Spitzenwertes schließen sich die Na^+-Kanäle wieder. Es öffnen sich spannungsabhängigen K^+-Kanäle und K^+ diffundieren aufgrund der negativen Ladung außerhalb der Membran aus dem Axon heraus. Dies führt schließlich zur Repolarisation und die K^+-Kanäle schließen sich. Da die K^+-Kanäle langsamer schließen, fällt die Spannung unter das Ruhepotenzial in die Hyperpolarisation. Mit Hilfe von Ionenpumpen werden die ursprünglichen Konzentrationsverhältnisse und das Ruhepotential wieder hergestellt.	8		

d)	Lidocain bewirkt eine verringerte Diffusion von Na^+ in das Axon der Nervenzelle. Bei einer Gabe von 100 μM Lidocain wird der Na^+ -Einstrom um etwa ein Viertel gegenüber den Kontrollansatz verringert. Je höher die Lidocainkonzentration, desto weniger Na^+ diffundieren in das Axon. Dabei blockiert Lidocain die spannungsabhängigen Na^+ -Kanäle, sodass weniger Na^+ in das Axon diffundieren können. Mit zunehmender Lidocainkonzentration werden immer mehr Na^+ -Kanäle blockiert, wodurch insgesamt der Na^+ -Einstrom geringer ist.		6	
e)	Da K1S ein Hormon aktiviert, welches dann nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip an Rezeptoren binden kann, könnte das Gift auf der Ebene zwischen den Hormondrüsen und den Zielzellen wirken. Dafür spricht der direkte Blutdruckabfall. Diese schnelle Wirkung ist nur dann möglich, wenn direkt eine hohe K1S-Konzentration auf die Zielzellen einwirkt. Ebenfalls spricht die hohe Konzentration an K1S im Gift für eine Wirkungsebene, welche eher am Ende der Hierarchiekette liegt, da für ein Einwirken auf vorherige Stufen aufgrund der Signalverstärkung weniger K1S nötig wäre.		4	3
Verteilung der insgesamt 40 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		14	20	6

Quellenangaben

Titelbild

<https://www.caribbean-embassy.de/tag/kubanischer-schlitzruessler/> (27.11.2021)

Teilaufgabe a)

<https://www.planet-wissen.de/natur/wildtiere/insektenfresser/pwiederschlitruessler100.html> (06.08.2021)

<https://www.biologie-seite.de/Biologie/Schlitzr%C3%BCssler> (6.08.2021)

<https://www.biologie-schule.de/lotka-volterra-regeln.php> (10.03.2022)

Teilaufgabe b)

Grundkurs Biologie, Hessen. Abiturprüfung 2015 – Aufgabe A1

https://www.lokalkompass.de/arnsberg/imagepost/tabakschwaermer-raupe_i14649 (18.09.2021)

<https://www.inaturalist.org/photos/19375171> (18.09.2021)

Teilaufgabe c)

Grundkurs Biologie, Bremen. Abiturprüfung 2013 - Aufgabe N1

Teilaufgabe d)

Profil-/Neigungsfach Biologie, Baden-Württemberg. Abiturprüfung 2016 - Aufgabe 1

Teilaufgabe e)

Nicholas R. Casewell, Daniel Petras, Daren C. Card, et al.: Solenodon genome reveals convergent evolution of venom in eulipotyphlan mammals. PNAS December 17, 2019.

<https://www.apotheken.de/krankheiten/hintergrundwissen/4384-die-hormondrusen> (07.12.2021)

Aufgabe 3

Themenbereich: Ökofaktoren

Künstliche und natürliche Stoffkreisläufe

Die Erde als geschlossenes System lässt nur den Austausch von elektromagnetischer Strahlung mit dem Weltall zu. Die Fotosynthese, die diese Strahlung nutzt, bildet die Grundlage des Lebens auf der Erde. Alle Stoffe verbleiben im System, werden umgebaut und wiederverwendet. In den letzten Jahrhunderten handelte die Menschheit wenig ressourcenschonend. Dadurch veränderten sich die Mittelwerte einiger Umweltfaktoren sowie bestehende Ökosysteme. Mit dem Beginn eines Sinneswandels wird nun das Wissen der Menschheit über Stoff- und Lebenszusammenhänge benutzt, künstliche Stoffkreisläufe aufzubauen und nachhaltiger zu wirken.

