

I Erläuterungen

Voraussetzungen gemäß KCGO und Abiturerlass in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung

Standardbezug

Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzen sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht ausgewiesene Kompetenzen für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzen in engem Bezug zueinander stehen. Die Operationalisierung des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

Aufgabe	Kompetenzen									
	F1	F2	E1	E2	E3	K1	K2	K3	B1	B2
1	X		X	X						
2		X			X					
3					X		X			
4			X						X	
5		X					X			
6	X	X	X							
7	X						X			
8	X						X	X		
9		X		X						
10							X			

Inhaltlicher Bezug

Q1: Genetik und Gentechnik

Q3: Neurobiologie und Verhaltensbiologie

verbindliche Themenfelder: Von der DNA zum Protein (Q1.1), Gene und Gentechnik (Q1.2), Human-genetik (Q1.3), Neurobiologie (Q3.1)

II Lösungshinweise und Bewertungsraster

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, sind ebenso zu akzeptieren.

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
1	<u>Benennung der Netzhautbestandteile:</u> 1 Pigmentzellen 2 Stäbchen 3 Zapfen 4 Horizontalzellen 5 Bipolarzellen 6 Amakrinzellen 7 Ganglienzellen 8 Sehnerv <u>Zusammenfassung der wesentlichen Merkmale der Verteilung der Fotorezeptoren:</u> Die Dichte der Stäbchen ist nahezu überall höher als die der Zapfen. Sie ist bei einem Sehinkel von etwa 15° (temporal) bzw. 25° (nasal) am höchsten und nimmt zur Peripherie hin jeweils konstant ab. In der zentralen Sehgrube befinden sich keine Stäbchen. Die höchste Dichte an Zapfen liegt in der zentralen Sehgrube, außerhalb dieses Bereichs nimmt die Dichte der Zapfen schlagartig ab und in der Peripherie ist ihre Anzahl nur noch gering. An der Stelle (blinder Fleck), an der die Nervenfasern das Auge verlassen, gibt es keine Fotorezeptoren.	4 4
2	<u>Materialbezogene Beschreibung und Erläuterung der Signaltransduktion in einem Stäbchen der Netzhaut von der Absorption des Lichtes bis einschließlich der Erregung der Bipolarzellen:</u> Die Absorption von Licht bewirkt eine Umwandlung von Rhodopsin in Metarhodopsin. Das auf diese Weise aktivierte Pigment bindet das Membranprotein Transducin, welches in seine aktive Form übergeht und so wiederum das Enzym Phosphodiesterase aktiviert. Phosphodiesterase katalysiert die Umwandlung von cGMP zu GMP. Die Natriumionen-Kanäle, die im Dunkeln durch gebundenes cGMP offengehalten werden, schließen sich bei Abwesenheit von cGMP. Dadurch können keine Natriumionen mehr von außen in das Cytoplasma der Stäbchen diffundieren. Das Sinken der Membranpermeabilität für Natriumionen führt zu einer Hyperpolarisation des Fotorezeptors. Dadurch unterbleibt die Ausschüttung des Transmitters Glutamat an der Synapse mit den nachgeschalteten Bipolarzellen. Damit wird die bei Dunkelheit wirksame Hemmung der Bipolarzelle aufgehoben: Natriumionen strömen in die Bipolarzelle ein, da die glutamatabhängigen Natriumionen-Kanäle der Bipolarzellen geöffnet sind, wenn kein Glutamat gebunden ist. Die Bipolarzelle wird depolarisiert.	12
3	<u>Beschreibung und Erläuterung von Struktur und Funktion des CNG-Kanals der Zapfen bei normalsichtigen Menschen unter Einbeziehung der Abbildung in Material 5:</u> Ein funktionierender CNG-Kanal besteht aus 4 Untereinheiten (je 2 α- und 2 β-Untereinheiten), die jeweils aus 6 membranständigen Segmenten sowie 2 endständigen Abschnitten bestehen. Jede der 4 Untereinheiten verfügt über eine Bindungsstelle für cGMP, welches sich bei Belichtung am Ende der Signalkaskade von der Bindungsstelle löst. Durch die damit einhergehende Konformationsänderung schließt sich der Kanal. Dadurch wird der Natriumionen-Einstrom in den Zapfen unterbrochen.	7

