

– Lösungshinweise –

Musterprüfung Nr. 002 für das Fachabitur
zum Erwerb der Fachhochschulreife
an Fachoberschulen und Berufsoberschulen

Biologie

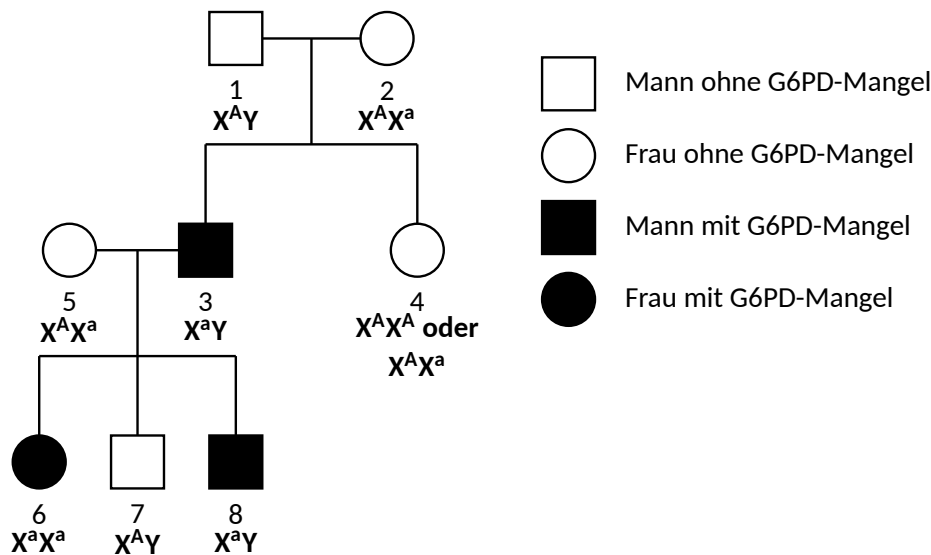
Ausbildungsrichtung Agrarwirtschaft,
Bio- und Umwelttechnologie

Notenschlüssel:	Note	Punkte	Bewertungseinheiten	
			von	bis
	+	15	100	96
	1	14	95	91
	–	13	90	86
	+	12	85	81
	2	11	80	76
	–	10	75	71
	+	9	70	66
	3	8	65	61
	–	7	60	56
	+	6	55	51
	4	5	50	46
	–	4	45	41
	+	3	40	34
	5	2	33	27
	–	1	26	20
	6	0	19	0

Ergibt die Gesamtsumme der Bewertungseinheiten n,5, so wird einmalig zugunsten des Prüflings aufgerundet.

BE

4 1.1.1 Stammbaumschema (gefüllte Symbole: G6PD-Mangel; Genotypen aus 1.1.2):



Bewertung: 2 BE alle acht Personen mit richtigem Symbol (Geschlecht, Merkmal) und Nummer, 1 BE Partner- und Abstammungslinien, 1 BE Legende. Ob Betroffene oder Nicht-Betroffene ausgefüllt dargestellt werden, ist frei, wenn die Legende es angibt.

- 7 1.1.2 – Autosomal-dominant ist ausgeschlossen: Die Eltern 1 und 2 haben keinen G6PD-Mangel, ihr Sohn 3 aber schon. Ein dominantes Allel müsste von einem Elternteil stammen, der dann selbst betroffen wäre.
- X-chromosomal-dominant ist ausgeschlossen: Ein Sohn erhält sein X-Chromosom von der Mutter. Person 3 ist betroffen, seine Mutter 2 nicht.
 - Y-chromosomal ist ausgeschlossen: Auch eine Frau (Person 6) ist betroffen; zudem hat der nicht betroffene Vater 1 einen betroffenen Sohn.
 - Autosomal-rezessiv ist ausgeschlossen: Person 3 müsste dann aa sein und je ein a von beiden Eltern haben. Laut Gentest trägt Person 1 aber kein verändertes Allel.
 - Damit bleibt der **X-chromosomal-rezessive Erbgang**: Person 3 hat sein X^a von der Mutter 2 (Konduktorin); die betroffene Tochter 6 hat je ein X^a vom Vater 3 und von der Mutter 5, die deshalb ebenfalls Konduktorin ist.

