

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									
2			X			X		X		
3			X			X			X	
4	X					X				
5		X	X					X		
6		X		X			X			
7	X						X			
8		X								
9		X	X							
10		X		X			X			

Inhaltlicher Bezug

Q1: Genetik und Gentechnik

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

Q2: Ökologische und stoffwechselphysiologische Zusammenhänge

verbindliche Themenfelder: Strukturierung von Ökosystemen an einem Beispiel (Q2.1), Grundlegende Stoffwechselprozesse: Fotosynthese und Grundlagen der Zellatmung (Q2.2)

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 Angabe der Gesamtsummengleichung sowie der Ausgangsstoffe, Energieäquivalente und Produkte der Teilabschnitte:</u> Gesamtsummengleichung: $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 + 6 H_2O \rightarrow 6 CO_2 + 12 H_2O$ – Glykolyse: Aus Glucose (sowie NAD^+ und $ADP+P_i$) entstehen Pyruvat sowie $NADH+H^+$ und ATP. – Oxidative Decarboxylierung: Aus Pyruvat (und CoA sowie NAD^+) entstehen CO_2 und Acetyl-CoA sowie $NADH+H^+$. – Citratzyklus: Aus Acetyl-CoA (und H_2O sowie NAD^+, ADP (bzw. GDP) + P_i und FAD) entstehen CO_2 (und CoA) sowie $NADH+H^+$, $FADH_2$ und ATP (bzw. GTP). – Endoxidation: Aus $NADH+H^+$, $FADH_2$, $ADP+P_i$ und O_2 entstehen H_2O, NAD^+, FAD und ATP.	10
2	<u>Darstellung der Besonderheiten der abiotischen Faktoren des Biotops Spülsaum für die dort vorkommenden Pflanzen:</u> Der Boden im Bereich des Spülsaums ist nährstoffreich aufgrund des Eintrags von organischem Material durch die Winterstürme. Die Bodentemperaturen können kurzfristig stark schwanken, einerseits durch Überflutung mit Meerwasser, andererseits durch Aufheizen des Sandes durch Sonneneinstrahlung. Starker Wind erhöht die Transpiration. Der Wassergehalt des Bodens wechselt stark wegen der geringen Fähigkeit des Sandes, Wasser zu speichern. Der Salzgehalt des Bodens schwankt aufgrund des salzhaltigen Bodenwassers und je nach Häufigkeit und Menge der Überflutung des Spülsaums sowie unterschiedlicher Niederschlagsmengen. Wind und Sandverfrachtungen stellen zudem eine mechanische Belastung für in diesem Bereich vorkommenden Pflanzen dar. <u>Analyse der Keimungsexperimente im Zusammenhang mit Material 1, auch in Bezug zu den Bedingungen an möglichen natürlichen Standorten des Meersenfs:</u> Abb. 2.1: Die Samen des Meersenfs keimen am besten ohne Salz. Zunehmender Salzgehalt bewirkt eine Verzögerung der Keimung und eine Verringerung des Anteils gekeimter Samen nach 9 Tagen. Ein Salzgehalt ab ca. 1,8% bewirkt eine fast vollständige Keimungshemmung. Das bedeutet, dass lediglich an der Ostsee eine Keimung möglich ist, da hier der Salzgehalt des Meerwassers entsprechend gering ist. An Stränden des Mittelmeers, der Nordsee oder des Atlantiks können die Samenkörner nur keimen, wenn das Meerwasser im Untergrund ausreichend verdünnt wird, z.B. durch Regen. Abb. 2.2: Salzhaltiges Wasser bewirkt aber nur eine Hemmung der Keimung, die Samenkörner sterben nicht ab. Die Ergebnisse zeigen, dass die Samenkörner auch noch keimen können, wenn der Salzgehalt zu einem späteren Zeitpunkt verringert wird, z.B. durch destilliertes Wasser im Versuch bzw. Regen in der Natur.	5 5 3

