

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	X	X		
3		X					X	X		
4		X								
5			X						X	

Inhaltlicher Bezug

Q1: Genetik und Gentechnik

verbindliche Themenfelder: Von der DNA zum Protein (Q1.1), Gene und Gentechnik (Q1.2)

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>Unterrichtsbezogene Beschreibung des Prinzips der Vermehrung eines DNA-Virus:</u> z.B. Vermehrung eines Bakteriophagen (lytischer oder lysogener Zyklus): Im lytischen Zyklus wird die vom Phagen injizierte DNA mit Hilfe des bakteriellen Proteinbiosyntheseapparates exprimiert und die entsprechenden Phagen-Proteine werden gebildet. Außerdem wird die Phagen-DNA repliziert. Die neu gebildeten Phagen-Proteine setzen sich mit der replizierten Phagen-DNA spontan zu neuen Phagen zusammen. Die Bakterienzellwand wird enzymatisch aufgelöst und die Phagen freigesetzt. oder Im lysogenen Zyklus wird die injizierte Phagen-DNA zunächst in das Bakteriengenom 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

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
2	<u>Beschreibung und Erläuterung der Phasen des Wirkmechanismus von CRISPR/Cas9:</u> Der Wirkmechanismus läuft in drei Phasen ab: Immunisierungsphase In dieser Phase wird eine Art Archiv für die spezifische parasitäre Phagen-DNA aufgebaut. Nach der Erstinfektion durch virale DNA werden die bakteriellen Gene für Cas 1 und Cas 2 transkribiert und translatiert, sodass die Proteine Cas 1 und Cas 2 gebildet werden. Diese schneiden in der Nähe der PAM-Sequenz ein DNA-Fragment, den Protospacer (im Material Fragment 4) heraus. Es entsteht ein Komplex bestehend aus Protospacer-DNA-Fragment und Cas1+2-Proteinen. Das DNA-Fragment wird als neues Spacerelement (4) in den CRISPR-DNA-Bereich des Wirtsgenoms integriert. Expressions- und Prozessierungsphase In dieser Phase werden unterschiedliche funktionsfähige CRISPR/Cas9-Komplexe gebildet. Diese bestehen jeweils aus drei Teilen: der tracr-RNA, dem Cas9-Protein und einer crRNA. Der CRISPR-DNA-Bereich wird zunächst als Ganzes transkribiert, wodurch eine prä-crRNA entsteht. Außerdem werden tracr-RNAs direkt von dem entsprechenden DNA-Bereich in der Nähe der CRISPR-DNA transkribiert. Mithilfe des RNA spaltenden Enzyms RNaseIII wird die prä-crRNA in einzelne crRNA-Stücke zerkleinert, die zusammen mit tracrRNA und Cas9-Protein verschiedene CRISPR/Cas9-Komplexe bilden, entsprechend der ursprünglichen Anzahl der unterschiedlichen Spacer des bakteriellen CRISPR-DNA-Bereiches. Interferenzphase (Zweitinfektion) Nach der erneuten Infektion durch bekannte Phagen erfolgt in diesem Schritt die Wiedererkennung der viralen DNA mit Hilfe der entsprechenden crRNA des CRISPR-Cas9-Komplexes (im Bsp. crRNA 4). Da diese crRNA komplementär zu der entsprechenden charakteristischen Sequenz der Phagen-DNA ist, kann mit ihrer Hilfe die Endonuklease Cas9 an diese Stelle der Phagen DNA anlagern, sodass die parasitäre DNA spezifisch zerschnitten und damit unschädlich gemacht werden kann.	6 8 6
3	<u>Erklärung, wodurch verhindert wird, dass in der Interferenzphase auch das bakterielle Genom selbst zerstört wird:</u> Der einzige Unterschied zwischen bakterieller und viraler DNA besteht nach der Erstinfektion mit dem entsprechenden Phagentyp darin, dass in der viralen DNA dem Protospacer ein charakteristisches Basen-Triplett PAM benachbart ist. Daraus lässt sich schließen, dass dieses Triplett dem CRISPR/Cas9-Komplex wahrscheinlich dazu dient, zwischen bakterieller und viraler DNA zu unterscheiden, sodass gezielt nur letztere zerschnitten wird, das bakterielle Genom hingegen intakt bleibt.	6
4	<u>Erklärung, wie der CRISPR/Cas9-Komplex aufgebaut sein muss, sodass er als gentechnisches Werkzeug Sequenzen auch in anderer DNA gezielt schneiden kann:</u> Die an die tracr-RNA angehängte künstliche RNA-Sequenz als Ersatz für die cr-RNA muss komplementär zur Zielsequenz in der DNA sein. Wird dieses Konstrukt dann mit der Endonuklease Cas9 verbunden, kann der Komplex die entsprechende DNA-Sequenz gezielt schneiden (sofern in der Zielsequenz PAM benachbart vorhanden ist).	6

