

– Lösungshinweise –

Musterprüfung Nr. 001 für das Abitur
zum Erwerb der fachgebundenen Hochschulreife
an Fachoberschulen und Berufsoberschulen

Biologie

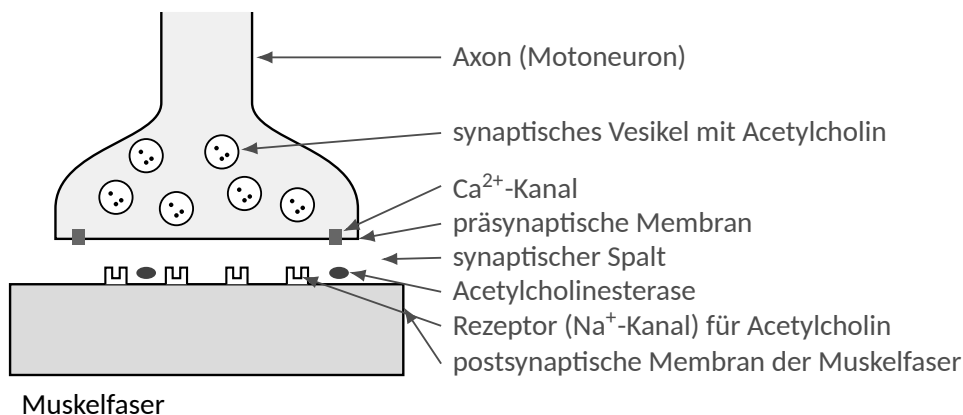
Ausbildungsrichtung Agrarwirtschaft,
Bio- und Umwelttechnologie

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

7 1.1 Schemazeichnung (vereinfacht):



- (1) Ein Aktionspotenzial erreicht das Endknöpfchen und depolarisiert die präsynaptische Membran.
- (2) Spannungsabhängige Ca^{2+} -Kanäle öffnen sich, Ca^{2+} -Ionen strömen ein.
- (3) Synaptische Vesikel verschmelzen mit der präsynaptischen Membran und schütten Acetylcholin in den Spalt aus (Exocytose).
- (4) Acetylcholin diffundiert durch den Spalt und bindet nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip an Rezeptoren der postsynaptischen Membran; die Na^+ -Kanäle öffnen sich, Na^+ -Ionen strömen ein.
- (5) Die Muskelfaser wird depolarisiert (Endplattenpotenzial); ist der Schwellenwert überschritten, entsteht ein Aktionspotenzial, der Muskel kontrahiert.
- (6) Acetylcholinesterase spaltet Acetylcholin in Acetat und Cholin; die Rezeptoren schließen sich, Cholin wird ins Endknöpfchen zurückgenommen und wieder zu Acetylcholin aufgebaut.

Bewertung: 3 BE Skizze mit Endknöpfchen, Vesikeln, synaptischem Spalt, Rezeptoren und Acetylcholinesterase (beschriftet), 4 BE Ablauf in der richtigen Reihenfolge (Ca^{2+} -Einstrom, Exocytose, Bindung und Na^+ -Einstrom, Spaltung).

- 5 1.2 **A:** Ein einzelnes Aktionspotenzial (Spitze bei etwa +30 mV), danach kehrt das Membranpotenzial auf das Ruhepotenzial von etwa -90 mV zurück: Acetylcholin wird sofort von der Acetylcholinesterase gespalten.

B: Auf einen Nervenimpuls folgen mehrere Aktionspotenziale mit abnehmender Höhe, danach bleibt die Membran bei etwa -50 mV depolarisiert. Erklärung: Das Organophosphat hemmt die Acetylcholinesterase; Acetylcholin wird nicht abgebaut und bleibt an den Rezeptoren. Die Na^+ -Kanäle bleiben offen, die Muskelfaser wird immer wieder erregt – **Muskelzucken und Krämpfe**. Bei anhaltender Depolarisation bleiben die spannungsabhängigen Na^+ -Kanäle der Muskelfaser inaktiviert, es entstehen keine neuen Aktionspotenziale mehr – **Lähmung** (auch der Atemmuskulatur).