Genotypen: 1: $X^A Y$, 2: $X^A X^a$, 3: $X^a Y$, 4: $X^A X^A$ oder $X^A X^a$, 5: $X^A X^a$, 6: $X^a X^a$, 7: $X^A Y$, 8: $X^a Y$

Bewertung: 1 BE Erbgang, je 1 BE Ausschluss autosomal-dominant und X-chromosomal-dominant (zusammen 2 BE), 1 BE Ausschluss autosomal-rezessiv mithilfe des Gentests, 1 BE Ausschluss Y-chromosomal, 2 BE Genotypen (je fehlender oder falscher Genotyp -0,5 BE, höchstens -2 BE; bei Person 4 müssen beide Möglichkeiten genannt sein).

- 3 1.1.3 Person 4 ist mit der Wahrscheinlichkeit $\frac{1}{2}$ Konduktorin ($X^A X^a$): Ihre Mutter 2 ist $X^A X^a$, ihr Vater 1 gibt X^A weiter. Partner ohne G6PD-Mangel: $X^A Y$. Für den Fall, dass Person 4 Konduktorin ist:

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

	X ^A	Y
X ^A	X ^A X ^A	X ^A Y
X ^a	X ^A X ^a	X ^a Y

Keimzellen der Mutter (Person 4) links, des Vaters oben.

Die Hälfte der Söhne ist dann X^aY.

Wahrscheinlichkeit für einen Sohn mit G6PD-Mangel: $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$, also **25 %**.

Bewertung: 1 BE Wahrscheinlichkeit $\frac{1}{2}$ für eine Konduktorin, 1 BE Kreuzungsquadrat, 1 BE Ergebnis. Nur 50 % (Konduktorin vorausgesetzt) ergibt 2 BE.

- 4 **1.2.1** mRNA: komplementär zum codogenen Strang, von 5' nach 3', U statt T; Übersetzung mit der Codesonne von innen nach außen:

Triplett-Position		185	186	187	188	189	190	
DNA ohne Mangel	... 3' -	CTG	TAG	CCG	AGG	GTG	AAG	- 5' ...
mRNA ohne Mangel	... 5' -	GAC	AUC	GGC	UCC	CAC	UUC	- 3' ...
Aminosäuren ohne Mangel	... -	Asp	Ile	Gly	Ser	His	Phe	- ...
DNA Variante 1	... 3' -	CTG	TAG	CCG	AAG	GTG	AAG	- 5' ...
mRNA Variante 1	... 5' -	GAC	AUC	GGC	UUC	CAC	UUC	- 3' ...
Aminosäuren Variante 1	... -	Asp	Ile	Gly	Phe	His	Phe	- ...

Bewertung: je 1 BE mRNA ohne Mangel, mRNA Variante 1, Aminosäuren ohne Mangel, Aminosäuren Variante 1 (Folgefehler nicht doppelt werten).

- 5 **1.2.2 Variante 1:** Triplett 188, zweites Nukleotid ausgetauscht (AGG → AAG, mRNA UCC → UUC): Punktmutation (Substitution), **Missense-Mutation**. Statt Serin (Ser) wird Phenylalanin (Phe) eingebaut. Das Enzym hat die volle Länge; die neue, größere und unpolare Aminosäure kann die Raumstruktur verändern, sodass das Enzym weniger aktiv oder weniger stabil ist.

Variante 2: Das Triplett 186 (TAG, mRNA AUC) fehlt: **Deletion** von drei aufeinanderfolgenden Nukleotiden (eines ganzen Triplets). Dem Enzym fehlt die Aminosäure Isoleucin (Ile); alle folgenden Aminosäuren sind unverändert (der Ausschnitt lautet Asp Gly Ser His Phe Glu). Die Lücke kann die Raumstruktur stören.

Hypothese: Fehlen drei aufeinanderfolgende Basen, bleibt das Leseraster erhalten – es fehlt nur eine Aminosäure, der Rest des Proteins stimmt. Fehlt dagegen eine einzelne Base, verschiebt sich das Leseraster (Rasterverschiebung): Ab der Mutation werden alle Triplets anders gelesen, es entstehen völlig andere Aminosäuren und meist bald ein Stoppcodon, sodass das Protein funktionslos ist.

