



Name: _____

Abiturprüfung 2019

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Die Deutsche Schabe – Evolution in der Küche

1. Beschreiben Sie die Anpassungen von *Blattella germanica* an ihren Lebensraum und leiten Sie begründend ihre Fortpflanzungsstrategie ab (Material A). Erläutern Sie die neurobiologische Wirkungsweise von Indoxacarb auf *B. germanica* (Abbildung 1, Material A). (20 Punkte)
2. Stellen Sie kurz die in Abbildung 2 gezeigten Zusammenhänge dar (Material B). Erläutern Sie den möglichen Prozess der Resistenzentwicklung bei *B. germanica* PR-712 mithilfe der synthetischen Evolutionstheorie (Materialien A und B). Entwickeln Sie eine mögliche Hypothese, welche Veränderungen zu einer Resistenz gegen Indoxacarb bei PR-712 geführt haben können (Materialien A und B). (18 Punkte)
3. Fassen Sie die Ergebnisse der Untersuchungen aus Material C mithilfe einer Ableitung von Entwicklungstrends zusammen. Analysieren Sie ausführlich die Entwicklungstrends vor dem Hintergrund des Konzeptes der reproduktiven Fitness (Materialien A bis C). (20 Punkte)
4. Diskutieren Sie das in Material D aufgeführte Zitat von Jensen et al., 2016, unter Berücksichtigung aller Materialien (Materialien A bis D). (8 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- GTR (Grafikfähiger Taschenrechner) oder CAS (Computer-Algebra-System)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Lebensweise und Bekämpfung der Deutschen Schabe

Die ursprünglich aus den Tropen stammende Deutsche Schabe (*Blattella germanica*) kommt als Vorratsschädling und Kulturfolger weltweit unter anderem in Wohnungen, Gaststätten, Großküchen und Krankenhäusern vor. Die nachtaktiven Tiere können im Freien nur bei günstigen, warmen Temperaturen überleben. Sie bevorzugen Habitate mit Temperaturen über 20 °C, in der Nähe einer Feuchtigkeitsquelle sowie einer Nahrungsquelle. Durch den flachen Körperbau der etwa 15 Millimeter großen *B. germanica* reichen Spalten von fünf Millimeter Breite als Versteck aus. Als Nahrung dienen diesem Allesfresser alle organischen Reste menschlicher Nahrungsmittel wie Brotkrümel, Gemüsereste und Ähnliches, die zufällig in die Nähe der Verstecke gelangen.

Ein ausgewachsenes Weibchen kann in seinem Leben rund 200 Eier ablegen. Die Entwicklung vom Ei über Larvenstadien bis zum adulten Insekt benötigt bei guter Versorgung mit Nahrung und Wasser etwa zwei Monate. Die adulten Insekten sind bereits wenige Tage nach der Häutung geschlechtsreif. Daher können in einem Jahr ausgehend von einem geschlechtsreifen Weibchen Hunderttausende Nachkommen erzeugt werden. Der Aktionsradius der Larven und auch der Weibchen ist gering. Meist erfolgt die Verbreitung in andere Habitate über die Eipakete der Weibchen, die bei der Ablage an verschiedene Oberflächen angeheftet werden.

Die Verunreinigung von Nahrungsmitteln sowie die Übertragung von Krankheitserregern durch Kot und andere Ausscheidungen der Schaben bewirken gesundheitliche Risiken für den Menschen. Daher werden Populationen von *B. germanica* mit Insektiziden bekämpft. Meist erfolgt die Bekämpfung mithilfe von Fraßködern, die in der direkten Nähe der Verstecke ausgelegt werden.

Indoxacarb ist ein Pro-Insektizid, das erst nach enzymatischer Umsetzung in Insekten wie zum Beispiel *B. germanica* selektiv die spannungsgesteuerten Natriumionen-Kanäle am Axon blockiert (Abbildung 1).

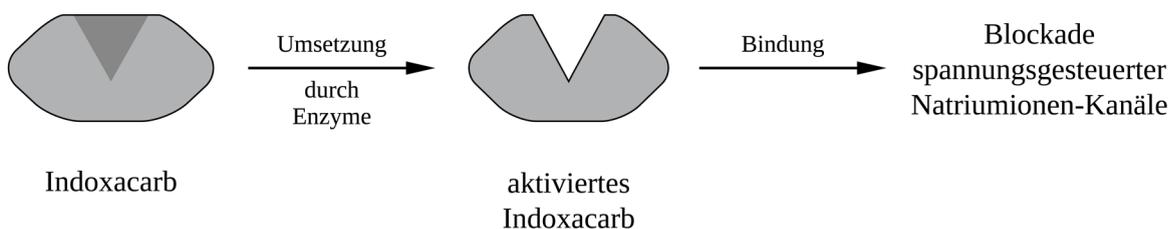


Abbildung 1 Pro-Insektizid Indoxacarb



Name: _____

Material B: Resistenzentwicklung bei *B. germanica*

Wie bei vielen anderen Insekten kommen auch bei Deutschen Schaben Resistenzen gegen häufig eingesetzte Insektizide vor.

Der Laborstamm „Orlando Normal“ ist ein seit 60 Jahren im Labor kultivierter Stamm, der unter optimalen Bedingungen ohne Einwirkung von Giften gehalten wird.

Der Stamm PR-712 wurde in Puerto Rico gesammelt und besitzt Resistenzen gegen viele der handelsüblichen Insektizide, die zur Bekämpfung von *B. germanica* eingesetzt werden. Die weitere Behandlung der *B. germanica*-Stämme zeigt Abbildung 2A.

Die drei Stämme wurden hinsichtlich ihrer Resistenz gegen Indoxacarb untersucht (Abbildung 2B). Man ermittelte die Dosis des Fraßgiftes, bei der 50 % der Tiere getötet wurden (LD50).

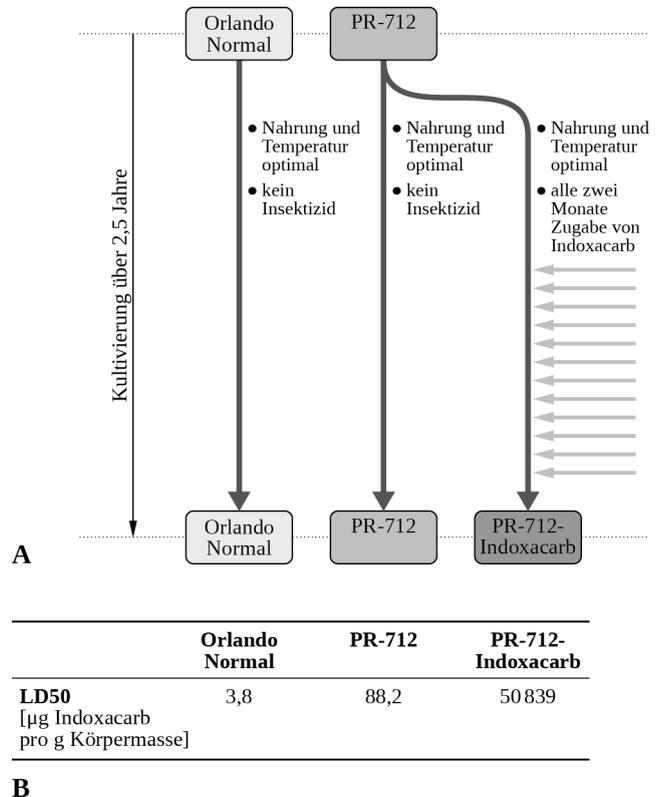


Abbildung 2 Stämme von *B. germanica*. **A** Kulturbedingungen; **B** Empfindlichkeit gegen Indoxacarb



Name: _____

Material C: Einflüsse von Nahrung und Insektiziden auf die Entwicklung von *B. germanica*

Um die Auswirkungen der Resistenzentwicklung auf die Entwicklung von *B. germanica* genauer zu untersuchen, wurden die in Material C beschriebenen, unterschiedlichen Stämme von *B. germanica* in einer Versuchsreihe mit nährstoffreichem Futter, in der anderen Versuchsreihe mit nährstoffarmem Futter versorgt (Abbildung 3). Die Breite des Halsschildes wird bei *B. germanica* als Maß für die erreichte Körpergröße genutzt.

B. germanica-Weibchen bevorzugen bei der Partnerwahl solche Männchen als Paarungspartner, die eine höhere Körpergröße aufweisen.

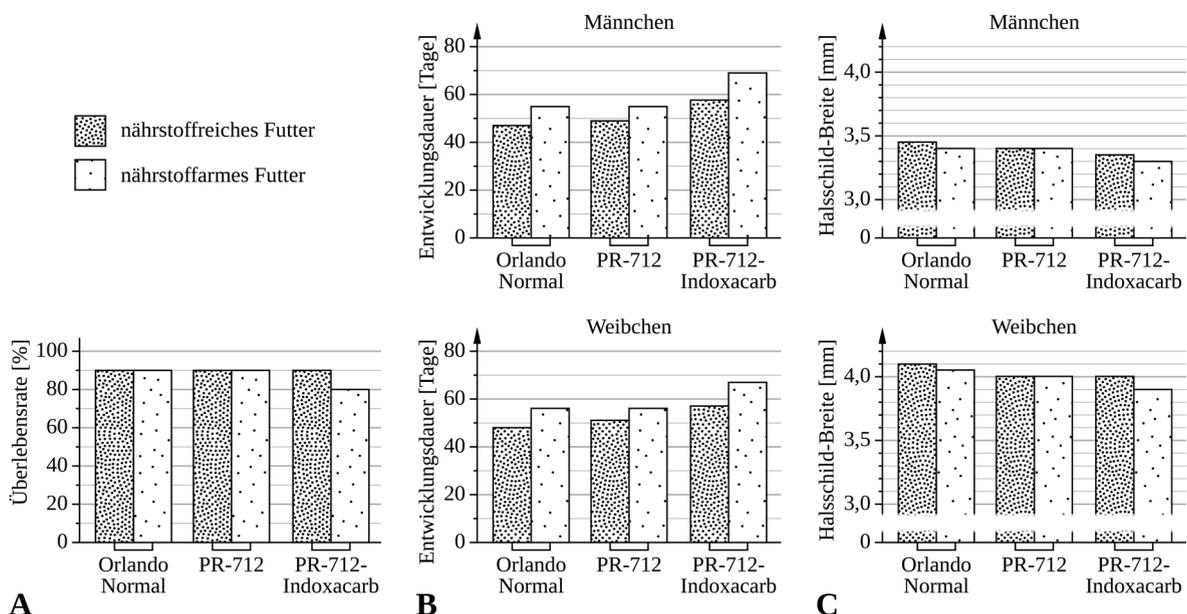


Abbildung 3 Versuchsergebnisse. **A** Überlebensrate ausgehend vom ersten Larvenstadium; **B** Entwicklungsdauer vom ersten Larvenstadium bis zum adulten Insekt; **C** Breite des Halsschildes bei adulten Insekten

Material D: Insektizid-Resistenz als Modellsystem für Evolution?