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
3	<u>Prüfung der Eignung des Meersenfs als Nutzpflanze auf versalzene Böden:</u> Die Ergebnisse der Experimente lassen den Schluss zu, dass der Europäische Meersenf zum Anbau als Nutzpflanze auf nicht zu stark versalzene Böden geeignet ist: Die Pflanzen liefern bei einer NaCl-Konzentration von 0,29–0,59% den höchsten Ertrag pro Pflanze an der im Öl enthaltenen wertvollen Erucasäure. Zwar ist die Masse der einzelnen Samen etwas geringer als bei einem Wachstum ohne NaCl, das wird aber durch die deutlich erhöhte Zahl der Samen pro Pflanze sowie den höheren Ölgehalt und den höheren Gehalt des Öls an Erucasäure mehr als kompensiert. Bei Salzkonzentrationen über 0,59% steigt zwar der Anteil an Erucasäure noch etwas an. Dieser Effekt wird aber durch einen deutlich niedrigeren Ertrag an Samen pro Pflanze und die geringere Masse der einzelnen Samen zunichte gemacht.	10
4	<u>Beschreibung des Glyoxylatzyklus:</u> Acetyl-CoA bindet an Oxalacetat. CoA wird freigesetzt und es entsteht Citrat, das in Isocitrat umgewandelt wird. Durch die Isocitrat-Lyase (IL) wird Isocitrat in Glyoxylat und Succinat gespalten. Das gebildete Succinat wird in den Citratzyklus eingeschleust. Glyoxylat reagiert mit Acetyl-CoA zu Malat, wodurch CoA freigesetzt wird. Malat wird zu Oxalacetat umgewandelt, wobei NAD^+ zu $\text{NADH} + \text{H}^+$ reduziert wird. <u>Darstellung der Unterschiede zum Citratzyklus:</u> <i>Es soll keine Beschreibung des Citratzyklus erfolgen, sondern die Unterschiede bezüglich sinnvoll gewählter Kategorien dargestellt werden.</i> Der Glyoxylatzyklus enthält weniger Teilschritte als der Citratzyklus. Nur im Citratzyklus entsteht (in zwei Schritten) CO_2. Im Glyoxylatzyklus wird dagegen der C6-Körper (Isocitrat) in einen C2- und einen C4-Körper (Glyoxylat und Succinat) gespalten, ohne dass CO_2 frei wird. Im Glyoxylatzyklus wird ein zweites Acetyl-CoA eingeschleust. Im Glyoxylatzyklus werden im Gegensatz zum Citratzyklus keine Energieäquivalente (ATP) gebildet. Als Reduktionsäquivalente entsteht im Glyoxylat-Zyklus pro Umlauf 1 $\text{NADH} + \text{H}^+$, während im Citratzyklus pro Umlauf 3 $\text{NADH} + \text{H}^+$ und 1 FADH_2 freigesetzt werden.	6 8
5	<u>Deutung der experimentellen Ergebnisse:</u> In den ersten Tagen der Keimung nimmt zum einen die Menge des Hauptreservestoffs Fett langsam ab, zum anderen sinkt auch die geringe Masse an gespeicherten Kohlenhydraten (Zucker/Stärke) im Nährgewebe des Samenkorns, da beide Stoffe zu Acetyl-CoA abgebaut werden. Acetyl-CoA kann in den Citrat-Zyklus eingespeist werden. Gleichzeitig steigt die Menge der Isocitrat-Lyase an. Das zeigt, dass zunehmend die Glyoxisomen aktiviert werden, sodass der Glyoxylatzyklus ablaufen kann. Nach drei Tagen beginnt die Masse des Fettes rapide zu sinken, weil das Fett verstärkt abgebaut wird. Aus dem entstehenden Acetyl-CoA werden im Glyoxylatzyklus Glyoxylat und Succinat gebildet, wodurch zusätzliches Oxalacetat entsteht, welches zur Gluconeogenese verwendet werden kann. Die Kohlenhydratmenge im Nährgewebe steigt trotzdem zunächst nicht an, was sich mit dem Abtransport der gebildeten Kohlenhydrate in den Keimling erklären lässt. Erst wenn sich durch die stark zunehmende IL-Menge die Gluconeogenese zusätzlich beschleunigt, steigt die Kohlenhydratmenge an (ab dem 5. Tag).	5 7