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

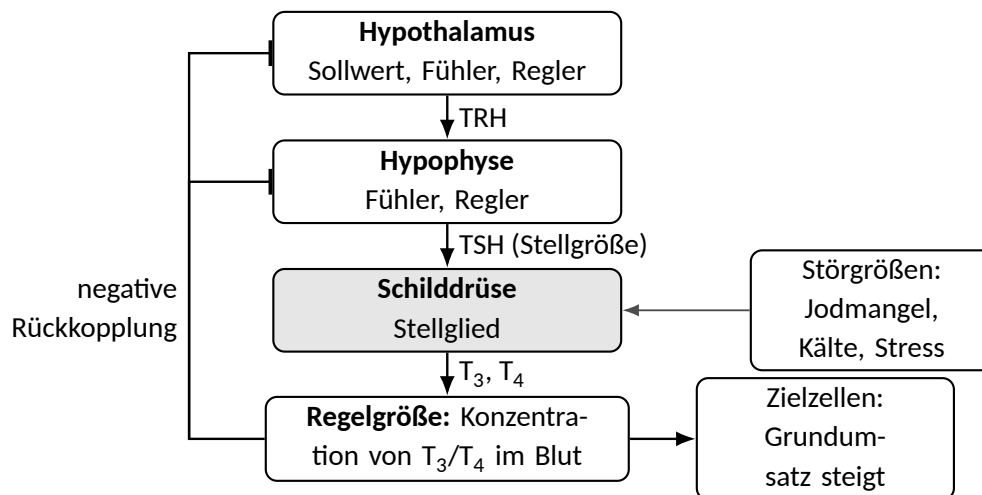
Bewertung: 2 BE Beschreibung beider Verläufe, 2 BE Hemmung der Acetylcholinesterase und anhaltende Erregung (Muskelzucken), 1 BE Dauerdepolarisation als Ursache der Lähmung (auch vereinfacht: die Membran bleibt depolarisiert bzw. refraktär, es entstehen keine neuen Aktionspotenziale; „Dauererregung führt zum Krampf“ ohne Bezug auf das Ausbleiben der Aktionspotenziale in Kurve B: 0 BE für diesen Punkt).

- 4 **1.3** Verengte Pupillen, vermehrter Speichel- und Tränenfluss und der verlangsamte Herzschlag sind Wirkungen des Parasympathikus, dessen Synapsen an den Organen ebenfalls Acetylcholin nutzen. Atropin blockiert diese Rezeptoren und lindert deshalb diese Symptome (der Sympathikus überwiegt wieder).

Muskelzucken, Krämpfe und Lähmung der Atemmuskulatur entstehen an der neuromuskulären Synapse; deren Rezeptoren blockiert Atropin nicht – diese Symptome bleiben (künstliche Beatmung nötig).

Bewertung: 2 BE Zuordnung der gelinderten Symptome zum Parasympathikus, 2 BE Begründung, warum die Muskelsymptome bleiben. Ebenso richtig: Atropin erleichtert die Atmung (weniger Bronchialsekret, weitere Bronchien), obwohl die Lähmung der Atemmuskulatur bleibt; zentral ausgelöste Krampfanfälle kann Atropin teilweise mildern.

- 7 **2.1** Schema (Beispiel):



Sinkt die Konzentration der Schilddrüsenhormone (Ist-Wert) unter den Sollwert, schüttet der Hypothalamus mehr TRH und die Hypophyse mehr TSH aus; die Schilddrüse bildet mehr T_3/T_4 . Steigt die Konzentration, hemmen die Hormone die Ausschüttung von TRH und TSH (negative Rückkopplung).