Insecticide resistance, a heritable adaptation to insecticide pressure, provides a valuable system to study the evolutionary ecology of adaptation to severe environmental hazards and the consequences to fitness-related life-history parameters within the adapted population. (Jensen et al., 2016, S. 1)

Die Insektizid-Resistenz, eine vererbare Anpassung aufgrund von Insektizid-Druck, bietet ein wertvolles System zur Erforschung der evolutionären Ökologie der Anpassung an schwere Umweltgefahren und der Folgen für Fitness-bezogene Parameter der Lebenszyklusstrategie innerhalb der angepassten Population.

Jensen, K., Ko, A. E., Schal, C. & Silverman, J. (2016). Insecticide resistance and nutrition interactively shape life-history parameters in German cockroaches. *Scientific Reports*, 6, 28731.

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2019

Biologie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

2. Aufgabenstellung¹

Thema: Die Deutsche Schabe – Evolution in der Küche

1. Beschreiben Sie die Anpassungen von *Blattella germanica* an ihren Lebensraum und leiten Sie begründend ihre Fortpflanzungsstrategie ab (Material A). Erläutern Sie die neurobiologische Wirkungsweise von Indoxacarb auf *B. germanica* (Abbildung 1, Material A). (20 Punkte)
2. Stellen Sie kurz die in Abbildung 2 gezeigten Zusammenhänge dar (Material B). Erläutern Sie den möglichen Prozess der Resistenzentwicklung bei *B. germanica* PR-712 mithilfe der synthetischen Evolutionstheorie (Materialien A und B). Entwickeln Sie eine mögliche Hypothese, welche Veränderungen zu einer Resistenz gegen Indoxacarb bei PR-712 geführt haben können (Materialien A und B). (18 Punkte)
3. Fassen Sie die Ergebnisse der Untersuchungen aus Material C mithilfe einer Ableitung von Entwicklungstrends zusammen. Analysieren Sie ausführlich die Entwicklungstrends vor dem Hintergrund des Konzeptes der reproduktiven Fitness (Materialien A bis C). (20 Punkte)
4. Diskutieren Sie das in Material D aufgeführte Zitat von Jensen et al., 2016, unter Berücksichtigung aller Materialien (Materialien A bis D). (8 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Material A
Abbildung 1: eigene Abbildung
- Material B
Abbildung 2A nach: Jensen et al., 2016, S. 2
Abbildung 2B verändert nach: Ko et al., 2016, Tab. 1, S. 1780
- Material C
Abbildung 3A verändert nach: Jensen et al., 2016, Abb. 1, S. 3
Abbildung 3B und C verändert nach: Jensen et al., 2016, Abb. 2, S. 4

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

- Material D: Jensen et al., 2016, S. 1; eigene Übersetzung
- Biehler, D. (2013). *Pests in the City: Flies, Bedbugs, Cockroaches, and Rats*. Seattle: University of Washington Press.
- Deutsche Schabe. (2018). In *Wikipedia*. Abgerufen von https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Deutsche_Schabe&oldid=181806997
- Jensen, K., Ko, A. E., Schal, C. & Silverman, J. (2016). Insecticide resistance and nutrition interactively shape life-history parameters in German cockroaches. *Scientific Reports*, 6, 28731. <https://doi.org/10.1038/srep28731>
- Ko, A. E., Bieman, D. N., Schal, C. & Silverman, J. (2016). Insecticide resistance and diminished secondary kill performance of bait formulations against German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). *Pest Management Science*, 72(9), 1778–1784. <https://doi.org/10.1002/ps.4211>
- Naqqash, M. N., Gökçe, A., Bakhsh, A. & Salim, M. (2016). Insecticide resistance and its molecular basis in urban insect pests. *Parasitology Research*, 115(4), 1363–1373. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4898-9>

4. Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Vorgaben 2019

Die Aufgaben weisen vielfältige Bezüge zu den Kompetenzerwartungen und Inhaltsfeldern des Kernlehrplans bzw. zu den in den Vorgaben ausgewiesenen Fokussierungen auf. Im Folgenden wird auf Bezüge von zentraler Bedeutung hingewiesen.

1. Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte

Neurobiologie

- Aufbau und Funktion von Neuronen

Ökologie

- Umweltfaktoren und ökologische Potenz
- Dynamik von Populationen

Evolution

- Grundlagen evolutiver Veränderung
- Evolution und Verhalten

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- GTR (Grafikfähiger Taschenrechner) oder CAS (Computer-Algebra-System)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt die Anpasstheiten von <i>Blattella germanica</i> an ihren Lebensraum (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der flache Körperbau ermöglicht das Verstecken in schmalen Spalten, die etwa in menschlichen Wohnungen häufig zu finden sind. Geeignete Nahrung gelangt häufig versehentlich durch den Menschen in die Verstecke der Schaben. • Aufgrund der Nachtaktivität und des geringen Aktionsradius der Tiere bleiben sie tagsüber meist unbemerkt. • Die Anpasstheiten bieten Selektionsvorteile für <i>B. germanica</i>, da der Befall durch diesen Vorratsschädling oft erst bemerkt wird, wenn schon größere Populationen auftreten. 	6
2	<p>leitet begründend ihre Fortpflanzungsstrategie ab (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die schnelle Generationenfolge von rund zwei Monaten ermöglicht einem ausgewachsenen Weibchen, in einem Jahr Hunderttausende Nachkommen zu haben. Es findet keine besondere Brutfürsorge statt. Diese Fortpflanzungsstrategie findet sich bei r-Strategen. • Trotz des geringen Aktionsradius der Larven und Weibchen werden neue Habitate über die Ausbreitung von Eipaketen besiedelt, sodass bei geeigneten Bedingungen schnell eine Ausbreitung der Population erfolgen kann. Auch dies trifft bei r-Strategen zu. 	6
3	<p>erläutert die neurobiologische Wirkungsweise von Indoxacarb auf <i>B. germanica</i> (Abbildung 1, Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indoxacarb wird von insekteneigenen Enzymen zu aktiviertem Indoxacarb umgesetzt, das selektiv die spannungsgesteuerten Natriumionen-Kanäle am Axon blockiert. • Die spannungsgesteuerten Natriumionen-Kanäle sind während der Depolarisation des Axons im Verlauf des Aktionspotenzials essentiell, um den Natriumionen-Einstrom zu ermöglichen. • Werden diese Ionenkanäle am Axon blockiert, so kann keine Depolarisation und damit keine Weiterleitung von Aktionspotenzialen mehr erfolgen. Die Erregungsleitung wird unterbunden. Damit wird <i>B. germanica</i> durch die Giftwirkung gelähmt und stirbt. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>stellt kurz die in Abbildung 2 gezeigten Zusammenhänge dar (Material B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Laborstamm „Orlando Normal“ ist empfindlich gegenüber Indoxacarb, da LD50 3,8 µg/g beträgt. • Wird der Stamm PR-712 ohne Zugabe von Indoxacarb über 2,5 Jahre vermehrt, so beträgt LD50 88,2 µg/g. Dieser Wert ist rund 20fach höher als bei „Orlando Normal“, daher liegt eine Resistenz vor. • Wird der Stamm PR-712 mit regelmäßiger Zugabe von Indoxacarb über 2,5 Jahre vermehrt, so beträgt LD50 50839 µg/g. Dieser Wert ist etwa 13000fach höher als bei „Orlando Normal“. 	6
2	<p>stellt kurz die in Abbildung 2 gezeigten Zusammenhänge dar (Material B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Resistenz gegen Indoxacarb steigt bei PR-712-Indoxacarb in einem Zeitraum von 2,5 Jahren bei regelmäßiger Zugabe des Giftes extrem stark an, da sich in der Population die Resistenz-vermittelnden Allele durchsetzen. Die künstliche Selektion durch Zugabe des Insektizids führt hier zu einer schnellen Verschiebung der Allelfrequenzen. 	2
3	<p>erläutert den möglichen Prozess der Resistenzentwicklung bei <i>B. germanica</i> PR-712 mithilfe der synthetischen Evolutionstheorie (Materialien A und B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • In der Population von <i>B. germanica</i> PR-712 in Puerto Rico müssen vor Anwendung der Insektizide bereits mutierte Allele vorhanden gewesen sein, die eine Resistenz gegen das betreffende Insektizid vermitteln können. • Bei Zugabe von Indoxacarb besteht eine künstliche Selektion, bei der vorwiegend die resistenten Individuen ihre Allele in den Genpool der folgenden Generation einbringen können. Sie haben eine deutlich größere reproduktive Fitness als die nicht-resistenten Individuen. • Daher wird ein rasches Populationswachstum resistenter Schaben einsetzen und die zur Resistenz führenden Allele breiten sich schnell in der Population aus. Die künstliche Selektion erzeugt immer wieder einen Flaschenhalseffekt in der Population von PR-712-Indoxacarb, sodass der Genpool bei PR-712-Indoxacarb insgesamt sehr eingeschränkt wird. 	8
4	<p>entwickelt eine mögliche Hypothese, welche Veränderungen zu einer Resistenz gegen Indoxacarb bei PR-712 geführt haben können (Materialien A und B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Veränderungen in der Aminosäuresequenz des spannungsgesteuerten Natriumionen-Kanals könnten zu einer veränderten Raumstruktur und daher zu einer verringerten Empfindlichkeit gegenüber Indoxacarb führen. Daher könnten Punktmutationen im Gen, das für den spannungsgesteuerten Natriumionen-Kanal codiert, verantwortlich für die Resistenz sein. • Die Aktivierung des Pro-Insektizids Indoxacarb erfolgt mithilfe einer enzymatischen Umsetzung in der Schabe. Entweder könnte diese Umsetzung gestört sein und so eine Resistenz bewirken, oder ein enzymatischer Abbau des Pro-Insektizids wird durch bestimmte Enzyme der resistenten Schaben erreicht. <p>(Die Entwicklung lediglich einer fachlich korrekten Hypothese ist gefordert.)</p>	2
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>fasst die Ergebnisse der Untersuchungen aus Material C mithilfe einer Ableitung von Entwicklungstrends zusammen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Gabe von nährstoffreichem Futter oder nährstoffarmem Futter wirkt sich bei dem Stamm PR-712-Indoxacarb auf die Überlebensrate der Larven aus. Hier entwickeln sich immer noch mehr als die Hälfte aller Larven zu ausgewachsenen Insekten, wobei die Überlebensrate bei nährstoffarmem Futter geringer ausfällt als bei nährstoffreichem Futter. • Die Entwicklungsdauer von Larven bis zum ausgewachsenen Insekt nimmt bei nährstoffreichem Futter mit zunehmender Resistenz gegen Indoxacarb zu. Dieser Effekt ist stärker ausgeprägt, wenn nährstoffarmes Futter verwendet wird. Bei Männchen und Weibchen zeigen sich ähnliche Entwicklungszeiten und die gleichen Trends in Bezug auf die Entwicklungsdauer. • Mit zunehmender Resistenz gegen Indoxacarb nimmt die Breite des Halsschildes, hier ein Maß für die Körpergröße der ausgewachsenen Tiere, bei nährstoffreichem Futter leicht ab. Wird nährstoffarmes Futter verwendet, erreichen sowohl Männchen als auch Weibchen des Stammes PR-712-Indoxacarb eine geringere Körpergröße. 	8
2	<p>analysiert ausführlich die Entwicklungstrends vor dem Hintergrund des Konzeptes der reproduktiven Fitness (Materialien A bis C), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die reproduktive Fitness ist ein Maß für den Anteil an Genen, die ein Individuum in den Genpool der folgenden Generationen einbringen kann. • Die Erhöhung der Resistenz gegen Indoxacarb wirkt sich insbesondere bei ungünstigen Nahrungsbedingungen auf die Überlebensrate der Larven aus. Daher haben die Individuen des Stammes PR-712-Indoxacarb bei Nahrungsmangel eine geringere reproduktive Fitness als die beiden anderen Stämme. • Der Fortpflanzungserfolg von <i>B. germanica</i> ist bei Männchen abhängig von der Partnerwahl durch das Weibchen und diese bevorzugen größere Männchen. Daher haben die oft kleineren Männchen des Stammes PR-712-Indoxacarb insbesondere bei schlechten Nahrungsbedingungen eine geringere reproduktive Fitness. • Die Entwicklungsdauer von der Larve zum ausgewachsenen und geschlechtsreifen Insekt ist unter Mangelbedingungen bei PR-712-Indoxacarb deutlich länger als bei den anderen beiden Stämmen, sodass auch hier eine geringere reproduktive Fitness auftritt. • Kleinere Weibchen können weniger Energiereserven speichern als größere Weibchen und daher könnte die Gesamtzahl der Eier, die kleinere Weibchen produzieren, geringer sein als bei größeren Weibchen. Auch dieser Faktor führt zu einer Reduktion der reproduktiven Fitness der Weibchen insbesondere bei schlechten Nahrungsbedingungen. <p><i>(Andere fachlich korrekte Begründungen sind entsprechend zu bewerten, müssen aber das Konzept der reproduktiven Fitness berücksichtigen.)</i></p>	10
3	<p>analysiert ausführlich die Entwicklungstrends vor dem Hintergrund des Konzeptes der reproduktiven Fitness (Materialien A bis C), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die erhöhte Resistenz gegen Indoxacarb bedingt vermutlich einen erhöhten Stoffwechsellaufwand auch ohne direkte Einwirkung des Giftes. Diese energetischen Kosten vermindern insbesondere bei Mangelbedingungen die reproduktive Fitness. <p><i>(Die Begründung, dass die mögliche Veränderung des spannungsgesteuerten Natriumionen-Kanals die Vitalität der Insekten beeinträchtigen und so insbesondere bei</i></p>	2