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
4	<u>Erklärung des Zusammenhangs zwischen den Mutationen und der Signalverarbeitung einschließlich der Farbwahrnehmung und der Wahrnehmung von Grautönen bei der im Material 4 beschriebenen Form der Achromatopsie unter Einbeziehung der Abbildung 4.2:</u> Die Mutation führt aufgrund veränderter Aminosäuren im Bereich der cGMP-Bindestelle zu veränderten Eigenschaften der α-Untereinheit des CNG-Kanalproteins und damit zu einer erhöhten Empfindlichkeit der cGMP-Bindestelle. Die erhöhte Empfindlichkeit führt dazu, dass nahezu jeder CNG-Kanal mit einem cGMP-Molekül besetzt ist. Infolgedessen bleibt der Ionenkanal geöffnet und Natriumionen diffundieren dauerhaft in das Zellinnere. Die daraus resultierende Depolarisation des Zapfens (bzw. unterbliebene Hyperpolarisation) bewirken eine dauerhafte Ausschüttung von Glutamat und damit auch die Hemmung der Signalübertragung auf die nachfolgende Bipolarzelle. Die Weiterleitung der Erregung zum Gehirn unterbleibt. Da die Membranproteine der Stäbchen nicht von den Mutationen betroffen sind, kann Licht von den Stäbchen absorbiert werden und es kommt bei Anwesenheit von Licht ohne Beeinträchtigung zu einer Hyperpolarisation, wodurch die Ausschüttung von Glutamat gehemmt wird und ein Signal an die Bipolarzelle weitergeleitet werden kann. Grautöne können daher wahrgenommen werden.	9 4
5	<u>Erklärung der bei Achromatopsie zusätzlich auftretenden Symptome der verminderten Sehschärfe und des Nystagmus:</u> <u>Verminderte Sehschärfe bei Achromatopsie:</u> Die Dichte der Zapfen ist im zentralen Bereich der Netzhaut (Sehgrube) maximal und entspricht dem Bereich des schärfsten Sehens. Da bei Personen mit Achromatopsie die Zapfen funktionslos sind bzw. nur eingeschränkt funktionieren, ist auch die Sehschärfe bei diesen Personen stark beeinträchtigt. <u>Nystagmus:</u> Da bei Betroffenen die Zapfen im zentralen Bereich der Netzhaut, der zentralen Sehgrube, nicht funktionsfähig sind, wird durch das ständige Augenzittern sichergestellt, dass Licht auf die benachbarten Stäbchen fällt und so die Fehlfunktion zumindest in Ansätzen kompensiert werden kann.	3 3
6	<u>Analyse des Stammbaums im Hinblick auf mögliche Vererbungsmodi:</u> Die Vererbung erfolgt rezessiv, da mit den Personen 14 und 15 zwei phänotypisch gesunde Eltern ein erkranktes Kind (25) haben. Gegen eine X-chromosomal-rezessive Vererbung spricht zum einen, dass Frauen und Männer fast gleich häufig von der Erkrankung betroffen sind, und zum anderen, dass aus der Verbindung einer erkrankten Mutter (4) und eines gesunden Vaters (5) eine kranke Tochter (12) sowie neben einem erkrankten Sohn (18) auch zwei gesunde Söhne (16 und 17) hervorgehen. Die Vererbung erfolgt also autosomal-rezessiv. <u>Erläuterung der verwendeten Symbole:</u> mutiertes Allel = a; nicht mutiertes Allel = A <u>Zuordnung der Genotypen:</u> 4= aa; 5= Aa; 24= AA oder Aa	5 1 2