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
	Ab Tag 9 steigt die IL-Menge nicht entscheidend weiter und nimmt ab Tag 12 rapide ab. Dies liegt daran, dass die Glyoxysomen und deren Enzyme (IL) abgebaut werden, weil die Fettreserven aufgebraucht sind. Der Gehalt des Nährgewebes an Kohlenhydraten sinkt infolgedessen ab Tag 12, da kaum noch Gluconeogenese erfolgt und die gebildeten Zucker in den Keimling transportiert werden.	4
6	<u>Erklärung der Bedeutung der Regulation der Aktivitäten der Enzyme IDH und IL während der Keimung:</u> Während der Keimung ist eine Regulation der Aktivitäten von IDH und IL erforderlich, da Citrat- und Glyoxylatzyklus gemeinsame Zwischenprodukte verwenden. Bei Bedarf der Zellen an ATP muss bevorzugt der Citratzyklus ablaufen, da hier sowohl direkt ATP (bzw. GTP) gebildet wird als auch Reduktionsäquivalente entstehen, die in der Endoxidation zur ATP-Bildung verwendet werden. Dies wird erreicht, indem ATP-Mangel die IDH stimuliert und die IL hemmt, sodass bevorzugt die Decarboxylierung des Isocitrats im Citratzyklus abläuft. Bei ausreichendem Angebot an ATP wird dagegen die IDH inaktiviert. ATP stimuliert außerdem die IL, wodurch das Isocitrat bevorzugt gespalten wird und der Glyoxylatzyklus abläuft. Dadurch kann die für den Keimling wichtige Gluconeogenese möglichst effektiv verlaufen. Durch den Verbrauch von ATP in der Gluconeogenese und die Hemmung des Citratzyklus kann aber wiederum ein ATP-Mangel resultieren, was sich wiederum förderlich auf IDH auswirkt.	8
7	<u>Unterrichtsbezogene Beschreibung der Translation:</u> Zu Beginn lagern sich die große und kleine Untereinheit der Ribosomen und die mRNA zusammen. Am Startcodon AUG beginnt die Proteinsynthese. In einem sich wiederholenden Zyklus bindet eine tRNA, die spezifisch mit einer Aminosäure beladen ist, über ein Anticodon an die mRNA. In einer komplexen Reaktion verschiebt sich das Ribosom um ein Codon und eine weitere beladene tRNA tritt hinzu. Zeitgleich findet eine Verknüpfung der einzelnen Aminosäure mit der wachsenden Polypeptidkette statt. Die frei gewordene tRNA verlässt das Ribosom. Erreicht ein Stoppcodon innerhalb der mRNA die tRNA-Bindungsstelle, kommt es zur Beendigung der Translation. Der Translationskomplex zerfällt und das Polypeptid wird freigesetzt.	9
8	<u>Angabe der Sequenz der beiden DNA-Stränge:</u> codogener Strang: 3' ... AAC CGA ATA CAC ... 5' nicht-codogener Strang: 5' ... TTG GCT TAT GTG ... 3' <u>Angabe der Aminosäuresequenz des Proteins:</u> Leu Ala Tyr Val	4 2
9	<u>Zeigen der Regulation der Expression des IL-Gens:</u> Die Messwerte (Abb. 7.3) zeigen, dass das Gen zu Keimungsbeginn so gut wie gar nicht transkribiert wird, erkennbar daran, dass der Anteil der IL-mRNA an der gesamten RNA sehr gering ist. Erst nach Beginn der Keimung wird das Gen aktiviert und in hohem Maße transkribiert, wodurch der Anteil der IL-mRNA stark ansteigt bis zum Maximum am zweiten Tag. Danach geht der Anteil der IL-mRNA bis zum fünften Tag wieder auf den Ausgangswert zurück, was auf eine Deaktivierung des Gens schließen lässt.	6