	<i>Nahrungsmangel eine geringere reproduktive Fitness bewirken könnte, kann ggf. ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium darstellen.)</i>	
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>diskutiert das in Material D aufgeführte Zitat von Jensen et al., 2016, unter Berücksichtigung aller Materialien (Materialien A bis D), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei künstlicher Selektion durch Indoxacarb findet eine schnelle Evolution unter definierten Bedingungen im Labor statt, die zur Anpassung in Form einer erhöhten Insektizid-Resistenz zum Beispiel bei PR-712-Indoxacarb führt. • Aufgrund der kurzen Generationsdauer, der Vererbbarkeit der Anpassung und der extremen Selektion sind in kurzen Zeiträumen evolutionäre Prozesse bei <i>B. germanica</i> festzustellen. In diesem künstlichen System sind messbare Veränderungen bezüglich der Überlebensrate und der Entwicklungsdauer der Larven sowie der Größe der adulten Insekten bei <i>B. germanica</i> zu beobachten, die vermutlich Auswirkungen auf die reproduktive Fitness haben. In diesem System kann daher der aktuelle evolutionäre Wandel von Organismen in Bezug auf Fitness-bezogene Parameter erforscht werden. • Es handelt sich allerdings um künstliche Bedingungen, daher ist aus diesem Modellsystem keine uneingeschränkte Übertragung in ein natürliches System möglich. Erst bei Nahrungsmangel als weiterem Selektionsfaktor werden die möglichen Auswirkungen auf die Veränderungen der reproduktiven Fitness deutlicher. (Zur Vergabe der vollen Punktzahl müssen begründete Pro- und Kontra-Argumente auf der Basis der Materialien genannt werden.) 	8
2	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus. • strukturiert seine Darstellung sachgerecht. • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache. • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	9

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität ²			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	beschreibt ...	6			
2	leitet begründend ab ...	6			
3	erläutert ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		20			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	stellt kurz dar ...	6			
2	stellt kurz dar ...	2			
3	erläutert ...	8			
4	entwickelt eine Hypothese ...	2			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		18			

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	fasst zusammen ...	8			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

2	analysiert ausführlich ...	10			
3	analysiert ausführlich ...	2			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 3. Teilaufgabe		20			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	diskutiert ...	8			
2	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 4. Teilaufgabe		8			

Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe		66			
--	--	-----------	--	--	--

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken ... • strukturiert seine Darstellung ... • verwendet eine differenzierte ... • gestaltet seine Arbeit ... 	9			
Summe Darstellungsleistung		9			

Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)		75			
---	--	-----------	--	--	--

Festlegung der Gesamtnote (Bitte nach der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktsomme aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktsomme aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			

aus der Punktsumme resultierende Note gemäß nachfolgender Tabelle			
Note ggf. unter Absenkung um bis zu zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST			
Paraphe			

Berechnung der Endnote nach Anlage 4 der Abiturverfügung auf der Grundlage von § 34 APO-GOST

Die Klausur wird abschließend mit der Note _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	150 – 143
sehr gut	14	142 – 135
sehr gut minus	13	134 – 128
gut plus	12	127 – 120
gut	11	119 – 113
gut minus	10	112 – 105
befriedigend plus	9	104 – 98
befriedigend	8	97 – 90
befriedigend minus	7	89 – 83
ausreichend plus	6	82 – 75
ausreichend	5	74 – 68
ausreichend minus	4	67 – 60
mangelhaft plus	3	59 – 50
mangelhaft	2	49 – 41
mangelhaft minus	1	40 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2019

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Komplexe Wechselbeziehungen bei Brackwespen

1. Erläutern Sie die ökologischen Beziehungen der genannten Arten unter Angabe der Trophieebenen (Material A). Vergleichen Sie das vorliegende Parasitoid-Wirt-System mit einem Parasit-Wirt-System (Material A). *(10 Punkte)*
2. Stellen Sie kurz die Bedeutung von Transkriptionsfaktoren für Regulation der Genexpression bei Eukaryoten dar und erklären Sie anhand von Abbildung 2 die Abwehrreaktion der Tomatenpflanze (Material A). Fassen Sie in diesem Zusammenhang die in den Abbildungen 3 und 4 dargestellten Ergebnisse zusammen und werten Sie diese aus (Material B). *(26 Punkte)*
3. Stellen Sie kurz die Versuchsergebnisse dar (Abbildungen 5 und 6) und analysieren Sie auf dieser Basis den möglichen Einfluss der Poly-DNA-Viren auf die pflanzliche Abwehrreaktion (Material C). *(14 Punkte)*
4. Begründen Sie auf Basis des gesamten Materials, ob die Poly-DNA-Viren Symbionten der Brackwespen sind. Entwickeln Sie eine Hypothese, die die Integration des Genoms der Poly-DNA-Viren in das Genom der Brackwespen evolutionsbiologisch begründet (Material C). *(16 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- GTR (Grafikfähiger Taschenrechner) oder CAS (Computer-Algebra-System)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Abwehrreaktion der Tomatenpflanze gegen Blattfraß

Die Blätter der Tomatenpflanze werden von Raupen wie etwa der Raupe des Nachtfalters *Helicoverpa zea* gefressen. Zur Bekämpfung dieses Pflanzenschädling können zum Beispiel Parasitoide eingesetzt werden. Die Brackwespe *Microplitis croceipes* erkennt *H. zea* an ihren Fraßspuren oder Ausscheidungen und legt ein befruchtetes Ei in der Raupe von *H. zea* ab. Während der Entwicklung des Eis zur Larve ernährt sich die *M. croceipes*-Larve von der schwächer werdenden *H. zea*-Raupe, entwickelt sich auf der abgestorbenen Raupe zur Puppe und die flugfähige Brackwespe schlüpft nach einer Woche.

Beim Befall durch *H. zea*-Raupen kommt es zu einer Abwehrreaktion in den Tomatenblättern. Im Speichel der *H. zea*-Raupen ist das Enzym Glucose-Oxidase (GOX) enthalten, das bei der Tomatenpflanze als Signal für Blattfraß wirkt. Durch eine Signalkaskade wird die Expression von Genen reguliert, deren Genprodukte letztlich zu einer Abwehrreaktion in der Tomatenpflanze führen. Ein typisches Abwehrprotein im Tomatenblatt ist ein Trypsin-Inhibitor (TI), der als Protease-Inhibitor die Verdauungsaktivität der Raupen hemmt.

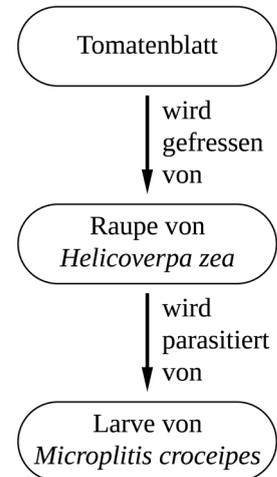


Abbildung 1
Nahrungsbeziehungen

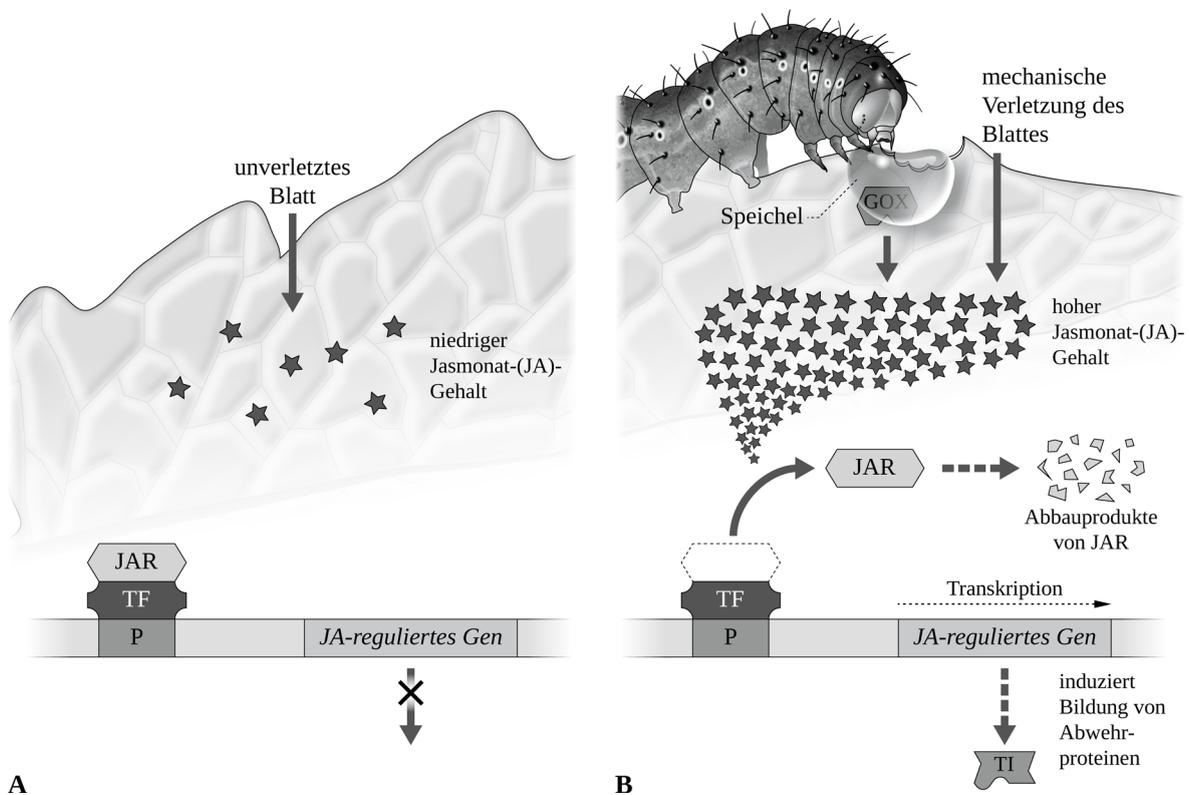


Abbildung 2 Expression Jasmonat-regulierter Gene

A in unverletzten Tomatenblättern; **B** in durch Fraß geschädigten Tomatenblättern.

