



Name: _____

Abiturprüfung 2011

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Tabakpflanzen wehren sich gegen Raupenfraß

- I.1 Beschreiben Sie die in Material A dargestellten Ergebnisse der Versuche zur Ausbildung von Morgenblüten sowie die wesentlichen Eigenschaften von Nacht- und Morgenblüten und interpretieren Sie diese vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Bestäuber (Materialien A und B). *(17 Punkte)*
- I.2 Erläutern Sie das in Material C dargestellte Experiment und deuten Sie die Ergebnisse unter Berücksichtigung der an Tabakpflanzen vorkommenden Bestäuber und unter Berücksichtigung der in Abbildung 1 dargestellten Versuchsergebnisse. Nennen Sie Auswirkungen der geänderten Blühinduktion auf die Fitness der untersuchten Tabakpflanzen gegenüber Tabakpflanzen, die überwiegend Nachtblüten produzieren (Materialien B und C). *(18 Punkte)*
- I.3 Fassen Sie die Versuchsergebnisse des in Material D beschriebenen Experiments zur Regulation der Blütenproduktion mit normalen und gentechnisch veränderten Tabakpflanzen zusammen. Entwickeln Sie eine Hypothese zur Regulation der Produktion von Morgenblüten über den Fraßdruck. *(15 Punkte)*
- I.4 Erklären Sie, welche Evolutionsmechanismen zur Entwicklung der unterschiedlichen Blütenformen (nachtblühend/tagblühend) bei Tabakpflanzen geführt haben könnten (Materialien A bis D). Diskutieren Sie dabei, ob die Tabakpflanze auf lange Sicht nur noch Morgenblüten produzieren wird, indem Sie die verschiedenen Bestäuber der Tabakpflanze mit in Ihre Überlegungen einbeziehen. *(16 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Produktion von Morgenblüten bei Tabakpflanzen

Zahlreiche Pflanzenarten locken mit den Farben und Formen ihrer Blüten sowie mit Nektar und Duftstoffen Schmetterlinge zur Bestäubung und Fortpflanzung an. Weibliche Schmetterlinge können jedoch eine große Gefahr für die Pflanze darstellen: Einmal angezogen durch den Duft der Blüten, legen sie ihre Eier ab, aus denen schließlich gefräßige junge Raupen schlüpfen.

Wissenschaftler beobachteten im Verlauf von Freilanduntersuchungen im sogenannten „Großen Becken“ in Utah (USA) ein massives Auftreten von Raupen des Tomatenschwärmers (*Manduca quinquemaculata*). Fast jede Tabakpflanze der dort heimischen Art *Nicotiana attenuata* war am Versuchsort von diesen Schädlingen befallen.

Die Gruppe von Wissenschaftlern widmete sich den befallenen Tabakpflanzen genauer und bemerkte, dass diese – im Gegensatz zu nicht befallenen Pflanzen – viele Blütenknospen aufwiesen, die sich erst nach Sonnenaufgang öffneten („Morgenblüten“). Ursprünglich ist die oben genannte Tabakart aber nachtblühend und öffnet die Knospen nach Sonnenuntergang.

Um herauszufinden, ob ein Zusammenhang zwischen Raupenbefall und der Bildung von Morgenblüten besteht, führten Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts Jena 2010 weitere Untersuchungen durch. Sie verwendeten dazu Tabakpflanzen der oben genannten Art sowie Raupen des Tabakschwärmers (*Manduca sexta*); dieser ist mit dem in den Freilandbeobachtungen aufgetretenen Tomatenschwärmer verwandt. Er ähnelt ihm in den entscheidenden Eigenschaften und kann deshalb für die Versuche anstelle des Tomatenschwärmers verwendet werden.



Name: _____

Nachfolgende Abbildungen zeigen das Ergebnis der Untersuchungen:

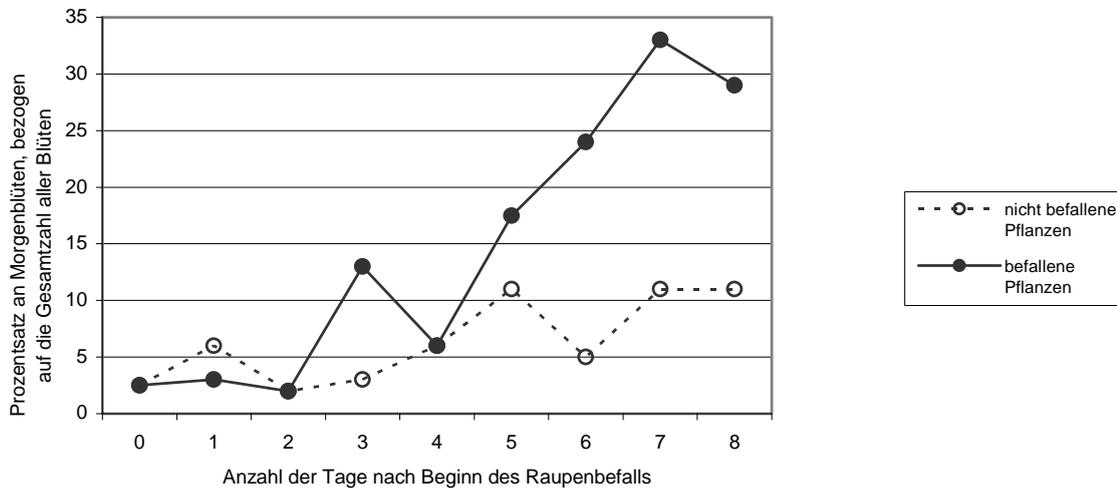


Abbildung 1: Produktion von morgens öffnenden Blüten bei von Raupen befallenen und nicht befallenen Tabakpflanzen (bezogen auf die Gesamtzahl aller Blüten)

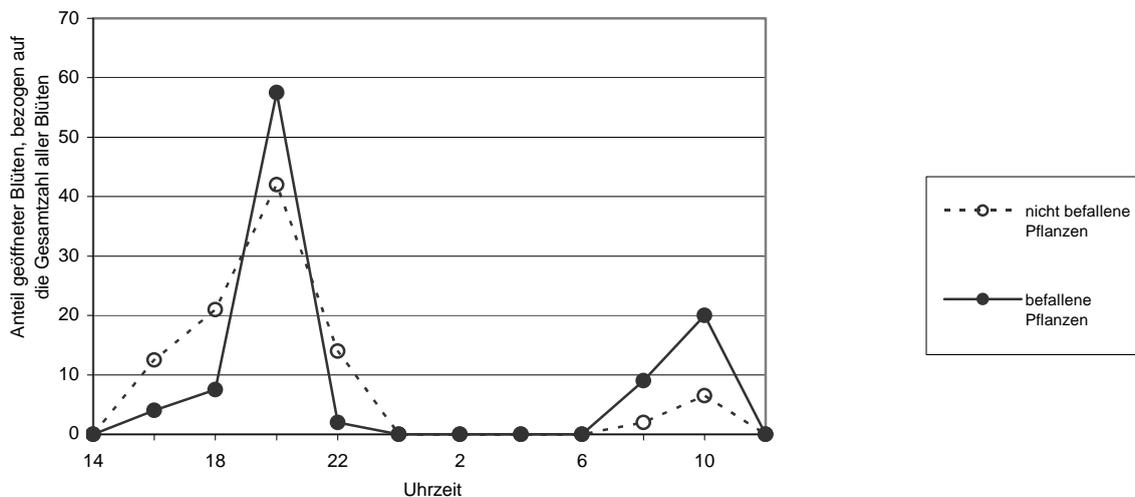


Abbildung 2: Anteil geöffneter Blüten zu verschiedenen Tageszeiten bei von Raupen befallenen und nicht befallenen Pflanzen (bezogen auf die Gesamtzahl aller Blüten)

Weitere Untersuchungen an morgens und nachts geöffneten Blüten

Weiterhin stellten die Wissenschaftler in Versuchen fest, dass die Öffnung der Blütenblätter der morgens öffnenden Blüten um zwei Drittel gegenüber den nachts öffnenden Blüten reduziert ist und dass der Zuckergehalt in den morgens öffnenden Blüten deutlich geringer ist, als in den sich nachts öffnenden Blüten. Beide Blütenformen geben nur am Abend und in der Nacht den Duftstoff Benzylaceton ab.



Name: _____

Material B: Bestäuber der Tabakpflanze

Tomatenschwärmer (*Manduca quinquemaculata*) und **Tabakschwärmer** (*Manduca sexta*) sind Schmetterlinge aus der Familie der Schwärmer (*Sphingidae*). Beide Arten kommen in weiten Teilen Nord- und Südamerikas vor.

Die nachtaktiven Falter saugen Nektar von Blüten und können wie alle Schwärmer auf der Stelle fliegen. Die Raupen beider Arten ernähren sich von Nachtschattengewächsen, insbesondere von Tabakpflanzen. Sie vertragen das darin enthaltene Nikotin und können es im Körper anreichern, was sie für Fressfeinde ungenießbar macht. Die Tabakpflanzen dienen den Raupen als Lebensgrundlage, die ausgewachsenen Schwärmer ernähren sich außerdem von deren Nektar.