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

- a) Geben Sie sowohl den Stoffwechselprozess an, der den Bakterien im Biofilter zur Energiegewinnung dient, als auch die vereinfachte Summengleichung der entsprechenden Reaktion (Material 1).

Nennen Sie anschließend den jeweiligen Fachbegriff für die drei Organismengruppen und erläutern Sie deren Bedeutung für den dargestellten Kreislauf (Material 1).

[10 BE]

- b) Stellen Sie zuerst die Abhängigkeit der Fotosyntheserate der Tomatenpflanzen von der Temperatur in einem Diagramm dar und begründen Sie anschließend Ihre Darstellung unter Verwendung der Fachbegriffe (Material 2).

[13 BE]

- c) Beurteilen Sie unter Angabe von zwei Aspekten das „Tomatenfisch-Projekt“ hinsichtlich seines Verbrauchs an Ressourcen im Vergleich zum Ansatz, bei dem Fischzucht und Tomatenanbau getrennt voneinander betrieben werden (Material 1 und 2).

[6 BE]

- d) Begründen Sie das gemeinsame Vorkommen der drei Grundelarten in der Weser. Werten Sie dazu Material 3 aus.

[11 BE]

Hinweis:

Alle in den Aufgabenstellungen bzw. in den Materialien verwendeten Abkürzungen dürfen im Lösungstext verwendet werden.

Quellen:

Abituraufgaben Biologie. Baden-Württemberg, 2017 und Nordrhein-Westfalen, 2018
<https://www.igb-berlin.de>

Material 1

Aquaponik ist eine spezielle Form der Aquakultur, in der die Aufzucht von Wassertieren mit dem Anbau von Pflanzen kombiniert wird. Das „Tomatenfisch-Projekt“ des Berliner Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) war eines der ersten europäisch geförderten Projekte zur nachhaltigen Nahrungsmittelproduktion. Im „Tomatenfisch-Projekt“ (siehe Abbildung 1) werden in einem Gewächshaus gleichzeitig Süßwasserfische in Aquakultur und Tomaten in Hydrokultur gezüchtet. Im Biofilter der Aquakultur werden die sich im Brauchwasser der Fische anreichernden organischen Stoffe mithilfe von aeroben Bakterien abgebaut, bevor das Wasser zur Hydrokultur der Tomatenpflanzen gelangt. Durch die Transpiration der Tomatenpflanzen entsteht Wasserdampf. Dieser kondensiert über eine Kühlfalle und gelangt als Wasser zur Aquakultur. Das Bremer Unternehmen Watertuun versucht mit seiner Aquaponik-Farm in der Überseestadt einen kommerziellen Ansatz.

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 1: „Tomatenfisch-Projekt“

Material 2

Tomatenpflanzen (*Lycopersicon esculentum*; siehe Abbildung 2) sind empfindlich gegenüber Frost und sterben bei Temperaturen unter 5 °C ab. Über 13 °C beginnt ihre Wachstumsphase. Bei dieser Temperatur sind die im „Tomatenfisch-Projekt“ verwendeten Fische noch wenig aktiv. Fische und Tomaten haben eine Vorliebe für eine Umgebungstemperatur von 26 °C, sodass sie bei dieser Temperatur im Gewächshaus gehalten werden. Bei Temperaturen über 34 °C findet kein Pflanzenwachstum mehr statt und auch das Fischwachstum verringert sich. Bei längeren Wärmeperioden über 40 °C verwelken die Tomatenpflanzen.

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 2: Tomatenpflanzen

Material 3

In deutschen Flüssen, mittlerweile auch in der Weser vor Bremen, existieren zahlreiche aus dem wärmeren Schwarzmeerraum eingewanderte Fischarten. Zu diesen Arten zählen auch die Schwarzmaulgrundel (SG; *Neogobius melanostomus*), die Kesslergrundel (KG; *Ponticola kessleri*) und die Flussgrundel (FG; *Neogobius fluviatilis*; siehe Abbildung 3). Die Grundeln besitzen eine trichterförmige Saugscheibe als Bauchflosse, mit der sie sich an Steinen und Schiffsrümpfen anheften können. Die ungefähr 20 cm großen Fische können so als „Anhalter“ mit Schiffen mitreisen. In Tabelle 3 sind ausgewählte Merkmale der Grundelarten zusammengestellt.

Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

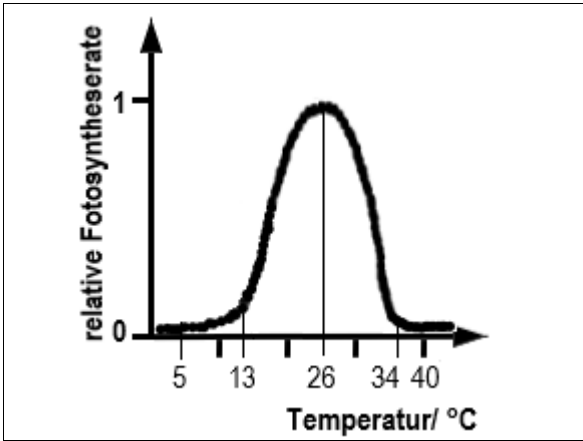
Abb. 3: Flussgrundel (links) und Kesslergrundel

Name	Schwarzmaulgrundel (SG; <i>Neogobius melanostomus</i>)	Kesslergrundel (KG; <i>Ponticola kessleri</i>)	Flussgrundel (FG; <i>Neogobius fluviatilis</i>)
Hauptnahrung	Krebstiere, Schnecken, Muscheln	Krebstiere, Insekten, kleine Fische	
Habitat	besiedelt Uferbefestigungen aus Blocksteinen, an denen sie sich mit der Saugscheibe anheften; diese bieten Schutz bei Wellengang, Strömung und vor Räubern und dienen als Laichplatz		besiedelt sandigen Boden, der auch als Laichplatz dient
Fortpflanzung	mehrmals im Jahr; Schlupfereignisse der Jungfische über mehrere Monate zeitlich verteilt	einmal im Jahr; Schlupfereignisse der Jungfische konzentriert auf einen Monat	mehrmals im Jahr; Schlupfereignisse der Jungfische über mehrere Monate zeitlich verteilt
Laichzeit	Mai bis September	März bis Mai	April bis September

Tab. 3: Ausgewählte Merkmale der drei Grundelarten

Aufgabe 3

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt - Der vorliegende Erwartungshorizont ist als Musterlösung zu verstehen. Fachlich gleichwertige Lösungen und Begründungen sind möglich, sofern die Materialien korrekt einbezogen wurden.		Bewertung		
		I	II	III
a)	Es läuft die Zellatmung ab: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \longrightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ Die erste Organismengruppe im Stoffkreislauf sind die Produzenten, hier die Tomatenpflanzen, die Sauerstoff und Biomasse aus anorganischen Ausgangsstoffen erzeugen. Die zweite Organismengruppe sind die Konsumenten, hier die Fische, die Biomasse verstoffwechseln, um den eigenen Stoff- und Energiehaushalt abzudecken. Dabei geben sie CO₂ und Wasser ab. Die dritte Organismengruppe sind die Destruenten, hier die Bakterien, die Biomasse wie organische Ausscheidungen und abgestorbene Organismen mineralisieren.	3		
b)	 Die Abhängigkeit der Temperatur von der Fotosyntheserate lässt sich als Toleranzkurve darstellen. Das Temperaturminimum für den Stoffwechsel der Tomatenpflanze und damit auch der Fotosynthese liegt bei 5 °C. Oberhalb dieser Temperatur steigt die Fotosyntheserate aufgrund der RGT-Regel exponentiell an und erreicht bei 13 °C die Grenze ihres Pessimums. Bei höheren Temperaturen überwiegt bei den gegebenen Lichtbedingungen die Fotosynthese gegenüber der Pflanzenatmung und ein Pflanzenwachstum findet statt. Bei einer Temperatur von 26 °C wird das Optimum erreicht. Bei Temperaturen oberhalb des Optimums verlangsamen sich die Stoffwechselprozesse, also auch die Fotosyntheserate, das Pessimum wird bei 34 °C erreicht. Es kommt zur allmählichen Denaturierung der Fotosyntheseenzyme. Das Temperaturmaximum liegt bei 40 °C. Oberhalb dieser Temperaturen ist die Denaturierung der Enzyme vollständig. Die Fotosynthese kommt zum Erliegen und es folgt das Absterben der Pflanze.	2	2	
		2	7	