JA: Jasmonat, JAR: Jasmonat-Repressor, P: Promotor, TF: Transkriptionsfaktor, TI: Trypsin-Inhibitor



Name: _____

Material B: Wechselbeziehungen zwischen Parasitoid, Wirt und Tomatenpflanze

Die Abwehrproteine, wie zum Beispiel der Trypsin-Inhibitor in den Tomatenblättern, werden von den blattfressenden Raupen aufgenommen und gelangen in ihr Verdauungssystem. Dort entfaltet der Protease-Inhibitor seine wachstumshemmende Wirkung.

Bei den Raupen von *Helicoverpa zea* wurden unterschiedliche Wachstumsraten abhängig vom Befall der Raupen durch die Brackwespe *Microplitis croceipes* festgestellt. Durch *M. croceipes* parasitierte Raupen (PR) zeigen unter sonst gleichen Bedingungen eine schnellere Wachstumsrate als nicht-parasitierte Raupen (NPR). Um diese Beobachtung genauer zu untersuchen, wurden verschiedene Experimente mit Tomatenblättern und Raupen von *H. zea* durchgeführt.

Nach sechs Tagen Blattfraß durch *H. zea* wurde die GOX-Aktivität im Speichel der nicht-parasitierten *H. zea*-Raupen (NPR) und parasitierten *H. zea*-Raupen (PR) bestimmt (Abbildung 3). In einer vergleichenden Untersuchung wurde außerdem die Aktivität des Trypsin-Inhibitors in einer definierten Blattmenge analysiert. Hier wurden unverletzte Blätter (UB), durch nicht-parasitierte *H. zea*-Raupen (NPR) angefressene Blätter sowie durch parasitierte *H. zea*-Raupen (PR) angefressene Blätter vergleichend betrachtet (Abbildung 4).

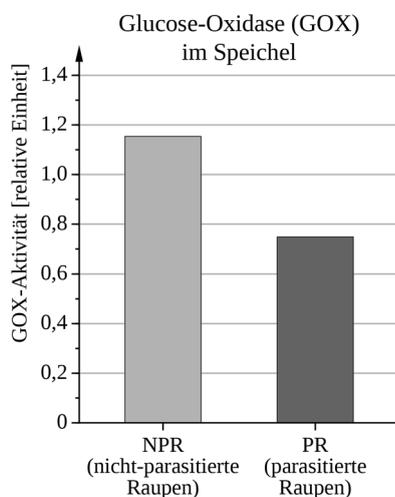


Abbildung 3 Glucose-Oxidase-Aktivität im Speichel von *H. zea*-Raupen sechs Tage nach Beginn des Blattfraßes

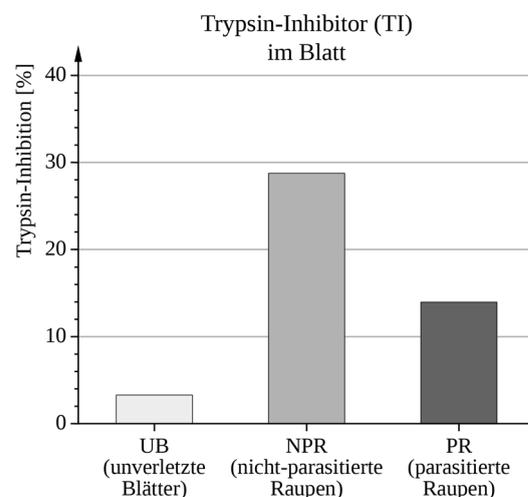


Abbildung 4 Aktivität des Trypsin-Inhibitors in unterschiedlich behandelten Tomatenblättern



Name: _____

Material C: *Microplitis croceipes* beherbergt Poly-DNA-Viren

Viele Brackwespen beherbergen Poly-DNA-Viren (PDV), die ausschließlich in diesen Wespen vorkommen. Die Virus-DNA ist stabil im Genom der Brackwespe integriert, wird an die Nachkommen weitergegeben und ist jeweils spezifisch für die zugehörige Brackwespenart. Man vermutet, dass diese unterschiedlichen Poly-DNA-Viren auf die Stammform eines Insektenvirus zurückzuführen sind, die vor etwa 70 Millionen Jahren in einen Vorfahren der heutigen Brackwespen eingeschleust wurde. Die adaptive Radiation der Brackwespen zu den rund 17 500 heute lebenden Arten wird auch auf die unterschiedlichen Poly-DNA-Viren dieser parasitoiden Wespen zurückgeführt, die für jeweils spezifische Wechselwirkungen zwischen Brackwespenart und parasitiertem Wirt verantwortlich sind.

In den Eierstöcken der Brackwespen kommen freie Poly-DNA-Viruspartikel vor. Legt *M. croceipes* ein befruchtetes Ei in einer *H. zea*-Raupe ab, so werden während der Eiablage auch freie Poly-DNA-Viren in die *H. zea*-Raupe übertragen. Die Viren sammeln sich insbesondere in den Speicheldrüsen der parasitierten *H. zea*-Raupe. In den Speicheldrüsenzellen der Raupe erfolgt dann die Expression der Virus-Gene. Die resultierenden Stoffwechselprodukte der Viren werden auch an ihre Umgebung, also an den Speichel der *H. zea*-Raupen, abgegeben.

Der mögliche Einfluss der Poly-DNA-Viren auf *M. croceipes* und *H. zea*-Raupen wurde experimentell untersucht. Nicht-parasitierte *H. zea*-Raupen (NPR-K) und parasitierte *H. zea*-Raupen (PR) wurden mit nicht-parasitierten Raupen verglichen, denen gezielt Poly-DNA-Viren injiziert worden sind (PDV-R). Zur Kontrolle wurde den nicht-parasitierten *H. zea*-Raupen (NPR-K) eine unschädliche Kochsalzlösung injiziert, um Effekte der Injektion auszuschließen. Zunächst wurde die GOX-Aktivität im Speichel der verschiedenen behandelten Raupen bestimmt (Abbildung 5). Anschließend wurden die Auswirkungen des Blattfraßes durch die unterschiedlich behandelten Raupen auf die Abwehrreaktion bei Tomatenpflanzen analysiert, und im Vergleich dazu wurden unverletzte Blätter untersucht (Abbildung 6).

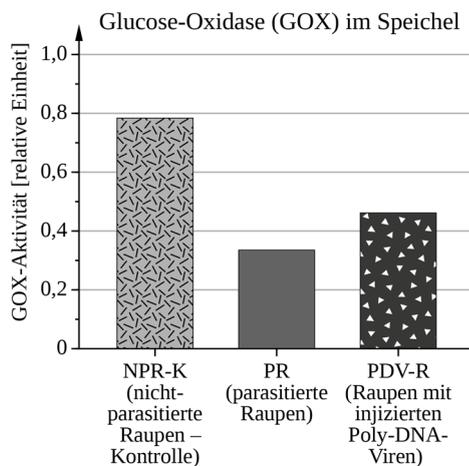


Abbildung 5 Glucose-Oxidase-Aktivität im Speichel unterschiedlich behandelter *H. zea*-Raupen

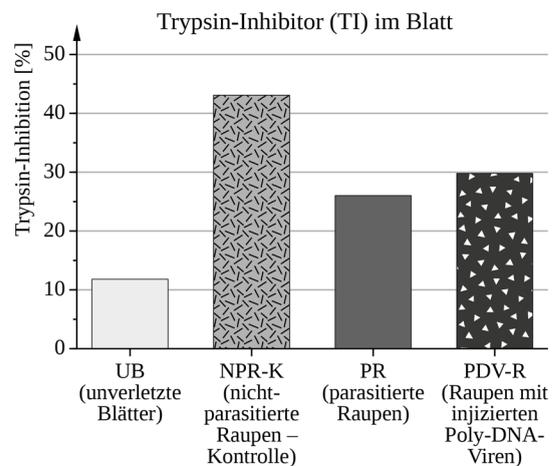


Abbildung 6 Aktivität des Trypsin-Inhibitors bei unterschiedlich behandelten Tomatenblättern

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2019****Biologie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

2. Aufgabenstellung¹**Thema: Komplexe Wechselbeziehungen bei Brackwespen**

1. Erläutern Sie die ökologischen Beziehungen der genannten Arten unter Angabe der Trophieebenen (Material A). Vergleichen Sie das vorliegende Parasitoid-Wirt-System mit einem Parasit-Wirt-System (Material A). (10 Punkte)
2. Stellen Sie kurz die Bedeutung von Transkriptionsfaktoren für Regulation der Genexpression bei Eukaryoten dar und erklären Sie anhand von Abbildung 2 die Abwehrreaktion der Tomatenpflanze (Material A). Fassen Sie in diesem Zusammenhang die in den Abbildungen 3 und 4 dargestellten Ergebnisse zusammen und werten Sie diese aus (Material B). (26 Punkte)
3. Stellen Sie kurz die Versuchsergebnisse dar (Abbildungen 5 und 6) und analysieren Sie auf dieser Basis den möglichen Einfluss der Poly-DNA-Viren auf die pflanzliche Abwehrreaktion (Material C). (14 Punkte)
4. Begründen Sie auf Basis des gesamten Materials, ob die Poly-DNA-Viren Symbionten der Brackwespen sind. Entwickeln Sie eine Hypothese, die die Integration des Genoms der Poly-DNA-Viren in das Genom der Brackwespen evolutionsbiologisch begründet (Material C). (16 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Material A
Abbildung 1: eigene Abbildung
Abbildung 2: eigene Abbildung nach Howe & Jander, 2008, Abb. 3, S. 51 und Abb. 4, S. 52
- Material B
Abbildung 3: verändert nach Tan et al., 2018, Abb. 1, S. 2
Abbildung 4: verändert nach Tan et al., 2018, Abb. 2B, S. 3

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

- Material C
Abbildung 5: verändert nach Tan et al., 2018, Abb. 3, S. 3
Abbildung 6: verändert nach Tan et al., 2018, Abb. 4, S. 4
- Espagne, E., Dupuy, C., Huguet, E., Cattolico, L., Provost, B., ... Drezen, J. M. (2004). Genome Sequence of a Polydnavirus: Insights into Symbiotic Virus Evolution. *Science*, 306(5694), 286–289. <https://doi.org/10.1126/science.1103066>
- Howe, G. A. & Jander, G. (2008). Plant Immunity to Insect Herbivores. *Annual Review of Plant Biology*, 59(1), 41–66. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092825>
- Tan, C.-W., Peiffer, M., Hoover, K., Rosa, C., Acevedo, F. E. & Felton, G. W. (2018). Symbiotic polydnavirus of a parasite manipulates caterpillar and plant immunity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201717934. <https://doi.org/10.1073/pnas.1717934115>

4. Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Vorgaben 2019

Die Aufgaben weisen vielfältige Bezüge zu den Kompetenzerwartungen und Inhaltsfeldern des Kernlehrplans bzw. zu den in den Vorgaben ausgewiesenen Fokussierungen auf. Im Folgenden wird auf Bezüge von zentraler Bedeutung hingewiesen.