Bewertung: je 1 BE Art der Mutation bei Variante 1 und 2, 2 BE Folgen für das Enzym (je Variante 1 BE), 1 BE Hypothese mit Begründung über das Leseraster.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

- 5 **1.3**
- Variabilität: Das Allel für G6PD-Mangel ist durch Mutation entstanden und kommt in der Bevölkerung neben dem unveränderten Allel vor.
 - Selektion: In den Niederungen war die Malaria häufig. Menschen mit G6PD-Mangel erkrankten seltener schwer und starben seltener an Malaria; sie hatten mehr überlebende Nachkommen (Selektionsvorteil), obwohl der G6PD-Mangel bei Ackerbohnen oder bestimmten Medikamenten ein Nachteil ist.
 - Vererbung: Die Nachkommen erbten das Allel; über viele Generationen wurde es in den Gebieten mit Malaria häufiger (natürliche Selektion).
 - Bezug zu Abbildung 2: In hoch gelegenen Dörfern gab es kaum Malaria, also keinen Vorteil – dort blieb der Anteil gering (3 % gegenüber 24 % in den Niederungen).

Bewertung: 1 BE Mutation/Variabilität, 2 BE Selektionsvorteil durch Schutz vor schwerer Malaria, 1 BE Vererbung und Zunahme über Generationen, 1 BE Bezug zur Höhenlage. Lamarckistische Erklärungen („die Menschen passten sich an die Malaria an“) erhalten keine BE.

28

BE

- 5 **2.1** Vergleich: Beide Kurven steigen bis etwa 55 °C ähnlich an (etwa Verdopplung je 10 K). Die β -Amylase hat ihr Optimum bei etwa 63 °C, die α -Amylase bei etwa 74 °C. Oberhalb des Optimums fallen beide Kurven steil ab; die β -Amylase ist bei 75 °C fast inaktiv (etwa 2 %), die α -Amylase hat dort noch etwa 95 % ihrer höchsten Aktivität.

Erklärung:

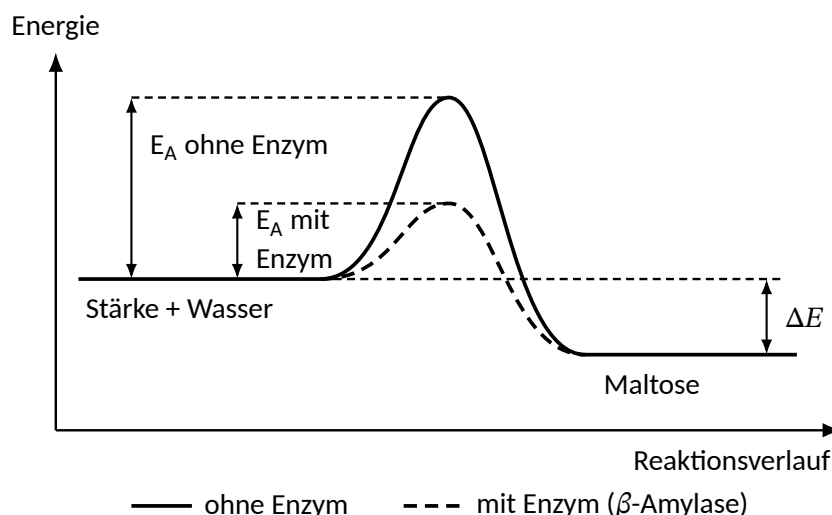
- Anstieg (RGT-Regel): Mit der Temperatur bewegen sich Enzym- und Substratmoleküle schneller; Enzym-Substrat-Komplexe bilden sich häufiger.
- Abfall: Bei hoher Temperatur wird die Raumstruktur der Enzyme zerstört (Denaturierung, z. B. Lösen von Wasserstoffbrücken); das aktive Zentrum passt nicht mehr zum Substrat.
- Unterschied: Die α -Amylase ist hitzestabiler; ihre Raumstruktur wird erst bei höherer Temperatur zerstört.

Bewertung: 1 BE Optima abgelesen, 1 BE gemeinsamer Anstieg mit RGT-Regel, 2 BE Abfall durch Denaturierung, 1 BE die α -Amylase ist hitzestabiler.