Bewertung: 3 BE Hypothalamus – Hypophyse – Schilddrüse mit TRH, TSH, T_3/T_4 und Zielzellen, 2 BE negative Rückkopplung, 2 BE Fachbegriffe richtig zugeordnet (Regelgröße, Sollwert, Fühler, Regler, Stellglied). Die Zuordnung der Glieder ist in Lehrbüchern uneinheitlich (Hypophyse als Regler oder als Teil des Stellglieds): jede stimmige Zuordnung anerkennen.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

- 5 2.2 Jod ist Baustein von T_3 und T_4 . Bei Jodmangel bildet die Schilddrüse zu wenig Hormon; die Konzentration im Blut bleibt unter dem Sollwert. Die hemmende Rückkopplung auf Hypothalamus und Hypophyse fällt weg, die Hypophyse schüttet dauerhaft viel TSH aus. TSH regt die Schilddrüse nicht nur zur Hormonbildung, sondern auch zum Wachstum an: Die Schilddrüse vergrößert sich (Kropf), um mit dem wenigen Jod mehr Hormon zu bilden.

Jodiertes Speisesalz liefert ausreichend Jod; die Hormonbildung ist normal, TSH bleibt niedrig, die Schilddrüse wächst nicht.

Bewertung: 1 BE Jod als Baustein, 2 BE fehlende Rückkopplung und erhöhtes TSH, 1 BE Wachstumsreiz/Kropf, 1 BE Wirkung des Jodsalzes.

- 6 2.3 **Patientin A:** TSH erhöht (12,5), freies T_4 erniedrigt (0,5) – **Unterfunktion**, Ursache in der **Schilddrüse**: Sie bildet zu wenig Hormon; wegen der fehlenden Rückkopplung schüttet die Hypophyse viel TSH aus.
Patientin B: TSH erniedrigt (0,05), freies T_4 erhöht (3,1) – **Überfunktion**, Ursache in der **Schilddrüse**: Die hohe Hormonkonzentration hemmt Hypothalamus und Hypophyse, TSH ist deshalb niedrig.
Patientin C: TSH und freies T_4 erniedrigt (0,2; 0,6) – **Unterfunktion**, Ursache in der **übergeordneten Steuerung**, also Hypophyse (oder Hypothalamus): Es wird zu wenig TSH gebildet, die gesunde Schilddrüse wird nicht ausreichend angeregt.

Bewertung: je 2 BE pro Patientin (Art der Funktionsstörung 1, Ort mit Begründung über den Regelkreis 1). Bei Patientin B auch eine Überdosierung von Schilddrüsenhormon-Tabletten anerkennen.

34

BE

- 5 **3.1** Verlauf: Zu Beginn sind nur etwa 0,4 % der Keimlinge resistent; ab dem 2. Jahr steigt der Anteil steil an, im 4. Jahr liegt er über 50 %, danach flacht die Kurve ab und erreicht nach 12 Jahren etwa 94 %.
- Erklärung nach der erweiterten Evolutionstheorie:
- Genetische Variabilität: Das Allel R ist durch zufällige Mutation entstanden und war schon vor dem ersten Einsatz in wenigen Pflanzen vorhanden (das Herbizid erzeugt die Mutation nicht).
 - Selektion: Das Herbizid tötet fast alle empfindlichen Pflanzen (rr); resistente Pflanzen (RR, Rr) überleben und bilden Samen.
 - Vererbung: Die Nachkommen erben das Allel R; jedes Jahr wird sein Anteil größer. Die Samenbank im Boden verzögert die Zunahme etwas; die Kurve flacht ab, weil kaum noch empfindliche Pflanzen übrig sind.
- Bewertung:* 1 BE Beschreibung, 1 BE Mutation vor dem Einsatz, 2 BE Selektion durch das Herbizid, 1 BE Vererbung/Fortpflanzungserfolg.
- 6 **3.2** Empfindlich (rr): $100 \% - 84 \% = 16 \%$, also $q^2 = 0,16$
 $q = \sqrt{0,16} = 0,4$ (Allel r), $p = 1 - q = 0,6$ (Allel R)
heterozygot: $2pq = 2 \cdot 0,6 \cdot 0,4 = 0,48$, also 48 % der Keimlinge (homozygot resistent: $p^2 = 0,36$)
- Nicht erfüllte Bedingungen, Z. B.: Es findet Selektion statt (Herbizid); Pollen und Samen werden von Nachbarn eingetragenen (Zu- und Abwanderung von Allelen); neue Mutationen.
- Bewertung:* 1 BE q , 1 BE p , 2 BE Anteil heterozygoter Keimlinge, 2 BE zwei Bedingungen, die nicht erfüllt sind.
- 4 **3.3** **(1) Doppelte Aufwandmenge:** Resistente Pflanzen werden auch von der doppelten Menge nicht getötet, weil das Herbizid an ihrem veränderten Enzym nicht bindet; die letzten empfindlichen Pflanzen sterben. Der Selektionsdruck steigt, der Anteil von R nimmt noch schneller zu – dazu höhere Kosten und mehr Belastung der Umwelt. Nicht sinnvoll.
- (2) Wirkortwechsel, Fruchtfolge, Pflügen:** Ein Mittel mit anderem Wirkort tötet auch Pflanzen mit dem Allel R; Sommergetreide wird erst im Frühjahr gesät, die im Herbst keimenden Ackerfuchsschwanz-Pflanzen werden bei der Saatbettbereitung beseitigt; Pflügen vergräbt die Samen. Das Allel R bringt so keinen Vorteil mehr, der Selektionsdruck sinkt. Diese Vorgehensweise verlangsamt die Ausbreitung der Resistenz und ist deshalb vorzuziehen (integrierter Pflanzenschutz).
- Bewertung:* 1 BE Bewertung (1) mit Selektionsdruck, 2 BE Bewertung (2) mit mindestens zwei Teilmaßnahmen, 1 BE begründetes Urteil.
- 6 **4.1** Je kleiner der Unterschied der Röhrlaute je Minute, desto häufiger kommt es zum Ge-
weihkampf: bei ähnlich vielen Röhrlauten in etwa 45 % der Begegnungen, bei großem Unterschied nur in etwa 6 %.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