1. *Inhaltliche Schwerpunkte*
 - Ökologie
 - Genetik
 - Genregulation
 - Evolution
 - Grundlagen evolutiver Veränderung
2. *Medien/Materialien*
 - entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Taschenrechner (graphikfähiger Taschenrechner / CAS-Taschenrechner)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert die ökologischen Beziehungen der genannten Arten unter Angabe der Trophieebenen (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Raupe von <i>Helicoverpa zea</i> ist ein Herbivor und frisst Tomatenblätter. Die Tomatenpflanze ist der Produzent und die Raupe Konsument erster Ordnung. <i>H. zea</i> wird parasitiert vom Parasitoid <i>Microplitis croceipes</i>, beide stehen in einem Räuber-Beute-Verhältnis. Damit ist die Brackwespenlarve ein Konsument zweiter Ordnung. 	4
2	<p>vergleicht das Parasitoid-Wirt-System mit einem Parasit-Wirt-System (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Beiden Systemen ist gemeinsam, dass der in der Regel kleine Parasit auf Kosten des großen Wirtes lebt und diesen schädigt. Parasiten töten den Wirt nicht, sondern schädigen ihn nur. Daher kann der Wirt erneut von Parasiten befallen werden. Parasitoide wie die Brackwespenlarve entwickeln sich innerhalb ihres Wirtes und töten während ihrer Entwicklung diesen Wirt. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>stellt kurz die Bedeutung von Transkriptionsfaktoren für Regulation der Genexpression bei Eukaryoten dar, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Allgemeine Transkriptionsfaktoren beeinflussen die Bindefähigkeit der RNA-Polymerase an den Promotor. Sie bilden einen Komplex mit Promotor und RNA-Polymerase und ermöglichen so den Start der Transkription. Spezifische Transkriptionsfaktoren beeinflussen die Transkriptionsrate spezifisch für die jeweiligen Gene. Durch Bindung von Faktoren an Enhancer-Sequenzen können sie eine Erhöhung der Transkriptionsrate bewirken, durch Bindung an Silencer können andere Faktoren die Transkriptionsrate vermindern. <p><i>(Die Darstellung des Mediator-Komplexes wird nicht erwartet und stellt ggf. ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)</i></p>	6
2	<p>erklärt anhand von Abbildung 2 die Abwehrreaktion der Tomatenpflanze (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Durch den Blattfraß der <i>H. zea</i>-Raupen entstehen Verletzungen an den Blättern der Tomatenpflanze. GOX im Speichel der Raupen sowie die mechanische Verletzung des Blattes bewirken die Auslösung einer Signalkaskade bei befallenen Tomatenpflanzen, bei der die Jasmonat (JA)-Konzentration in den Blattzellen ansteigt. 	8

	<ul style="list-style-type: none"> Die hohe Konzentration von JA bewirkt, dass sich JAR vom spezifischen Transkriptionsfaktor (TF) löst und abgebaut wird. Dadurch kommt es zur Aktivierung und demnach zur Transkription von Genen, die zur Abwehrreaktion beitragen. Als weitere Folge werden zum Beispiel Gene aktiviert, die etwa zur Bildung von Trypsin-Inhibitor (TI) führen. TI ist ein Protease-Inhibitor, der die Verdauungsaktivität der Raupen hemmt und so das Wachstum der Raupen erschwert. 	
3	<p>fasst in diesem Zusammenhang die in den Abbildungen 3 und 4 dargestellten Ergebnisse zusammen (Material B), z. B.:</p> <p>Abbildung 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die GOX-Aktivität im Speichel wurde nach 6 Tagen bestimmt und ist bei nicht-parasitierten Raupen etwa um ein Drittel höher als bei parasitierten Raupen. <p>Abbildung 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Trypsin-Inhibition ist im unverletzten Tomatenblatt (UB) sehr gering. Dagegen ist die Aktivität des Abwehrproteins in einer durch Blattfraß geschädigten Tomatenpflanze deutlich höher. Die Aktivität der Abwehrproteine in einer Tomatenpflanze, die von <i>M. croceipes</i> parasitierten <i>H. zea</i>-Raupen geschädigt wird, ist höher als beim unverletzten Blatt, allerdings deutlich niedriger als bei Befall durch nicht-parasitierte Raupen. 	6
4	<p>wertet diese aus (Material B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die erhöhte TI-Aktivität der befallenen Tomatenpflanze belegt, dass der Blattfraß der <i>H. zea</i>-Raupen die Abwehrreaktion der Pflanze auslöst. Die Parasitierung von <i>H. zea</i>-Raupen durch <i>M. croceipes</i> senkt die GOX-Aktivität im Speichel der <i>H. zea</i>-Raupen. Aufgrund der geringeren GOX-Aktivität wird der GOX-abhängige Signalweg in der Tomatenpflanze in geringerem Umfang ausgelöst und daher wird die Abwehrreaktion der Tomatenpflanze niedriger ausfallen. 	4
5	<p>wertet diese aus (Material B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Parasitierung durch die Brackwespen ermöglicht den <i>H. zea</i>-Raupen, sich effizienter von den Tomatenpflanzen zu ernähren. Parasitierte Raupen besitzen eine schnellere Wachstumsrate, weil zum Beispiel eine geringere Protease-Inhibition auftritt. Dadurch haben die <i>M. croceipes</i>-Larven bessere Entwicklungsmöglichkeiten in der <i>H. zea</i>-Raupe. 	2
6	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>stellt kurz die Versuchsergebnisse dar (Abbildungen 5 und 6), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die GOX-Aktivität bei NPR-K ist etwa doppelt so hoch wie bei parasitierten Raupen und deutlich höher als bei den PDV-R (Abbildung 5). Der Fraß durch PDV-Raupen senkt die Aktivität des Trypsin-Inhibitors im Tomatenblatt auf ein ähnliches Niveau wie beim Fraß durch parasitierte Raupen (Abbildung 6). <p><i>(Alternative sachlogisch korrekte Ausführungen sind entsprechend zu werten.)</i></p>	4
2	<p>analysiert auf dieser Basis den möglichen Einfluss der Poly-DNA-Viren auf die pflanzliche Abwehrreaktion (Material C), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Injektion der Poly-DNA-Viren senkt die GOX-Aktivität im Speichel der <i>H. zea</i>-Raupen auf ein ähnliches Niveau wie bei den von <i>M. croceipes</i> parasitierten Raupen. Die Bildung von Abwehrproteinen in der Tomatenpflanze ist bei Fraß durch nicht-parasitierte Raupen (NPR-K) im Vergleich zum unverletzten Blatt hoch. Bei Fraß durch PDV-Raupen und P-Raupen ist die Produktion des Abwehrproteins TI auf einem annähernd gleichen, niedrigeren Niveau, erhöht im Vergleich zum unverletzten Blatt (UB). <p><i>(Alternative sachlogisch korrekte Ausführungen sind entsprechend zu werten.)</i></p>	6
3	<p>analysiert auf dieser Basis den möglichen Einfluss der Poly-DNA-Viren auf die pflanzliche Abwehrreaktion (Material C), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Poly-DNA-Viren sind für die geringere GOX-Bildung im Speichel der Raupen verantwortlich, indem sie bei Parasitierung durch <i>M. croceipes</i> in die Zellen der Speicheldrüsen der Raupen gelangen und durch ihre Genprodukte die GOX-Produktion der Raupe hemmen. Folglich beeinflussen die Poly-DNA-Viren die Genexpression in den Speicheldrüsenzellen der Raupe, vermindern die GOX-Produktion, verringern die Ausmaße der Signalkaskade und hemmen so die pflanzliche Abwehrreaktion. <p><i>(Die Möglichkeit der direkten Beeinflussung der pflanzlichen Genexpression durch die Genprodukte der Poly-DNA-Viren im Speichel der Raupe stellt ggf. ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)</i></p>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>begründet auf Basis des gesamten Materials, ob die Poly-DNA-Viren Symbionten der Brackwespen sind, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Eine obligate Symbiose liegt zwischen zwei verschiedenen Organismen dann vor, wenn beide Organismen einen Vorteil aus dieser engen Wechselbeziehung haben und nicht ohne den Symbiosepartner überleben können. Wie die Versuchsergebnisse in Material C verdeutlichen, hat <i>M. croceipes</i> durch die gehemmte Abwehrreaktion aufgrund der Poly-DNA-Viren und die dadurch bedingte schnellere Wachstumsrate der <i>H. zea</i>-Raupen bessere Entwicklungsbedingungen. 	4