- 3 **2.2** Von der Hefe vergoren wird vor allem die Maltose, die die β -Amylase bildet. Bei etwa 63 °C arbeitet die β -Amylase im Optimum (etwa 100 %), die α -Amylase ist mit etwa 55 % ebenfalls aktiv und schafft durch ihre Spaltungen im Inneren zusätzliche Kettenenden. Bei 72 °C ist die β -Amylase fast inaktiv; es entstehen vor allem Dextrine, das Bier bleibt süßer und alkoholärmer. Der Brauer sollte die Maische deshalb längere Zeit bei etwa 63 °C halten.

Bewertung: 1 BE Maltose der β -Amylase wird vergoren, 1 BE Aktivitäten bei beiden Temperaturen abgelesen, 1 BE Urteil.

- 4 **2.3** Energieschema (qualitativ):



Das Enzym senkt die Aktivierungsenergie; die freigesetzte Reaktionsenergie (ΔE) ist mit und ohne Enzym gleich.

Bewertung: 1 BE Achsen beschriftet, 1 BE beide Kurven mit Ausgangs- und Endprodukten (Endprodukte energieärmer), 1 BE Aktivierungsenergie ohne und mit Enzym, 1 BE gleiche Reaktionsenergie.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

- 6 2.4 Beschreibung: Mit Belüftung (A) entstehen je Gramm Glucose etwa 0,50 g neue Hefe und kein Ethanol. Unter Luftabschluss (B) entstehen nur etwa 0,10 g Hefe, aber etwa 0,44 g Ethanol.

Erklärung:

- A: aerober Abbau (Zellatmung). Glykolyse im Cytoplasma, Abbau der Brenztraubensäure im Mitochondrium (Citratzyklus) zu CO_2 ; NADH/H^+ gibt in der Atmungskette Elektronen und Protonen an Sauerstoff ab (Wasser). Es entsteht viel ATP, das die Hefe für Wachstum und Vermehrung nutzt.
- B: alkoholische Gärung. Glykolyse: $\text{Glucose} \rightarrow 2 \text{ Brenztraubensäure}$, 2 ATP, 2 NADH/H^+ . Die Brenztraubensäure wird zu Ethanal (Acetaldehyd) decarboxyliert (CO_2), das mit NADH/H^+ zu Ethanol reduziert wird.
- Bedeutung der Bildung von Ethanol: Dabei wird NAD^+ zurückgebildet. Ohne Sauerstoff kann NADH/H^+ nicht über die Atmungskette oxidiert werden; ohne NAD^+ käme die Glykolyse, die einzige ATP-Quelle, zum Stillstand.

Bewertung: 2 BE Beschreibung beider Ansätze, 1 BE aerober Abbau in A, 2 BE alkoholische Gärung in B mit Ethanol und CO_2 , 1 BE Regeneration von NAD^+ .

- 4 2.5 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{CO}_2$ (+ 2 ATP aus 2 ADP + 2 P)

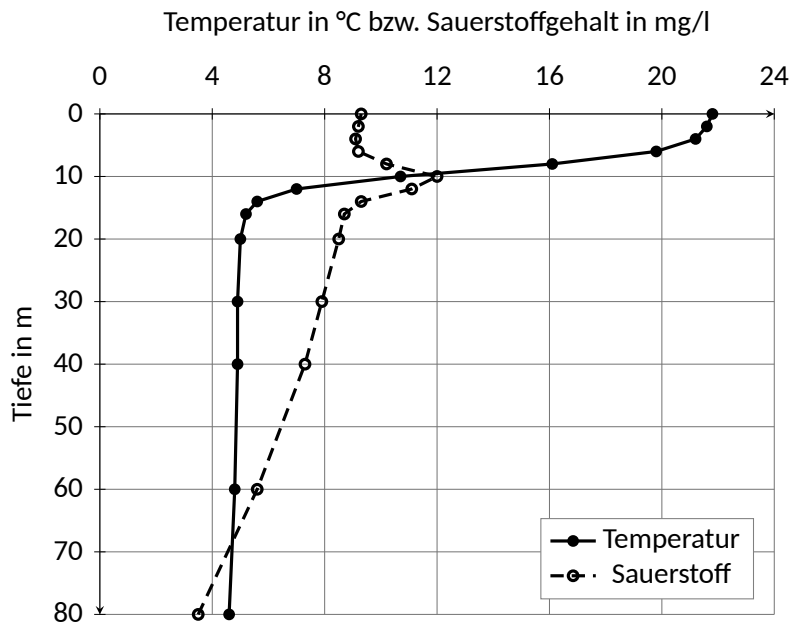
Die Gärung liefert je Glucose nur 2 ATP (aus der Glykolyse); im Ethanol bleibt viel Energie ungenutzt. Der aerobe Abbau zu CO_2 und Wasser liefert ein Vielfaches davon (Schulbücher: etwa 30 bis 38 ATP). Für den Aufbau neuer Zellen steht der Hefe in Ansatz B deshalb je Gramm Glucose viel weniger Energie zur Verfügung – es entsteht nur etwa ein Fünftel der Menge an Hefe von Ansatz A.