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
7	<u>Unterrichtsbezogene Beschreibung eines Prinzips der Vermehrung eines DNA-Virus:</u> Im lytischen Zyklus wird die vom Virus eingeschleuste DNA mit Hilfe des zellulären Proteinbiosyntheseapparates exprimiert und die entsprechenden Viren-Proteine werden gebildet. Außerdem wird die Viren-DNA repliziert. Die neu gebildeten Viren-Proteine setzen sich mit der replizierten Viren-DNA spontan zu neuen Viren zusammen. Die Viren werden aus der Zelle freigesetzt. oder: Im lysogenen Zyklus wird die injizierte Viren-DNA zunächst in das Genom der Zelle integriert und bei jeder Zellteilung mitverdoppelt. Die virale DNA kann spontan oder bedingt durch äußere Einflüsse wieder aus dem Genom ausgeschnitten werden und in den lytischen Zyklus eintreten.	6
8	<u>Beschreibung und Erläuterung des Verfahrens einer Gensatztherapie bei einem Patienten mit Achromatopsie vom CNGA3-Typ:</u> Die sogenannte Expressionskassette, die in diesem Fall das CNGA3-Gen enthält, das die Polypeptidkette der α-Untereinheiten des CNG-Proteins codiert, und der zapfenspezifische Opsin-Promotor, der später für die Expression des CNG-Gens in Zapfen benötigt wird, ersetzen das AAV-Genom. Die ITR-Sequenzen, die eine wichtige Rolle bei der Verpackung einzelsträngiger AAV-Genome sowie bei der Replikation spielen, bleiben dabei erhalten. Rep- und Cap-Gen sind auf einem sog. CapRep-Plasmid untergebracht. Ein weiteres Plasmid, das sogenannte Helferplasmid, enthält die viralen Helfer-Gene E4, E2A und VA. Nach der dreifachen Infektion (Expressionskassette, Cap-Rep-Plasmid und Helferplasmid) einer HEK-Zelle geht diese daraufhin in die Zellteilung über. Hierfür sind die Genprodukte des Helferplasmids, die viralen Gene E1A und E1B, die im Genom der HEK-Zellen eingebaut sind, zusammen mit den Genprodukten des Rep-Gens notwendig. Alle Voraussetzungen zur Replikation der Expressionskassette sind damit erfüllt. Die für die replizierten DNA-Sequenzen (Expressionskassette) notwendigen Virenhüllen sind die vom Cap-Gen exprimierten Capsid-Proteine, während die Genprodukte der ITR-Sequenzen bei der Verpackung der rAAV-DNA behilflich sind. Nach Fertigstellung der kompletten rAAV löst sich die Zellmembran der HEK-Zellen auf und die rAAV werden freigesetzt. Daran schließt sich eine Reinigungsphase an, um hochreine rAAV (frei von Zellresten, die aus der Lyse der HEK-Zellen stammen) für den Einsatz am Patienten zu gewinnen. Erreichen die Viruspartikel die Fotorezeptorschicht, binden sie spezifisch an die Zielzellen der Netzhaut (Zapfen) an. Anschließend setzen sie die neue genetische Information frei, die daraufhin extrachromosomal im Zellkern verweilt. Das CNGA3-Gen kann nun mit dem zapfenspezifischen Promotor zu funktionsfähigen α-Untereinheiten des CNG-Kanals exprimiert werden. Mit den entsprechenden zur Verfügung stehenden β-Untereinheiten des CNG-Kanals werden sie als funktionsfähige Ionen-Kanäle in die Zapfenmembran eingebaut. Diese gentherapeutisch veränderten Zapfen sind nun fähig, die wichtige Funktion im Signaltransduktionsweg auszuüben, so dass die Voraussetzung für die Farbwahrnehmung erreicht wird.	6 6 5 8

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
9	<u>Entwicklung einer Hypothese auf Grundlage von Material 5, die erklärt, dass bei einer Genersatztherapie zur Behandlung der Achromatopsie keine Gefahr des Zelltods besteht:</u> Eine Überexpression des CNGA3-Gens wird möglicherweise durch die Verfügbarkeit der β -Untereinheiten des CNG-Kanals kompensiert und wird daher nicht zum Zelltod führen. Diese Besonderheit folgt aus dem Bau des CNG-Kanals. In den Zapfen setzt sich dieser Kanal aus zwei α - und zwei β -Untereinheiten zusammen. Das würde bedeuten, dass auch bei Überexpression von CNGA3 nur die übliche Menge an CNG-Kanälen in die Außensegmente der Zapfen eingebaut wird. Der Zapfen erhält dadurch uneingeschränkt seine Funktionsfähigkeit.	8
10	<u>Begründung der Aussage, dass das Auge ein besonders geeignetes Organ für die Erforschung und Kontrolle von Genersatztherapien ist:</u> Als doppelt angelegtes, leicht zugängliches kleines Organ hat das Auge viele Vorteile für die Forschung. Therapierfolge können mit zahlreichen zur Verfügung stehenden Messverfahren, die wenig Aufwand erfordern, wie z.B. Tests zur Schleistung, gut kontrolliert werden. Das zweite zunächst nicht behandelte Auge kann als Kontrolle benutzt werden. Das Auge ist für eine gezielte Injektion gut erreichbar und es reicht eine kleine Menge viraler Vektoren aus.	7
	Summe	100

III Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

In den modernen Fremdsprachen ist nach den Bestimmungen des § 9 Abs. 13 OAVO in Verbindung mit dem „Erlass zur Bewertung und Beurteilung von schriftlichen Arbeiten in allen Grund- und Leistungskursen der neu beginnenden und fortgeführten modernen Fremdsprachen in der gymnasialen Oberstufe, dem beruflichen Gymnasium, dem Abendgymnasium und dem Hessenkolleg“ vom 7. August 2020 (ABl. S. 519) die sprachliche Leistung kriteriengeleitet zu bewerten. Bei der Bewertung und Beurteilung der Übersetzungsleistung in den Fächern Latein und Altgriechisch sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 14 OAVO in Verbindung mit Anlage 9c anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO sowie Anlage 9c zu § 9 Abs. 14 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Bei der Bewertung und Beurteilung ist auch die Intensität der Bearbeitung zu berücksichtigen. Als Bewertungskriterien dienen über das Inhaltliche hinaus qualitative Merkmale wie Strukturierung, Differenziertheit, sprachliche Gestaltung und Schlüssigkeit der Argumentation.

Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass insgesamt 45% der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass insgesamt 75% der zu vergebenden BE erreicht werden.

Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen

Aufgabe	Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen			Summe
	AFB I	AFB II	AFB III	
1	8			8
2	8	4		12
3	3	4		7
4		8	5	13
5		4	2	6
6		8		8
7	6			6
8	5	20		25
9			8	8
10		2	5	7
Summe	30	50	20	100

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.

IV Quellen

Material 1 basiert auf:

URL: <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/390/1/Diss-Altwein.pdf> (abgerufen am 07.05.2019).

URL: <http://www.dma.ufg.ac.at/app/link/Grundlagen%3AAAllgemeine/module/16457?step=2> (abgerufen am 04.06.2019).

Regine Klink: Nachts sind alle Katzen grau: Unterricht Biologie, Heft 288/ 289, Friedrich Verlag, Okt./ Nov. 2003, S. 21.

Werner A. Müller et al.: Tier und Humanphysiologie, 5. Auflage, Berlin, 2015, S. 579–583.

Material 2 basiert auf:

Joachim Becker et al.: Biosphäre, Sekundarstufe II Neurobiologie, Berlin, 2017, S. 75.

Joachim Becker et al.: Biosphäre, Sekundarstufe II Neurobiologie Klausurenheft, Berlin, 2016, S. 39.

Andrea Erdmann et al.: Grüne Reihe Neurobiologie, Braunschweig, 2005, S. 45.

Neil A. Campbell, Jane B. Reece: Biologie, 8. Auflage, München, 2011, S. 1481.

Michael Walory, Elsbeth Westendorf-Bröring: Biologie heute SII, Lehrermaterialien Teil 1, Braunschweig, 2012, S. 187.

Dr. Mathias Ebel et al.: Grüne Reihe Neurobiologie, Braunschweig, 2015, S. 74–76.

Material 3 basiert auf:

Andrea Erdmann et al.: Grüne Reihe Neurobiologie, Braunschweig, 2005, S. 45.

Dr. Mathias Ebel et al.: Grüne Reihe Neurobiologie, Braunschweig, 2015, S. 74–76.

Material 4 basiert auf:

URL: <http://apickert.ch/farbenblindheit.pdf> (abgerufen am 05.05.2019).

URL: https://www.uni-muenchen.de/aktuelles/medien/einsichten/archiv/2010/naturwissenschaften/licht_2010.pdf (abgerufen am 05.05.2019).

Joachim Becker et al.: Biosphäre, Sekundarstufe II Neurobiologie Klausurenheft, Berlin, 2016, S. 39.