2	<p>begründet auf Basis des gesamten Materials, ob die Poly-DNA-Viren Symbionten der Brackwespen sind, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Poly-DNA-Viren, deren Genom stabil im Genom der heranwachsenden Larven von <i>M. croceipes</i> integriert ist, sichern das Überleben ihres Wirtes, der Brackwespen, und somit das auch eigene Überleben. Die Poly-DNA-Viren sind bei ihrer Vermehrung auf die Brackwespe angewiesen. • Da die Virus-DNA der Poly-DNA-Viren stabil im Genom der jeweiligen Brackwespe integriert ist, ist von einer obligaten Beziehung auszugehen. • Zählt man Viren zu den Organismen bzw. Lebewesen, da sie eine Evolution durchlaufen können, so liegt eine obligate Symbiose zwischen Brackwespe und Poly-DNA-Virus vor. 	6
3	<p>entwickelt eine Hypothese, die die Integration des Genoms der <i>Poly-DNA-Viren</i> in das Genom der Brackwespen evolutionsbiologisch begründet (Material C), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vor etwa 70 Millionen Jahren kam es zu einer zufälligen Integration der Virus-Stammform in das Genom der Stammform der Brackwespen. • Diese Stammform hatte im Vergleich zu nicht infizierten Brackwespen einen Selektionsvorteil und eine höhere reproduktive Fitness, da sich ihre parasitoiden Larven besser in herbivoren Wirtstieren entwickelten. Das Genom der Viren wurde somit an die nachfolgende Generation vererbt und ein vorteilhafter, fester Bestandteil des Genoms der Brackwespen. • Die adaptive Radiation der Brackwespen und ihre Spezialisierung auf ihren jeweiligen Wirt wurde durch die Poly-DNA-Viren erst ermöglicht, da jeweils spezifische Wechselwirkungen mit den parasitierten Wirten mithilfe der übertragenen Poly-DNA-Viren vermittelt worden sind. <p><i>(Die Darstellung der Coevolution zwischen Brackwespen und Poly-DNA-Viren stellt ggf. ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)</i></p>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus. • strukturiert seine Darstellung sachgerecht. • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache. • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	9

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität ²			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert ...	4			
2	vergleicht ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	10			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	stellt kurz dar ...	6			
2	erklärt ...	8			
3	fasst zusammen ...	6			
4	wertet aus ...	4			
5	wertet aus ...	2			
6	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	26			

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	stellt kurz dar ...	4			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

2	analysiert ...	6			
3	analysiert ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 3. Teilaufgabe		14			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	begründet ...	4			
2	begründet ...	6			
3	entwickelt eine Hypothese ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 4. Teilaufgabe		16			

Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe		66			
--	--	-----------	--	--	--

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken ... • strukturiert seine Darstellung ... • verwendet eine differenzierte ... • gestaltet seine Arbeit ... 	9			
Summe Darstellungsleistung		9			

Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)		75			
---	--	-----------	--	--	--

Die Festlegung der Gesamtnote erfolgt auf dem Auswertungsbogen in LK NT 1.



Name: _____

Abiturprüfung 2019

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Schlafphasensyndrom – Wenn die innere Uhr aus dem Takt gerät

1. Beschreiben Sie den dargestellten Vorgang der Genregulation in Abbildung 1 auch unter Berücksichtigung von Material A und erläutern Sie, wie hierdurch eine tageszeitliche Rhythmik im Nucleus suprachiasmaticus entsteht (Material A). *(16 Punkte)*
2. Ermitteln Sie die molekulargenetischen Ursachen für ASPS anhand von Tabelle 1 (Materialien B und E). Geben Sie Unterschiede bei der Genregulation bei Personen mit ASPS an (Materialien A und B) und erklären Sie diese mithilfe der Veränderungen im Exon 17 (Materialien A und B). Entwickeln Sie eine Hypothese, wie die Ausbildung des Phänotyps bei Personen mit ASPS auf genregulatorischer Ebene erklärt werden könnte (Materialien A bis B). *(22 Punkte)*
3. Erklären Sie die wesentlichen Einflüsse von hemmenden und erregenden Synapsen auf die postsynaptische Erregungsentstehung und erläutern Sie die Wirkung der Neurotransmitter GABA und Glutamat auf die Melatoninproduktion in der Zirbeldrüse (Material C). *(16 Punkte)*
4. Erläutern Sie die Einsatzmöglichkeiten der Lichttherapie bei ASPS-Betroffenen und beurteilen Sie die Erfolgsaussichten (Materialien A bis D). *(12 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- GTR (Grafikfähiger Taschenrechner) oder CAS (Computer-Algebra-System)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

Name: _____

Material A: Steuerung der „inneren Uhr“ bei Säugern

Eine besondere Anpasstheit an das Wechselspiel zwischen Umwelt und Lebewesen ist die circadiane Uhr, mit der Organismen sich auf den 24-stündigen Tag/Nacht-Rhythmus der Erdumdrehung einregeln. In Säugerhirnen steuert der Nucleus suprachiasmaticus (SCN) als zentraler Schrittmacher die Schlaf-Wach-Rhythmik, wird aber dabei durch äußere Faktoren wie etwa Licht beeinflusst. Der SCN ist ein Zellhaufen aus etwa 10 000 Neuronen beim Menschen und liegt im Hypothalamus. Neuere Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass verschiedene regulatorische Proteine im SCN von besonderer Bedeutung sind, die je nach Lichtintensität und Tageszeit in unterschiedlichen Mengen gebildet werden. Dabei können die Proteine als genregulatorische Schalter wiederum selbst verschiedene Gene an- und abschalten, deren Genprodukte unter anderem für die Signalweitergabe an andere Zellen verantwortlich sind.

Eine besondere Rolle spielt bei dieser Regulationskette das Protein PER (abgeleitet vom englischen Wort *period*). Die Genregulation des für PER codierenden Gens, des *per*-Gens, ist in einem vereinfachten Modell grafisch dargestellt (Abbildung 1). PER hemmt auch die Expression von vielen anderen Genen, deren Genprodukte im Verlauf einer Signalkette für die Weitergabe sich rhythmisch ändernder Signale an andere Zellen verantwortlich sind.

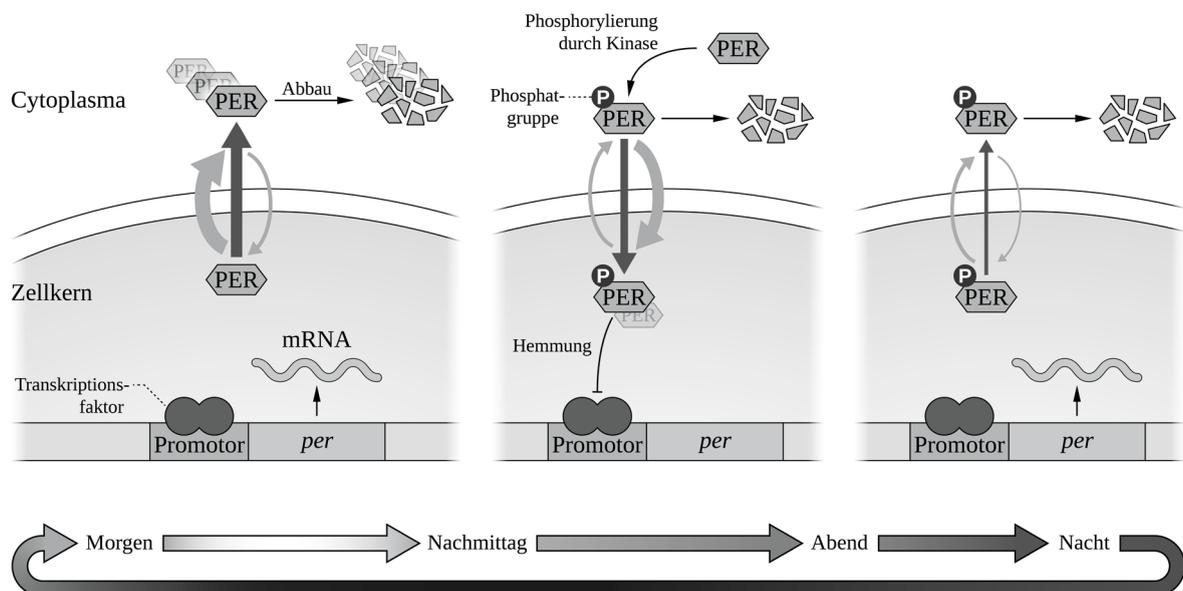


Abbildung 1 Vereinfachtes Modell der Regulation des *per*-Gens in Neuronen des Nucleus suprachiasmaticus. Die dargestellten Abläufe gehen fließend ineinander über.



Name: _____

Material B: Ursachen bei Betroffenen mit ASPS

Das Vorverlagerte Schlafphasensyndrom (ASPS, englisch: *Advanced Sleep Phase Syndrome*) ist eine Schlafstörung, bei der es bei Betroffenen zu einer Verschiebung des Schlaf-/Wachrhythmus um etwa vier Stunden kommt. In der Regel erwachen Betroffene besonders früh, bereits ab 3 Uhr morgens; das Einschlafen erfolgt ebenfalls vorzeitig, etwa gegen 18 Uhr.

Bei ASPS-Betroffenen wurden genetische Analysen des *per*-Gens durchgeführt und Veränderungen im Exon 17 entdeckt (Tabelle 1). Das *per*-Gen besteht aus 23 Exons, die für insgesamt 1255 Aminosäuren codieren. Das PER-Protein besitzt Bindungsstellen für verschiedene Proteine, mit denen es Wechselwirkungen eingeht. Im Bereich der Aminosäuresequenz, die von Exon 17 codiert wird, liegt zum Beispiel die Bindungs- und Phosphorylierungsstelle einer Kinase. Ausgehend von diesen Ergebnissen wurde ein Modell zur Erklärung der ASPS-Symptomatik auf molekularer Ebene entwickelt (Abbildung 2).

Tabelle 1 DNA-Sequenzausschnitt aus dem Exon 17 (Nukleotidposition 2103 bis 2111) aus dem codogenen Strang des *per*-Gens.

Gesunde Person	3' ... CTC TCA CAC ... 5'
ASPS-Betroffener	3' ... CTC CCA CAC ... 5'

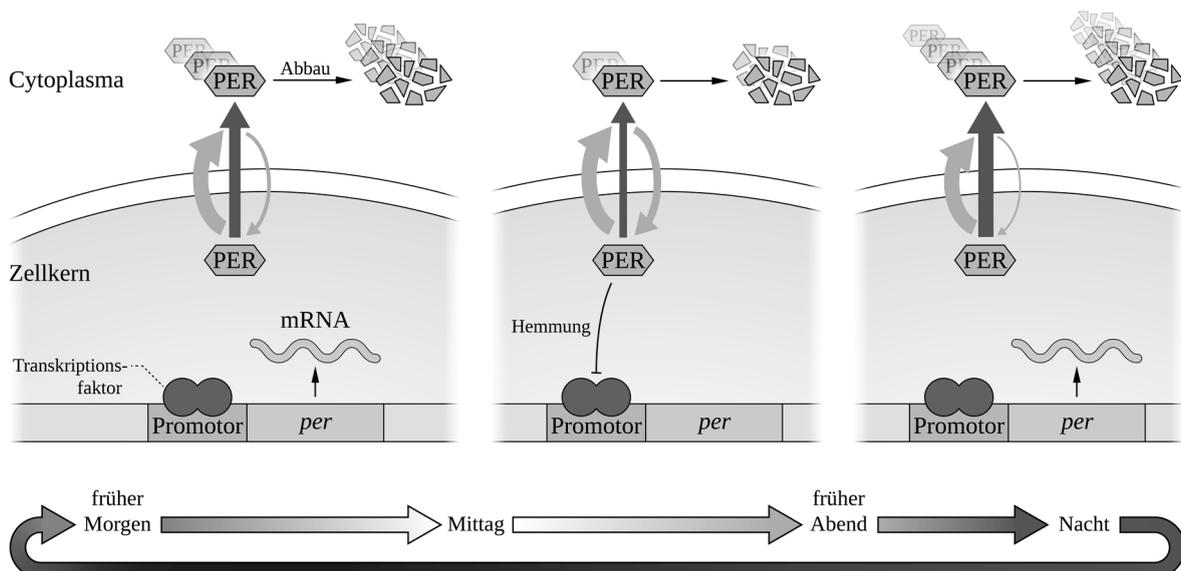


Abbildung 2 Vereinfachtes Modell der Regulation des *per*-Gens in Neuronen des Nucleus suprachiasmaticus bei Personen mit ASPS. Die dargestellten Abläufe gehen fließend ineinander über.