c)	Es ist ein sinnvolles Projekt, da die für das Wachstum der Organismen wichtigen Ressourcen in einem Kreislaufsystem geschont werden. Zum einen wird durch den geschlossenen Wasserkreislauf der Wasserverbrauch geringer gehalten und das verunreinigte Abwasser ständig aufbereitet. Zum anderen können Abfallstoffe der Fische als Dünger für die Tomatenpflanzen genutzt werden, wodurch die Menge an zugesetztem Düngemittel reduziert werden kann. Dies geschieht dadurch, dass die organischen Abfälle der Fischkultur durch Bakterien in ihre Mineralstoffe zersetzt werden.		2	4
d)	Alle drei Grundelarten stehen in interspezifischer Konkurrenz um denselben Lebensraum und können nach dem Konkurrenzausschlussprinzip nur dann dauerhaft gemeinsam koexistieren, wenn sich ihre ökologischen Nischen in anderen Aspekten unterscheiden. Betrachtet man ihre Hauptnahrung, so herrscht zwischen den drei Arten eine interspezifische Konkurrenz um Krebstiere. Jedoch dienen für SG auch Schnecken und Muscheln als zusätzliche Nahrungsquelle. KG sowie FG können weiterhin auf Insekten und kleine Fische zurückgreifen. Obwohl KG und FG das gleiche Nahrungsspektrum aufweisen, ist die interspezifische Konkurrenz reduziert, da sie in unterschiedlichen Habitaten vorkommen. Während FG sandige Böden bevorzugt, ist KG sowie SG eher an Uferbefestigungen anzutreffen. Des Weiteren unterscheiden sich die drei Arten hinsichtlich des Zeitpunktes ihrer Fortpflanzung. So laichen SG und KG zwar im gleichen Habitat, aber zu unterschiedlichen Zeiten. Nur im Monat Mai kommt es zu einer interspezifischen Konkurrenz um die besten Laichplätze. Da SG sich im Gegensatz zu KG mehrmals im Jahr paart, schlüpfen ihre Jungtiere zeitlich über mehrere Monate verteilt. Eine Konkurrenzsituation zu KG wird dadurch vermieden. FG tritt diesbezüglich in keine Konkurrenz, da sie auf sandigem Boden laicht. Aufgrund der verschiedenen Merkmale unterscheiden sich die ökologischen Nischen der drei Grundelarten, sodass ein Vorkommen im selben Lebensraum möglich ist.	3	6	2
Verteilung der insgesamt 40 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		14	20	6

Quellenangaben

Titelbild

<https://mwu.sachsen-anhalt.de/klimaschutz/klimawandel/> (04.12.2021)

Abbildung 1

http://www.tomatenfisch.igb-berlin.de/tl_files/tomatenfisch/bilder/Tomatenfisch_Grafik476.jpg (28.08.2021)

Abbildung 2

<https://img.gartenjournal.net/wp-content/uploads/Tomaten-im-Gew%C3%A4chshaus.jpg> (26.11.2021)

Abbildung 4.1

<https://de.wikipedia.org/wiki/Flussgrundel> (27.11.2021)

Teilaufgabe a) bis c)

Abituraufgabe Biologie, Leistungskurs, Aufgabe 3. Baden-Württemberg, 2017.

https://www.igb-berlin.de/sites/default/files/media-files/download-files/IGB_Broschuere_Der_Tomatenfisch_Deutsch.pdf (28.08.2021)

<https://watertuin.de> (28.08.2021)

<https://www.tomaten.de> (28.08.2021)

Teilaufgabe d)

Abituraufgabe Biologie, Leistungskurs, Aufgabe 1. Nordrhein-Westfalen, 2018.

<https://www.biologischestationlippe.de/besondere-beobachtungen/im-jahr-2016/grundeln-und-andere-neozoen-auf-dem-vormarsch/> (27.11.2021)

Brunken, H., Castro, J.F., Hein, M., Verwold, A. und Winkler, M.: Erstnachweis der Schwarzmund-Grundel *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) in der Weser. *Lauterbornia* 75: 31-37 (2012).