URL: http://juser.fz-juelich.de/record/26448/files/Juel_4037_Traenkner.pdf (abgerufen am 26.06.2020).

**Biologie
Leistungskurs****Lösungs- und Bewertungshinweise
Vorschlag C****Material 5 basiert auf:**

URL: https://publikationen.uni-tuebingen.de/xmlui/bitstream/handle/10900/49451/pdf/Dissertation_Timm_Kraetzig.pdf?sequence=1&isAllowed=y (abgerufen am 05.05.2019).

URL: <http://apickert.ch/farbenblindheit.pdf> (abgerufen am 05.05.2019).

URL: https://www.uni-muenchen.de/aktuelles/medien/einsichten/archiv/2010/naturwissenschaften/licht_2010.pdf (abgerufen am 05.05.2019).

URL: <http://oops.uni-oldenburg.de/1629/1/kraunt13.pdf> (abgerufen am 11.05.2019).

URL: <https://www.scinexx.de/news/biowissen/ursache-fuer-farbenblindheit-aufgeklaert/> (abgerufen am 05.05.2019).

Neil A. Campbell, Jane B. Reece: Biologie, 8. Auflage, München, 2011, S. 1481.

URL: http://juser.fz-juelich.de/record/26448/files/Juel_4037_Traenkner.pdf (abgerufen am 26.06.2020).

Material 6 basiert auf:

Michael Walory, Elsbeth Westendorf-Bröring: Biologie heute SII, Lehrermaterialien Teil 1, Braunschweig, 2012, S. 136.

Material 7 basiert auf:

URL: <https://silo.tips/download/die-funktion-der-viralen-phospholipase-a-2-whrend-der-infektion-des-adeno-assozi> (abgerufen am 01.05.2020).

URL: https://edoc.ub.uni-muenchen.de/15723/1/Koch_Susanne.pdf (abgerufen am 29.04.2020).

URL: https://edoc.ub.uni-muenchen.de/8856/1/Herold_Tobias.pdf (abgerufen am 01.05.2020).

URL: <http://archiv.ub.uni-marburg.de/diss/z2007/0642/pdf/dop.pdf> (abgerufen am 29.04.2020).

URL: https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/7311/Endfassung1_%2BFormatierung_-LL.pdf?sequence=1&isAllowed=y (abgerufen am 29.04.2020).

URL: <https://europepmc.org/article/med/10982365> (abgerufen am 01.05.2020).

URL: http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/4439/1/Doktorarbeit_gesamt.pdf (abgerufen am 18.02.2021).

Material 8 basiert auf:

URL: https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/6074/diss_m_a_plauth.pdf (abgerufen am 29.04.2020).

URL: https://edoc.ub.uni-muenchen.de/8856/1/Herold_Tobias.pdf (abgerufen am 01.05.2020).

Material 9 basiert auf:

URL: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/pdf/10.1055/s-0034-1368180.pdf> (abgerufen am 12.04.2020).

URL: <https://flexikon.doccheck.com/de/HEK-Zelle> (abgerufen am 12.04.2020).

URL: https://ediss.sub.uni-hamburg.de/frontdoor.php?source_opus=9158&la=de (abgerufen am 01.05.2020).

URL: http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/4439/1/Doktorarbeit_gesamt.pdf (abgerufen am 29.04.2020).

URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/HEK-Zellen> (abgerufen am 29.04.2020).

URL: <https://www.gesundheitsindustrie-bw.de/fachbeitrag/aktuell/gentherapie-am-auge-erstmal-in-deutschland> (abgerufen am 29.04.2020).

URL: https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/6074/diss_m_a_plauth.pdf (abgerufen am 29.04.2020).

URL: https://www.researchgate.net/publication/318238320_Gentherapie_zur_Behandlung_von_Netzhauterkrankungen (abgerufen am 01.05.2020).

URL: <https://www.gesundheitsindustrie-bw.de/fachbeitrag/aktuell/gentherapie-am-auge-erstmal-in-deutschland> (abgerufen am 14.06.2020).

Material 10 basiert auf:

URL: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/pdf/10.1055/s-0034-1368180.pdf> (abgerufen am 12.04.2020).