Bewertung: 1 BE Gleichung, 1 BE 2 ATP je Glucose bei der Gärung, 1 BE aerober Abbau liefert vielfach mehr ATP (keine genaue Zahl verlangt), 1 BE Zusammenhang mit der geringeren Ausbeute an Hefe.

22

BE

- 5 3.1 Diagramm (Tiefe nach unten aufgetragen, beide Größen mit eigener Beschriftung oder gemeinsamer Achse):



Bewertung: 1 BE Tiefe als nach unten gerichtete Achse (oder sinngemäß), 2 BE beide Größen mit Skala und Einheit, 1 BE Werte richtig eingetragen und verbunden, 1 BE Legende bzw. eindeutige Kennzeichnung. Eine Darstellung mit der Tiefe auf der waagrechten Achse ist ebenfalls zulässig.

- 5 3.2
- Deckschicht (Epilimnion, 0 bis etwa 6 m): warm (etwa 20 bis 22 °C), durch Wind durchmischt.
 - Sprungschicht (Metalimnion, etwa 6 bis 12 m): Die Temperatur fällt auf kurzer Strecke stark ab (mehr als 1 °C je Meter).
 - Tiefenschicht (Hypolimnion, unterhalb von etwa 12 m): kalt (etwa 5 °C). Das warme, leichtere Wasser liegt auf dem kalten, dichteren Wasser; die Schichten mischen sich nicht.
 - Sauerstoff: Oben produzieren Algen und Cyanobakterien (Produzenten) durch Photosynthese Sauerstoff. Unterhalb von 14 m reicht das Licht für die Fotosynthese kaum noch aus; Destruenten bauen absinkende tote Biomasse ab und verbrauchen dabei Sauerstoff. Weil kein Austausch mit der Oberfläche stattfindet, nimmt der Sauerstoffgehalt zum Grund hin ab (3,5 mg/l in 80 m).
 - Phase: **Sommerstagnation**.

Bewertung: 2 BE drei Schichten mit Tiefen, 1 BE Begründung der Schichtung über die Dichte, 1 BE Sauerstoff durch Produzenten, 1 BE Abnahme des Sauerstoffs durch Destruenten ohne Austausch; die Benennung „Sommerstagnation“ ist in diesen BE enthalten (ohne sie höchstens 4 BE).

- 4 3.3
- In 12 m Tiefe kommt vor allem grünes Licht an (Maximum bei etwa 556 nm); blaues und rotes Licht wurden in den oberen Wasserschichten bereits absorbiert.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

- Chlorophyll a absorbiert grünes Licht kaum. Phycoerythrin hat sein Absorptionsmaximum bei etwa 562 nm, also genau im Bereich des vorhandenen Lichts. Es gibt die aufgenommene Lichtenergie an die Fotosynthese weiter (Fotosynthesefarbstoff).
- Deshalb betreibt die Burgunderblutalge in 10 bis 12 m Tiefe Fotosynthese und setzt Sauerstoff frei: Dort liegt das Maximum des Sauerstoffgehalts (12,0 mg/l in 10 m), höher als an der Oberfläche; darunter nimmt er wieder ab.

Bewertung: 1 BE grünes Licht in der Tiefe, 1 BE Chlorophyll absorbiert grün kaum, 1 BE Phycoerythrin nutzt grünes Licht, 1 BE Maximum des Sauerstoffgehalts im Bereich der Fäden.