Name: _____

Material C: Lichtabhängige Regulation des Schlafhormons Melatonin

Der Nucleus suprachiasmaticus (SCN) sitzt beim Menschen knapp drei Zentimeter hinter den Augäpfeln im Hypothalamus. Die SCN-Neuronen sind mit der Netzhaut und anderen Hirnarealen neuronal verbunden (Abbildung 3). Die Lichtsinneszellen in der Netzhaut erfassen die Änderungen der Lichtverhältnisse bei Tagesanbruch und Dämmerung und leiten sie an den SCN weiter. In Abhängigkeit von der Lichtintensität geben Neuronen des SCN die Neurotransmitter GABA und Glutamat an die synaptisch verknüpften Neuronen des Nucleus paraventricularis (PVN) ab. GABA hat hier eine hemmende Wirkung auf die postsynaptische Zelle, während Glutamat eine erregende Wirkung hat.

Die Wirkung beider Neurotransmitter auf den PVN reguliert so die lichtabhängige Signalweitergabe und folglich die Produktion des Schlafhormons Melatonin in der Zirbeldrüse, die nur bei Dunkelheit erfolgt. Verteilt über den Blutkreislauf begünstigt Melatonin die Schlafphase.

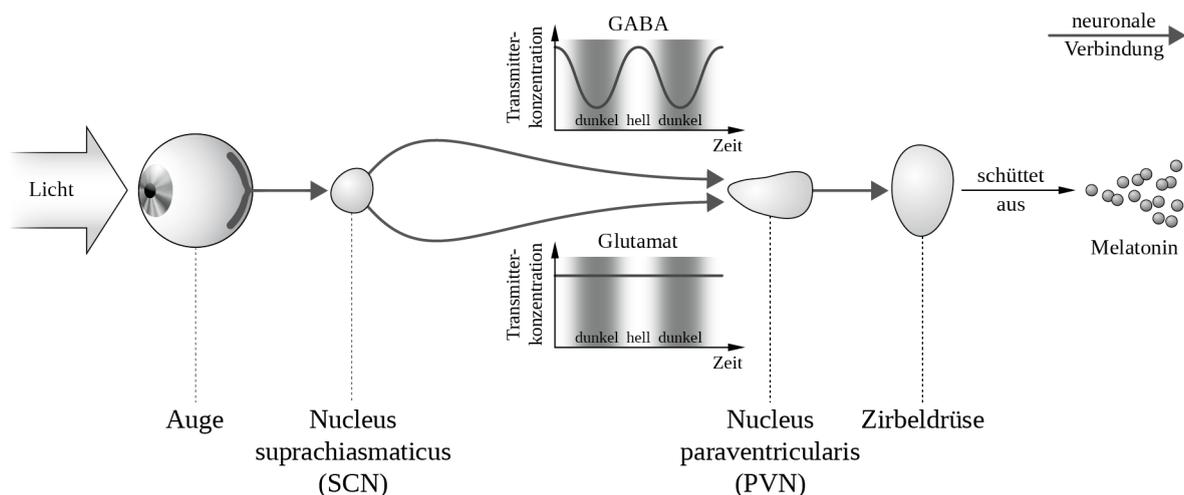


Abbildung 3 Neuronales Modell zur lichtabhängigen Regulation der Melatoninproduktion

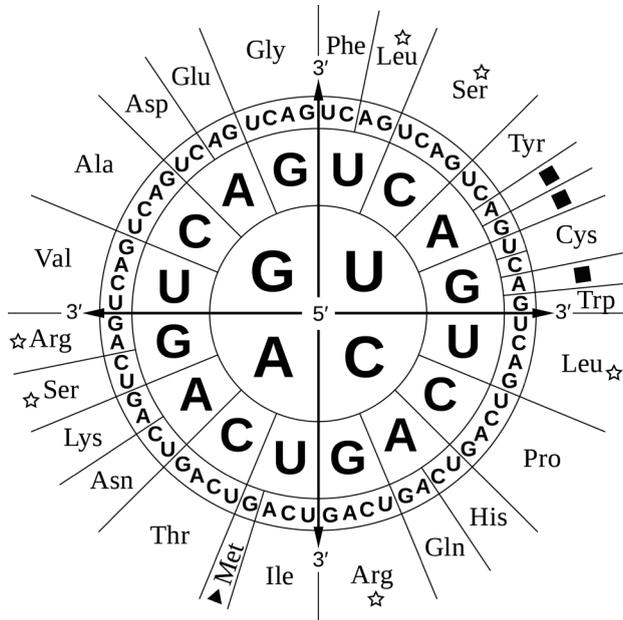
Material D: Lichttherapie bei ASPS

Neben der lichtabhängigen Regulation des Schlafhormons Melatonin aktiviert Licht in den Zellen des SCN über eine Signalkaskade die Bildung von PER. Bei einer Lichttherapie werden Personen mit Licht von einer Speziallampe über einen bestimmten Zeitraum täglich ca. 40 Minuten bestrahlt. Die erwünschte Wirkung im Organismus wird nur durch das vom Auge empfangene Licht erzeugt. Bei Personen mit ASPS soll die Lichttherapie zum frühen Abend erfolgen. Die empfohlene und überwiegend durchgeführte Behandlung bei der Lichttherapie ist eine ambulante häusliche Form.



Name: _____

Material E: Codesonne und Tabelle zum genetischen Code



- ▶ Start-Codon
- Stopp-Codon
- ☆ zweimal auftretende Aminosäure

- Ala Alanin
- Arg Arginin
- Asn Asparagin
- Asp Asparaginsäure
- Cys Cystein
- Gln Glutamin
- Glu Glutaminsäure
- Gly Glycin
- His Histidin
- Ile Isoleucin
- Leu Leucin
- Lys Lysin
- Met Methionin
- Phe Phenylalanin
- Pro Prolin
- Ser Serin
- Thr Threonin
- Trp Tryptophan
- Tyr Tyrosin
- Val Valin

Erste Base 5'	Zweite Base				Dritte Base 3'
	U	C	A	G	
U	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	■	■	A
	Leu	Ser	■	Trp	G
C	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
A	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	▶ Met	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2019

Biologie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

2. Aufgabenstellung¹

Thema: Schlafphasensyndrom – Wenn die innere Uhr aus dem Takt gerät

1. Beschreiben Sie den dargestellten Vorgang der Genregulation in Abbildung 1 auch unter Berücksichtigung von Material A und erläutern Sie, wie hierdurch eine tageszeitliche Rhythmik im Nucleus suprachiasmaticus entsteht (Material A).
(16 Punkte)
2. Ermitteln Sie die molekulargenetischen Ursachen für ASPS anhand von Tabelle 1 (Materialien B und E). Geben Sie Unterschiede bei der Regulation des *per*-Gens bei Personen mit und ohne ASPS an (Materialien A und B) und erklären Sie diese mithilfe der Veränderungen im Exon 17 (Materialien A und B). Entwickeln Sie eine Hypothese, wie die Vorverlagerung der Einschlaf- und Aufwachphase bei Personen mit ASPS mit der Veränderung des PER-Proteins zusammenhängen könnte (Materialien A und B).
(22 Punkte)
3. Erklären Sie die wesentlichen Einflüsse von hemmenden und erregenden Synapsen auf die postsynaptische Erregungsentstehung und erläutern Sie die Wirkung der Neurotransmitter GABA und Glutamat auf die Melatoninproduktion in der Zirbeldrüse (Material C).
(16 Punkte)
4. Erläutern Sie die Einsatzmöglichkeiten der Lichttherapie bei ASPS-Betroffenen und beurteilen Sie die Erfolgsaussichten (Materialien A bis D).
(12 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Material A
Abbildung 1 verändert nach: Vanselow et al., 2006, Abb. 8, S. 2668
- Material B
Tabelle 1 verändert nach: Toh et al., 2001, Abb. 2B, S. 1041
Abbildung 2 verändert nach: Vanselow et al., 2006, Abb. 8, S. 2668
- Material C
verändert nach: Perreau-Lenz, 2004, Abb. 4, S. 56

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

- Eichele, G. & Oster, H. (2008). Chronobiologie: Das genetische Netzwerk der zirkadianen Uhr koordiniert die Wechselwirkung zwischen Lebewesen und Umwelt. Abgerufen 19. Januar 2019, von <https://www.mpg.de/318255/forschungsSchwerpunkt2?c=166434>
- Kunz, D. (2006). *Melatonin und Schlaf-Wach Regulation* (Habilitationsschrift). Medizinische Fakultät der Charité – Universitätsmedizin Berlin, Berlin. Abgerufen von <https://d-nb.info/1023329107/34>
- Lee, Y., Jang, A. R., Francey, L. J., Sehgal, A. & Hogenesch, J. B. (2015). KPNB1 mediates PER/CRY nuclear translocation and circadian clock function. *ELife*, 4. <https://doi.org/10.7554/eLife.08647>
- Medichron Publications. (2014, Dezember 22). Circadiane Schlafstörungen und Chronobiologie. Abgerufen 19. Januar 2019, von <https://www.chronobiology.com/de/circadiane-schlafstoerungen-und-chronobiologie/>
- Perreau-Lenz, S. (2004). *Control of the daily melatonin rhythm : A model of time distribution by the biological clock mediated through the autonomic nervous system* (PhD Thesis). University of Amsterdam, Amsterdam. Abgerufen von https://pure.uva.nl/ws/files/3605712/43883_Thesis.pdf
- Toh, K. L., Jones, C. R., He, Y., Eide, E. J., Hinz, W. A., ... Fu, Y.-H. (2001). An hPer2 Phosphorylation Site Mutation in Familial Advanced Sleep Phase Syndrome. *Science*, 291(5506), 1040–1043. <https://doi.org/10.1126/science.1057499>
- Vanselow, K., Vanselow, J. T., Westermarck, P. O., Reischl, S., Maier, B., ... Kramer, A. (2006). Differential effects of PER2 phosphorylation: molecular basis for the human familial advanced sleep phase syndrome (FASPS). *Genes & Development*, 20(19), 2660–2672. <https://doi.org/10.1101/gad.397006>
- Wagner, E. (1999). Chronobiologie. Abgerufen 20. Januar 2019, von <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/chronobiologie/13999>
- Zähringer, H. (2001, April). Laborjournal online: Stichwort - Circadiane Uhr-Gene. Abgerufen 20. Januar 2019, von https://www.laborjournal.de/rubric/archiv/stichwort/w_01_04.lasso
- Zulley. (1994). Die Anwendung der Lichttherapie bei Schlafstörungen. In *Jahrbuch Schlafmedizin in Deutschland* (S. 67–70). München: MMV Medizin Verlag.
- Zulley, J. (2004). Licht macht Laune. Abgerufen 19. Januar 2019, von <https://www.ugb.de/forschung-studien/licht-macht-laune/>

4. Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Vorgaben 2019

Die Aufgaben weisen vielfältige Bezüge zu den Kompetenzerwartungen und Inhaltsfeldern des Kernlehrplans bzw. zu den in den Vorgaben ausgewiesenen Fokussierungen auf.