Röhren ist anstrengend; nur kräftige Hirsche in guter Verfassung können oft und lange röhren. Die Zahl der Röhrlaute ist deshalb ein Signal für die Kampfkraft, das schwer zu fälschen ist. Ein deutlich unterlegener Hirsch erkennt dies und zieht sich ohne Kampf zurück; nur etwa gleich starke Hirsche, bei denen das Röhren (und der Parallelmarsch) keine Entscheidung bringt, kämpfen.

Anpassungswert (Aggressionskontrolle): Der Unterlegene vermeidet Verletzungen und kann sich später noch fortpflanzen; der Überlegene behält die Weibchen ohne Verletzungsrisiko und spart Energie. Für beide steigt so der Fortpflanzungserfolg.

Bewertung: 2 BE Beschreibung des Zusammenhangs (für gleich starke Hirsche sind Anteile um 45 % – erster Messwert – wie um 58 % – Trendlinie bei 0 – richtig), 2 BE Röhren als Signal der Kampfkraft, 2 BE Anpassungswert für beide Hirsche.

4

4.2 Proximat (Wie kommt es zum Verhalten?): Die kürzer werdenden Tage im Herbst lösen einen Anstieg des Testosterons aus; das Hormon erhöht die Kampf- und Röhrbereitschaft. Auslöser im Einzelfall sind Röhren und Geruch eines Rivalen.

Ultimat (Welchen Nutzen hat das Verhalten?): Nur während der Brunft sind die Weibchen paarungsbereit. Ein Kampf zu dieser Zeit erhöht den Fortpflanzungserfolg (Fitness); außerhalb der Brunft brächte er nur Kosten (Energie, Verletzungen) ohne Nutzen.

Bewertung: je 2 BE für eine richtig zugeordnete und begründete proximate bzw. ultimate Erklärung. Als proximate Ursachen gelten Hormone (z. B. Testosteron), Tageslänge und Auslösereize gleichwertig.

25

BE

5 5.1 Vergleich (Beispiel):

	PCR	Replikation in der Zelle
Trennung der Stränge	durch Erhitzen auf etwa 95 °C	durch das Enzym Helicase bei Körpertemperatur
Primer	künstlich hergestellte DNA-Primer, die den Abschnitt begrenzen	RNA-Primer, von der Primase gebildet
Polymerase	hitze stabile DNA-Polymerase (z. B. aus dem Bakterium <i>Thermus aquaticus</i>)	DNA-Polymerasen der Zelle
Ablauf	viele Zyklen nacheinander im Thermocycler	einmal je Zellzyklus im Zellkern
Produkt	sehr viele Kopien eines kurzen Abschnitts	eine vollständige Kopie des ganzen Erbguts

Gemeinsam: semikonservativ, komplementäre Basenpaarung, Verlängerung nur in 5'→3'-Richtung, Bausteine sind Desoxyribonukleotide.