- 3 **3.4** Z. B.: Die Burgunderblutalge nimmt den einzelligen Algen Licht und Mineralstoffe weg (Konkurrenz); diese werden seltener. Den Wasserflößen (Primärkonsumenten) steht weniger Nahrung zur Verfügung, ihre Zahl sinkt – und damit auch die Nahrung der Fische (Sekundärkonsumenten). Ein großer Teil der Biomasse wird nicht gefressen, sondern sinkt ab und wird von Destruenten abgebaut (zusätzlicher Sauerstoffverbrauch in der Tiefe).

Bewertung: 1 BE Fäden werden kaum gefressen, Energie gelangt kaum zu den Konsumenten, 1 BE Folge für höhere Trophiestufen, 1 BE Abbau durch Destruenten bzw. Konkurrenz mit anderen Algen.

- 3 **3.5** Nur bei der Vollzirkulation im Winter bzw. Frühjahr gelangt sauerstoffreiches Wasser von der Oberfläche bis zum Grund. Bleibt sie aus, wird das Tiefenwasser nicht mit Sauerstoff aufgefüllt; die Destruenten verbrauchen beim Abbau weiter Sauerstoff. Der Sauerstoffgehalt sinkt von Jahr zu Jahr weiter, bis am Grund Sauerstoffmangel herrscht: Tiere der Tiefe (z. B. Fische) können dort nicht mehr leben, und aus dem Schlamm werden Phosphat und giftige Stoffe freigesetzt.

Bewertung: 1 BE ohne Vollzirkulation kein Sauerstoff in die Tiefe, 1 BE Sauerstoffverbrauch durch Destruenten, 1 BE Folge (Sauerstoffmangel, Tiere, Freisetzung von Phosphat).

20

BE

- 5 **4.1**
- Licht wird in den Fotosystemen von Chlorophyll und weiteren Farbstoffen absorbiert; im Reaktionszentrum werden Elektronen auf ein höheres Energieniveau angehoben und abgegeben.
 - Fotolyse des Wassers: Am Fotosystem II wird Wasser gespalten; die Elektronen ersetzen die abgegebenen, Sauerstoff wird frei, Protonen bleiben im Thylakoidinnenraum.
 - Elektronentransportkette: Die Elektronen gelangen über Überträger in der Thylakoidmembran zum Fotosystem I, werden dort erneut angeregt und schließlich auf NADP⁺ übertragen: NADPH/H⁺ entsteht.
 - Beim Elektronentransport werden Protonen in den Thylakoidinnenraum gepumpt; es entsteht ein Protonengradient.
 - Die Protonen strömen durch die ATP-Synthase zurück ins Stroma; dabei wird ATP aus ADP und P gebildet (chemiosmotisches Modell).

Bewertung: je 1 BE Lichtabsorption in den Fotosystemen, Fotolyse mit Sauerstoff, Elektronentransport zu NADP⁺, Protonengradient, ATP-Synthase.

- 6 **4.2** Beschreibung: Unterhalb von etwa 50 ppm ist die Netto-Fotosyntheserate bei beiden Lichtstärken negativ (Zellatmung überwiegt). Bei schwachem Licht steigt sie bis etwa 400 ppm an und bleibt dann bei etwa 8,0 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ nahezu konstant. Bei starkem Licht steigt sie viel höher und auch über 1000 ppm noch weiter an (bei 400 ppm etwa 16, bei 1000 ppm etwa 26 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$).

Erklärung:

- Im ansteigenden Teil ist CO₂ der begrenzende Faktor: Mehr CO₂ wird im Calvin-Zyklus fixiert, die Fotosyntheserate steigt.
- Bei schwachem Licht wird ab etwa 400 ppm das Licht zum begrenzenden Faktor: Die lichtabhängige Reaktion liefert nicht mehr ATP und NADPH/H⁺; zusätzliches CO₂ kann nicht verarbeitet werden.
- Bei starkem Licht stehen genug ATP und NADPH/H⁺ zur Verfügung; CO₂ bleibt bis zu hohen Konzentrationen begrenzend.
- Prinzip: Die Fotosyntheserate wird durch den Faktor begrenzt, der am wenigsten zur Verfügung steht (Minimumgesetz).

Bewertung: 2 BE Beschreibung beider Kurven, 1 BE CO₂ begrenzend im Anstieg, 2 BE Licht begrenzend im Plateau (Bezug zu ATP und NADPH/H⁺), 1 BE Prinzip des begrenzenden Faktors.