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
10	<u>Entwicklung einer Modellvorstellung zur Regulation der Expression des IL-Gens, die zur Erklärung des in Material 8 dargestellten Versuchsergebnisses geeignet ist:</u> <i>Es soll (unterrichtsabhängig) eine mögliche schlüssige Modellvorstellung entwickelt werden, z.B.:</i> – Acetat (oder Acetyl-CoA) bindet an einen Transkriptionsfaktor, der dadurch aktiviert wird. Der aktivierte Transkriptionsfaktor bindet an eine regulatorische DNA-Region vor dem IL-Gen. Dadurch wird die Bindung der RNA-Polymerase erleichtert, sodass das Gen verstärkt transkribiert und die mRNA anschließend translatiert werden kann. – Acetat bindet an einen Transkriptionsfaktor, der an einen Silencer gebunden ist und dadurch die Expression des IL-Gens unterdrückt. Durch die Bindung von Acetat wird der Transkriptionsfaktor inaktiviert und die Genexpression gefördert. – Acetat hemmt ein Enzym, das die DNA-Methylierung fördert, wodurch die Chromatinstruktur im Bereich des IL-Gens aufgelockert und für die RNA-Polymerase zugänglich wird.	8
		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	10			10
2		13		13
3		8	2	10
4	5	9		14
5		6	10	16
6		4	4	8
7	9			9
8	6			6
9		6		6
10		4	4	8
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: https://www.biologie-seite.de/Biologie/Europ%C3%A4ischer_Meersenf (abgerufen am 13.03.2019).

URL: <https://www.bund.net/themen/tiere-pflanzen/pflanzen/meersenf/> (abgerufen am 13.03.2019).

URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Europ%C3%A4ischer_Meersenf (abgerufen am 13.03.2019).

URL: https://www.pflanzen-deutschland.de/Cakile_maritima.html (abgerufen am 13.03.2019).

Jürgen Nieder und Thomas Landolt (Hg.): Europäischer Meersenf-ein Leben mit Salz, Sand und Trockenheit, in: Unterricht Biologie, Heft 366, Friedrich Verlag, Juli 2011, S. 8–10.

Abbildung:

URL: <https://mapio.net/pic/p-565171/> (abgerufen am 18.04.2019).

Material 2 basiert auf:

Jürgen Nieder und Thomas Landolt (Hg.): Europäischer Meersenf-ein Leben mit Salz, Sand und Trockenheit, in: Unterricht Biologie, Heft 366, Friedrich Verlag, Juli 2011, S. 8–10.

URL: https://www.researchgate.net/publication/226774156_Salinity_Effects_on_Germination_Growth_and_Seed_Production_of_the_Halophyte_Cakile_maritima, S. 180-183 (abgerufen am 10.05.2020).

Material 3 basiert auf:

URL: https://www.researchgate.net/publication/256939531_Ecophysiological_and_genomic_analysis_of_salt_tolerance_of_Cakile_maritima, S. 64, 68, 69 (abgerufen am 08.10.2019).

URL: https://www.researchgate.net/publication/226774156_Salinity_Effects_on_Germination_Growth_and_Seed_Production_of_the_Halophyte_Cakile_maritima, S. 186 (abgerufen am 10.05.2020).

URL: <https://www.bund.net/themen/tiere-pflanzen/pflanzen/meersenf/> (abgerufen am 13.03.2019).

Material 4 basiert auf:

URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Glyoxylatzyklus> (abgerufen am 18.04.2019).

URL: www.spektrum.de/lexikon/biologie/glyoxylatzyklus/28717 (abgerufen am 18.04.2019).

Material 5 basiert auf:

URL: https://etc.usf.edu/clipart/29700/29757/pineseed_29757.htm (abgerufen am 30.05.2019).

URL: <http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/46/3/475.full.pdf>, S. 477 (abgerufen am 01.05.2019).

**Biologie
Leistungskurs****Lösungs- und Bewertungshinweise
Vorschlag A**

Material 6 basiert auf:

URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Isocitrat-Dehydrogenase> (abgerufen am 24.2.2020).

David Nelson, Michael Cox: Lehninger Biochemie, 3. Aufl. 1. korr. Nachdruck, Berlin 2005, S. 632, 636, 637.

URL: <https://www.pnas.org/content/pnas/86/22/8635.full.pdf>, S. 8635 (abgerufen am 29.04.2019).

Material 7 basiert auf:

URL: <http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/86/2/527.full.pdf>, S. 529–531 (abgerufen am 24.02.2020).

Material 8 basiert auf:

URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1164768/pdf/biochemj00510-0163.pdf>, S. 150 (abgerufen am 09.10.2019).