Bewertung: je 1 BE für einen richtig gegenübergestellten Unterschied bzw. die Gemeinsamkeiten (höchstens 5 BE).

3 5.2 Die Zahl der Kopien verdoppelt sich in jedem Zyklus: $2^{30} = 1.073.741.824 \approx 1,07 \cdot 10^9$ Kopien.

In der Praxis weniger, Z. B.: weil nicht in jedem Zyklus jeder Strang kopiert wird, Nukleotide und Primer verbraucht werden und die Polymerase mit der Zeit an Aktivität verliert.

Bewertung: 1 BE Ansatz 2^n , 1 BE Ergebnis, 1 BE ein Grund. Gleichwertige Zählweisen anerkennen (Z. B.: nur Stücke genau der gesuchten Länge $2^{30} - 2 \cdot 30$, ebenfalls $\approx 1,07 \cdot 10^9$, oder $2^{30} - 1$ neu gebildete Doppelstränge).

5 5.3 Die Proben 2 und 4 zeigen eine Bande auf derselben Höhe wie die Positivkontrolle, zwischen den Markerbanden 200 und 300 bp – passend zum gesuchten Abschnitt von 257 bp: Diese Wildschweine waren mit dem ASP-Virus infiziert. Die Proben 1 und 3 zeigen keine Bande: kein Virus nachgewiesen.

Positivkontrolle: zeigt, dass die PCR funktioniert hat (Reagenzien, Temperaturen) und wo die Bande liegen muss; ohne sie könnte ein fehlendes Signal auch an einer misslungenen PCR liegen (falsch negatives Ergebnis).

Negativkontrolle: zeigt, dass die Reagenzien nicht mit Virus-DNA verunreinigt sind; eine Bande dort hieße, dass auch die Banden der Proben falsch positiv sein könnten.

Bewertung: 2 BE Auswertung (Proben 2 und 4 positiv, Lage der Bande), 1 BE Positivkontrolle, 2 BE Negativkontrolle. (Der Hinweis, dass die Positivkontrolle nur den Reaktionsansatz und nicht die Probenaufbereitung prüft, ist richtig und kann fehlende Begründung an anderer Stelle ausgleichen.)

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

- 4 **6.1** Bei der Methylierung werden Methylgruppen an Cytosin-Basen der DNA angehängt, vor allem in steuernden Bereichen von Genen. Die Basensequenz bleibt gleich, aber methylierte Gene werden nicht mehr abgelesen (keine Transkription) – sie sind abgeschaltet. Wie stark Gene methyliert werden, hängt hier vom Futter ab: Bei Arbeiterinnen sind andere Gene abgeschaltet als bei Königinnen; es entstehen andere Proteine, die Larven entwickeln sich unterschiedlich (z. B. Eierstöcke, Körpergröße).

Bewertung: 1 BE Kaste nicht in der Basensequenz festgelegt, unterschiedliche Genaktivität, 2 BE Methylierung schaltet Gene ab, 1 BE Futter als Umweltfaktor.

- 4 **6.2** Mit Arbeiterinnenfutter entwickeln sich fast keine Larven zu Tieren mit Königinnen-Merkmalen (4 %), mit Gelée royale fast alle (96 %). Wird die Bildung von Dnmt3 gehemmt, haben trotz Arbeiterinnenfutter 72 % der Tiere Königinnen-Merkmale: Die geringere Methylierung der DNA ersetzt weitgehend das Gelée royale.

Hypothese: Gelée royale hemmt (direkt oder indirekt) die Methylierung der DNA, z. B. die Bildung oder Wirkung von Dnmt3. Gene, die für die Entwicklung zur Königin nötig sind, bleiben so aktiv.