- 4 **4.3** Bei schwachem Licht steigt die Fotosyntheserate von 400 auf 1000 ppm nur um etwa 6 % (von etwa 7,6 auf etwa 8,0 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$), bei starkem Licht um etwa 63 % (von etwa 16 auf etwa 26 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$). An trüben Wintertagen lohnt sich die CO₂-Anreicherung daher kaum, weil das Licht begrenzt; an sonnigen Tagen lohnt sie sich sehr.

Maßnahme: Z. B.: zusätzliche Beleuchtung mit LED-Lampen – sie erhöht den begrenzenden Faktor Licht.

Bewertung: 2 BE Steigerung bei beiden Lichtstärken abgelesen bzw. abgeschätzt, 1 BE Urteil mit Begründung (Licht begrenzt), 1 BE Maßnahme.

15

BE

4 5.1 Z. B.: tabellarischer Vergleich

Merkmal	<i>Lactobacillus brevis</i> (Procyte)	Bierhefe (Eucyte)
Zellkern	kein Zellkern, ringförmige DNA frei im Cytoplasma (Kernäquivalent)	Zellkern mit Kernhülle
Organellen mit Membran	keine (keine Mitochondrien, kein ER)	Mitochondrien, ER, Golgi-Apparat, Vakuole
Ribosomen	70S-Ribosomen	80S-Ribosomen im Cytoplasma
Zellwand	aus Murein	aus Chitin und Glucanen
Größe	etwa 1–5 µm	etwa 5–10 µm

Bewertung: je 1 BE für vier richtige Merkmale mit beiden Ausprägungen (auch Plasmide: bei Bakterien häufig; DNA-Form: ringförmig bzw. linear in Chromosomen).

- 4 5.2 – Abbildung 7: Stamm S wächst in Bier ohne Hopfen gut, in Bier mit Hopfen gar nicht; Stamm R wächst in Bier mit Hopfen, wenn auch verzögert.
- Die Bittersäuren nehmen außen H^+ auf und geben sie im Cytoplasma wieder ab. So gelangen Protonen an der Membran vorbei in die Zelle: Das Cytoplasma wird saurer, und der Unterschied der H^+ -Konzentration zwischen außen und innen (Protonengradient) bricht zusammen. Die Zelle kann diesen Gradienten nicht mehr zur Gewinnung von Energie und für Transportvorgänge nutzen; Enzyme werden durch den niedrigen pH-Wert gehemmt.
 - Stamm R befördert die Bittersäuren mit HorA unter ATP-Verbrauch aus der Zelle (aktiver Transport). Dadurch bleibt ihre Konzentration in der Membran und im Cytoplasma gering.

Bewertung: 1 BE Kurven beschrieben, 1 BE Bittersäuren bringen H^+ in die Zelle, 1 BE Folge für den Protonengradienten bzw. den pH-Wert, 1 BE HorA als aktiver Transport mit ATP.

- 4 5.3 – Variabilität: Durch Mutation (bzw. Aufnahme fremder DNA) besitzen einzelne Bakterien ein Plasmid mit dem Gen für HorA.
- Selektion: Im Bier mit Hopfen sterben empfindliche Bakterien ab oder wachsen nicht; nur Bakterien mit HorA vermehren sich.
 - Vermehrung: Durch Zweiteilung (Spaltung) vermehren sich die resistenten Bakterien in kurzer Zeit stark; jede Tochterzelle erhält das Plasmid.
 - Ausbreitung: Bei der Konjugation geben Bakterien Kopien des Plasmids an andere Bakterien weiter, auch an andere Stämme. So kann sich die Resistenz in einer Brauerei rasch ausbreiten.

Bewertung: je 1 BE Variabilität, Selektion durch den Hopfen, Vermehrung durch Zweiteilung, Weitergabe durch Konjugation.

3 5.4 Z. B.:

- niedriger pH-Wert (etwa 4,2 bis 4,5): viele Bakterien wachsen nur bei nahezu neutralem pH-Wert;

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

- Ethanol (etwa 5 %): schädigt Membranen und Proteine;
- kaum Sauerstoff: Aerobier können nicht wachsen;
- wenig verwertbare Nährstoffe: die Hefe hat den vergärbaren Zucker weitgehend verbraucht.

Bewertung: je 1 BE für drei Eigenschaften mit Wirkung.

15