Im Folgenden wird auf Bezüge von zentraler Bedeutung hingewiesen.

<p>1. <i>Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte</i></p> <p>Genetik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proteinbiosynthese • Genregulation • Gentechnik <p>Neurobiologie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neuronale Informationsverarbeitung und Grundlagen der Wahrnehmung <p>2. <i>Medien/Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • entfällt
--

5. Zugelassene Hilfsmittel

- GTR (Grafikfähiger Taschenrechner) oder CAS (Computer-Algebra-System)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt den dargestellten Vorgang der Genregulation in Abbildung 1 auch unter Berücksichtigung von Material A, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zum Tagesbeginn bindet ein Transkriptionsfaktor am Promotor des <i>per</i>-Gens und initiiert die Transkription des <i>per</i>-Gens im Zellkern. • Im Cytoplasma wird die reife <i>per</i>-mRNA translatiert und das PER-Protein gebildet. Da das entstandene PER direkt abgebaut wird, gelangt es am Vormittag nur zu geringem Anteil in den Zellkern. • Zum späten Nachmittag wird PER von einer Kinase im Cytoplasma phosphoryliert. Das phosphorylierte PER-Protein gelangt in größerer Menge in den Zellkern, wo dieses eine hemmende Wirkung auf den gezeigten Transkriptionsfaktor hat. Als Folge hemmt das phosphorylierte PER seine eigene Genexpression. • Das phosphorylierte PER-Protein gelangt nachts vermehrt zurück ins Cytoplasma und wird abgebaut. Die hemmende Wirkung auf den Transkriptionsfaktor im Zellkern lässt nach und die Transkription des <i>per</i>-Gens setzt wieder ein. 	8
2	erläutert, wie hierdurch eine tageszeitliche Rhythmik im Nucleus suprachiasmaticus entsteht (Material A), z. B.:	8

	<ul style="list-style-type: none"> • Morgens und bis zum frühen Nachmittag werden die PER-Proteine gebildet, sind aber nur in geringem Maße im Zellkern vorhanden. Daher findet keine Hemmung der Transkription des <i>per</i>-Gens und auch der weiteren, von PER beeinflussten Gene statt. So können im Hellen als Folge der Genexpression regulatorische Proteine ausgehend vom SCN die Signalkette starten. • Am späten Nachmittag und abends wird PER phosphoryliert, gelangt vermehrt in den Zellkern und hemmt dort den Transkriptionsfaktor. Als Folge wird die Genexpression des <i>per</i>-Gens und der weiteren von PER regulierten Gene gehemmt. Daher wird im Dunkeln die gesamte Signalkette herunterreguliert. • Nachts wird die Hemmung allmählich wieder aufgehoben, da das phosphorylierte PER vermehrt ins Cytoplasma gelangt. Dann setzt wiederum die Genexpression der von PER regulierten Gene ein und steigert sich bei Lichteinfluss am Morgen. 	
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	<p>ermittelt die molekulargenetischen Ursachen für ASPS anhand von Tabelle 1 (Materialien B und E), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Exon 17 des Gens <i>per</i> liegt bei Personen mit ASPS an der Nukleotidposition 2106 eine Substitution (Punktmutation) der Base Thymin durch Cytosin vor. • Ausgehend vom codogenen Triplet TCA wird im Rahmen der Proteinbiosynthese bei Personen mit ASPS somit die Aminosäure Glycin an Stelle von Serin in die Aminosäurekette eingebaut. • Es liegt also eine Missense-Mutation vor. <p>(Die Ableitung der mRNA sowie der vollständigen Aminosäureabfolge ist nicht erforderlich und stellt ggf. ein zusätzliches aufgabenbezogenes Kriterium dar.)</p>	6
2	<p>gibt Unterschiede bei der Regulation des <i>per</i>-Gens bei Personen mit und ohne ASPS an (Materialien A und B), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das PER-Protein wird nachmittags nicht phosphoryliert und gelangt zu geringem Umfang in den Zellkern, wo es den Transkriptionsfaktor hemmt. • Allerdings ist am Nachmittag weniger PER im Zellkern vorhanden, da insgesamt der Transport ins Cytoplasma überwiegt und PER dort abgebaut wird. Nachts gelangt noch mehr PER aus dem Zellkern ins Cytoplasma und wird sofort abgebaut, sodass die Transkription des <i>per</i>-Gens früher einsetzt. 	4
3	<p>erklärt diese mithilfe der Veränderungen im Exon 17 (Materialien A und B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auf molekularer Ebene bewirkt die Missense-Mutation im Exon 17 des <i>per</i>-Gens, dass die Kinase das PER-Protein nicht mehr phosphorylieren kann. Hier scheint die Bindestelle oder die Phosphorylierungsstelle betroffen zu sein. • Die hemmende Wirkung auf den Transkriptionsfaktor wird durch die Mutation nicht beeinflusst. • Die Phosphorylierung führt zu einer längeren Verweildauer des PER-Proteins im Zellkern. Folglich ist durch die fehlende Phosphorylierung die Verweildauer im Zellkern und damit die hemmende Wirkung auf den Transkriptionsfaktor kürzer. 	6
4	<p>entwickelt eine Hypothese, wie die Vorverlagerung der Einschlaf- und Aufwachphase bei Personen mit ASPS mit der Veränderung des PER-Proteins zusammenhängen könnte (Materialien A und B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auch bei ASPS findet eine von der Tageszeit abhängige Genregulation statt. Allerdings ist der genregulatorische Rhythmus zeitlich etwa vier Stunden vorverlagert. 	6

	<ul style="list-style-type: none"> • Da das PER-Protein nachmittags nicht phosphoryliert wird, verlässt es schneller den Zellkern und wird im Cytoplasma sofort abgebaut. Aufgrund der nachlassenden Hemmung durch PER im Zellkern wird zeitlich früher als bei Personen ohne ASPS die Proteinbiosynthese von PER-Proteinen und damit verbundenen Signalkaskaden in Gang gesetzt. • Folglich gelangen die nicht phosphorylierten PER-Proteine auch früher als bei Personen ohne ASPS in den Zellkern und bewirken vorzeitig eine Hemmung der Transkription von Genen, die über den dargestellten Transkriptionsfaktor gesteuert werden. Diese Prozesse können zu einer Vorverlagerung des Schlaf-/Wachrhythmus beitragen. <p><i>(Alternative fachlich korrekte Hypothesen sind entsprechend zu bewerten.)</i></p>	
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt die wesentlichen Einflüsse von hemmenden und erregenden Synapsen auf die postsynaptische Erregungsentstehung, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • An einer erregenden Synapse wird in der postsynaptischen Zelle ein EPSP, also eine Depolarisation, erzeugt. Dies wird über den Zellkörper geleitet und führt bei Erreichen einer Depolarisation über den Schwellenwert am Axonhügel zur Bildung von Aktionspotenzialen. • Im Vergleich dazu wird an einer hemmenden Synapse in der postsynaptischen Zelle ein IPSP, also eine Hyperpolarisation, erzeugt. Diese wird über den Zellkörper weitergeleitet, erschwert das Erreichen des Schwellenwertes am Axonhügel und hemmt so die Auslösung von Aktionspotenzialen. • Die räumliche und zeitliche Summation von Depolarisationen und Hyperpolarisationen am Axonhügel führt bei Erreichen des Schwellenwertes zur Auslösung von Aktionspotenzialen und einer weiteren Erregungsleitung. 	8
2	<p>erläutert die Wirkung der Neurotransmitter GABA und Glutamat auf die Melatoninproduktion in der Zirbeldrüse (Material C), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Neurotransmitter GABA wird unter Lichteinfluss von Neuronen des SCN gebildet und wirkt hyperpolarisierend auf Neuronen des PVN. • Dies hemmt die depolarisierende Wirkung von Glutamat im PVN, sodass die Zirbeldrüse nicht angeregt wird und damit kein Melatonin in der Zirbeldrüse gebildet wird. • Bei Dunkelheit wird weniger bzw. kein GABA ausgeschüttet, so dass die hemmende Wirkung auf die postsynaptische Erregungsentstehung aufgehoben wird und die erregende Wirkung des Neurotransmitters Glutamat auf den PVN überwiegt. • Folglich wird Melatonin in der Zirbeldrüse gebildet, gelangt in die Blutbahn und entfaltet seine schlaffördernde Wirkung. 	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert die Einsatzmöglichkeiten der Lichttherapie bei ASPS-Betroffenen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei Personen mit ASPS kommt es bereits am frühen Abend zum Eintritt einer vorzeitigen Schlafphase, die der lichtgesteuerten Regulation von Genen und der Bildung von Hormonen unterliegt. • Eine entscheidende Rolle bei Steuerung der Schlaf-/Wachrhythmik kommt der Regulation der Lichtintensität zu, da Lichtsinneszellen des Auges Informationen über die Lichtintensität an den SCN weiterleiten, der wiederum Informationen an weitere Hirnbereiche weiterleitet. • Die Lichttherapie zielt bei Personen mit ASPS darauf ab, genregulatorische Veränderungen im SCN als zentralem Schrittmacher zu bewirken, die Melatoninproduktion zu unterbinden sowie die PER-Synthese zu induzieren, um die Schlafphase nach hinten zu verschieben. 	6
2	<p>beurteilt die Erfolgsaussichten (Materialien A bis D), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch eine frühe abendliche Lichttherapie müsste bei Personen mit ASPS die Genexpression von PER-Proteinen stimuliert werden. • Somit müsste sich die Schlafphase wie beabsichtigt nach hinten verschieben und die Methode erfolgversprechend sein. • Allerdings verändert eine Lichttherapie nicht die genetischen Ursachen, so dass die Therapie regelmäßig im Alltag zur Anwendung kommen müsste. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus. • strukturiert seine Darstellung sachgerecht. • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache. • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	9

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität ²			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	beschreibt ...	8			
2	erläutert ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	ermittelt ...	6			
2	gibt an ...	4			
3	erklärt ...	6			
4	entwickelt eine Hypothese ...	6			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	22			

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erklärt ...	8			
2	erläutert ...	8			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 3. Teilaufgabe		16			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert ...	6			
2	beurteilt ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 4. Teilaufgabe		12			

Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe		66			
--	--	-----------	--	--	--

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken ... • strukturiert seine Darstellung ... • verwendet eine differenzierte ... • gestaltet seine Arbeit ... 	9			
Summe Darstellungsleistung		9			

Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)		75			
---	--	-----------	--	--	--

Die Festlegung der Gesamtnote erfolgt auf dem Auswertungsbogen in LK NT 1.