Bewertung: 2 BE Vergleich der drei Gruppen, 2 BE begründete Hypothese.

21

BE

- 4 **7.1** BSB₅-Fracht: $6000 \text{ l} \cdot 35 \text{ g/l} = 210.000 \text{ g} = 210 \text{ kg}$
 Einwohnerequivalente: $210.000 \text{ g} : 60 \text{ g} = 3500$
 Die Molke belastet den Bach an diesem Tag so stark wie das ungeklärte Abwasser einer Kleinstadt mit etwa 3500 Einwohnern – für einen kleinen Bach eine extreme Belastung.
Bewertung: 2 BE BSB₅-Fracht, 2 BE Einwohnerequivalente mit Deutung.
- 5 **7.2** Oberhalb der Einleitung ist das Wasser fast sauerstoffgesättigt (etwa 10,1 mg/l), der BSB₅ ist niedrig. An der Einleitungsstelle steigt der BSB₅ sprunghaft an und nimmt flussabwärts allmählich ab, weil die organischen Stoffe abgebaut werden.
 Der Sauerstoffgehalt sinkt bis etwa 2,7 km unterhalb der Einleitung auf etwa 2,7 mg/l: Bakterien (Destruenten) bauen die organischen Stoffe der Molke aerob ab und verbrauchen dabei mehr Sauerstoff, als aus der Luft und durch Fotosynthese nachgeliefert wird. Weiter flussabwärts ist ein Großteil abgebaut; die Nachlieferung von Sauerstoff überwiegt, der Sauerstoffgehalt steigt wieder an (Selbstreinigung des Gewässers). Im Bereich des Minimums ersticken Fische und andere sauerstoffbedürftige Tiere.
Bewertung: 2 BE Beschreibung beider Kurven, 2 BE Sauerstoffverbrauch beim Abbau durch Bakterien, 1 BE Selbstreinigung/Wiederbelüftung.
- 6 **7.3** Oberhalb: $S = \frac{1,0 \cdot 3 + 1,5 \cdot 5 + 2,0 \cdot 6 + 2,0 \cdot 4}{3 + 5 + 6 + 4} = \frac{30,5}{18} \approx 1,69$ – Güteklasse I-II (gering belastet)
 Unterhalb: $S = \frac{2,0 \cdot 1 + 2,8 \cdot 4 + 3,0 \cdot 4 + 3,5 \cdot 6 + 3,8 \cdot 6}{1 + 4 + 4 + 6 + 6} = \frac{69,0}{21} \approx 3,29$ – Güteklasse III-IV (sehr stark verschmutzt)
Bewertung: je 2 BE Saprobienindex oberhalb und unterhalb, 2 BE Güteklassen.
- 5 **7.4** **(1) Bußgeld und Fischbesatz:** wirkt nur nachträglich; der Tank bleibt eine Gefahr, der Bach ist weiter nicht geschützt. Neu eingesetzte Fische würden bei Sauerstoffmangel wieder sterben. Die vom Gesetz verlangte Vorsorge (keine nachteilige Veränderung, sichere Lagerung) erfüllt diese Maßnahme nicht.
(2) Doppelwandiger Tank mit Auffangwanne und Leckanzeige, Verwertung in einer Biogasanlage: erfüllt die Anforderung an Anlagen zum Lagern solcher Stoffe; die Molke gelangt gar nicht erst ins Gewässer und wird sinnvoll genutzt. Vorbeugender Gewässerschutz.
(3) Ausbau der Kläranlage: kann Abwasser der Käserei reinigen, wenn es über den Kanal eingeleitet wird; eine Fracht von 3500 Einwohnerequivalenten belastet die Anlage aber stark, und bei einem Leck am Tank sickert die Molke weiterhin direkt in den Bach. Allenfalls ergänzend sinnvoll.
 Urteil: Maßnahme (2) schützt den Bach am besten, weil sie die Ursache beseitigt und dem Wasserhaushaltsgesetz entspricht.
Bewertung: je Maßnahme 1 BE Bewertung mit Bezug zum Gesetzestext bzw. zur ökologischen Wirkung (3 BE), 2 BE begründetes Urteil.

20