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
5	<u>Beurteilung des Verfahrens des Genome-Editings im Vergleich zur Mutagenesezüchtung anhand des dargestellten Beispiels:</u> Das Genome-Editing ist gegenüber der Mutagenesezüchtung wesentlich spezifischer und schneller. Bei der klassischen Züchtung müssen zunächst die Varianten mit der gewünschten Eigenschaft für die weitere Züchtung ausgewählt werden. Danach muss in einem langwierigen und aufwändigen weiteren Kreuzungsprozess versucht werden, den Genombereich mit dem gewünschten Gen in die gewünschte Pflanzensorte zu übertragen und gleichzeitig die übrigen, unerwünschten Genomanteile weitmöglichst zu reduzieren. Eine vorangeschaltete Mutagenese erhöht zwar die Variabilität und damit die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer gewünschten Eigenschaft, die Mutationen erfolgen aber zufällig und können somit auch andere Gene ungewollt verändern oder zerstören. Beim Genome-Editing mit CRISPR/Cas9 kann das Gen für Virussensitivität hingegen gezielt ausgeschaltet werden, wenn dessen Sequenz bekannt ist. (Außerdem kann dieser Prozess gleichzeitig in allen Allelen eines Gens erfolgen.) Der Schneidekomplex muss lediglich künstlich hergestellt und in die Pflanzenzelle eingebracht werden. Außerdem sind keine weiteren zeit- und arbeitsaufwändigen Kreuzungsschritte nötig, es müssen aus isolierten Pflanzenzellen nur wieder ganze Pflanzen regeneriert werden. Trotz der vergleichsweise hohen Genauigkeit schneiden jedoch auch CRISPR/Cas9-Komplexe manchmal unspezifisch, was zu ungewollten Mutationen führen könnte. Allerdings ist vermutlich die Gefahr hier deutlich geringer als bei der Verwendung von unspezifischen Mutagenen, wie z.B. radioaktiver Strahlung.	6 6
	Summe	50

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 kriteriengeleiteten Bewertung der sprachlichen Leistung in den modernen Fremdsprachen (Bewertungsraster)“ vom 22.11.2016 (ABl. S. 648) die sprachliche Leistung kriteriengeleitet zu bewerten.

Bei der Berechnung von Prozentwerten und Fehlerindizes gemäß Anlage 9 OAVO werden die berechneten Werte nicht gerundet. Für die Umrechnung von Prozentanteilen der erbrachten Leistungen in Punkte ist Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO anzuwenden. 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 und Schlüssigkeit der Argumentation.

Im Fach Biologie besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung je eines Vorschlags aus den Aufgabengruppen A und B, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass insgesamt 46% der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass insgesamt 76% 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	6			6
2	9	11		20
3		4	2	6
4		5	1	6
5		5	7	12
Summe	15	25	10	50

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

IV Quellen

Material 1 basiert auf:

URL: <http://www.pflanzenforschung.de/de/journal/journalbeiträge/wie-crisprcas-funktioniert-eine-einfache-technologie-ve-10496> (abgerufen am 15.01.2017).

URL: <http://www.scienceinschool.org/content/faster-cheaper-crispr-new-gene-technology-revolution> (abgerufen am 15.01.2017).

Margaret Knox; Gezielter Einblick ins Erbgut, in: Spektrum der Wissenschaft-Kompakt 9/2015, S. 4–11.

Ralf Wagner, Ümit Pul.: Abwehr gegen Fremd-DNA durch das bakterielle Crispr/Cas-System. Biospektrum 4/2011, S.393-395.

URL: http://pubman.mpdl.mpg.de/pubman/item/escidoc:2110283/component/escidoc:2125359/Diploma_Borschiwer.pdf (abgerufen am 15.01.2017).

URL: <http://www.pnas.org/content/112/20/6245>, (abgerufen am 15.01.2017).

URL: <http://www.ethikrat.org/dateien/pdf/jt22062016Vogel.pdf> (abgerufen am 15.01.2017).

Material 2 basiert auf:

Hall, S.: Gentechnik im Tarnmantel. Spektrum der Wissenschaft 8/2016, S. 54–62.

Juliette Irmer, Gentechnik ohne Gene? Spektrum der Wissenschaft-Kompakt 9/2015, S. 23–27.

Jan Osterkamp; Gentechnik-Innovation auch für die Landwirtschaft, Spektrum der Wissenschaft-Kompakt 9/2015, S. 39.

URL: <http://www.bfr.bund.de/cm/343/anwendung-neuer-techniken-der-genom-modifikation-in-der-pflanzenzuechtung.pdf> (abgerufen 15.01.2017).

URL: http://www.innoplanta.de/fileadmin/user_upload/Pdf/Pdf_Innoplanta-Forum/InnoPlantaForum2016_Hartung.pdf (abgerufen 15.01.2017).

Stephen S. Hall, Gentechnik im Tarnmantel; Spektrum der Wissenschaft 8, 2016, S. 54–63.

URL: <http://www.transgen.de/forschung/2537.kreuzen-gentechnik-genome-editing-pflanzenzuechtung.html> (abgerufen 15.01.2017).