Tabak- und Tomatenschwärmer werden durch die Duftabgabe der Tabakblüten über sehr weite Strecken angelockt. Beide Schwärmerarten können grundsätzlich weite Strecken zurücklegen.

Neben den Schwärmern beobachteten die Wissenschaftler an den stark von Raupen befallenen Tabakpflanzen zunehmend auch **Kolibris** (Familie der *Trochilidae*) als Bestäuber. Kolibris sind sehr kleine Vögel, die sich vorwiegend von Blütennektar ernähren. In den Blüten sammeln sich zudem Insekten, die ebenfalls von den Kolibris gefressen werden. Kolibris sind tagaktiv. Sie verlassen die unmittelbare Umgebung ihrer Nester in der Regel nicht.

Material C: Bestäuber an befallenen und nicht befallenen Tabakpflanzen

Um zu untersuchen, welche der Bestäuber – Schwärmer oder Kolibris – die verschiedenen Blüten der Tabakpflanze aufsuchen und welche Auswirkungen dies hat, führten die Wissenschaftler weitere Freilandexperimente durch.

Dafür wurden zunächst aus den Blütenknospen der untersuchten Tabakpflanzen die Staubfäden entfernt. Dann wurde eine nicht von Raupen befallene und eine von Raupen befallene Pflanze mit einem netzgespannten Drahtkäfig von 20.00 – 06.00 Uhr zugedeckt, um nachtaktive Bestäuber auszuschließen. Ein zweites solches Paar befallener und nicht befallener Pflanzen blieb über Nacht unverdeckt und war so nachtaktiven Bestäubern zugänglich.

Noch vor der Morgendämmerung wurden die Käfige getauscht, sodass die nachts unverdeckten Pflanzen nun tagsüber verdeckt waren (von 06.00 – 20.00 Uhr) und die des nachts verdeckten Pflanzen am Tage für Bestäuber zugänglich wurden.

Raupen des Tabakschwärmers wurden entfernt, bevor die Tabakpflanzen möglichen Bestäubern ausgesetzt wurden.

Am Abend wurden die Käfige auf alle Versuchspflanzen gesetzt und verblieben zugedeckt bis zur Bildung von Samenkapseln an den Blüten.



Name: _____

Die folgende Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung. In Abbildung 4 sind die Ergebnisse eines Kontrollversuchs dargestellt.

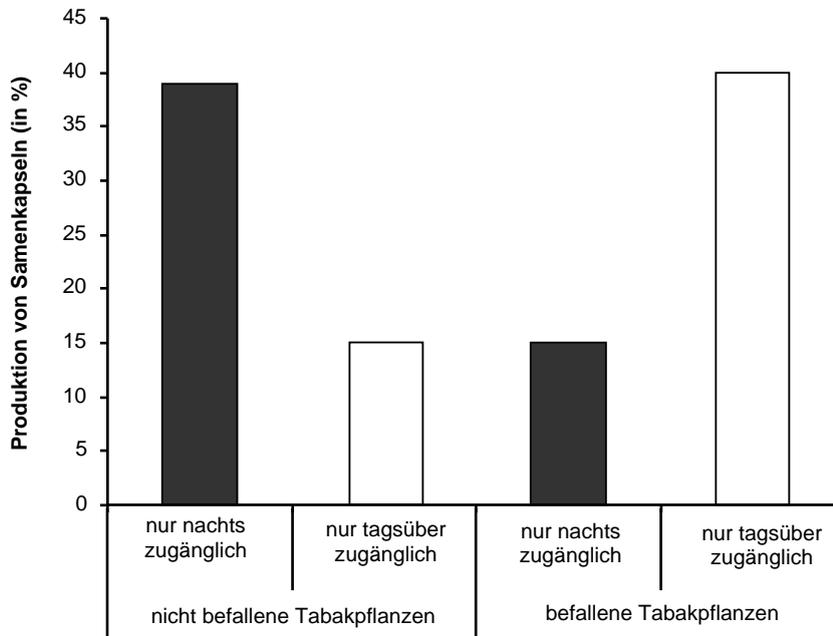


Abbildung 3: Samenkapselformation bei befallenen und bei nicht befallenen Tabakpflanzen, die zu unterschiedlichen Tag- bzw. Nachtzeiten für Bestäuber unzugänglich waren. Angegeben ist für jeden Versuchsansatz, aus wie viel Prozent der vorhandenen Blüten sich Samenkapselformen entwickelten.

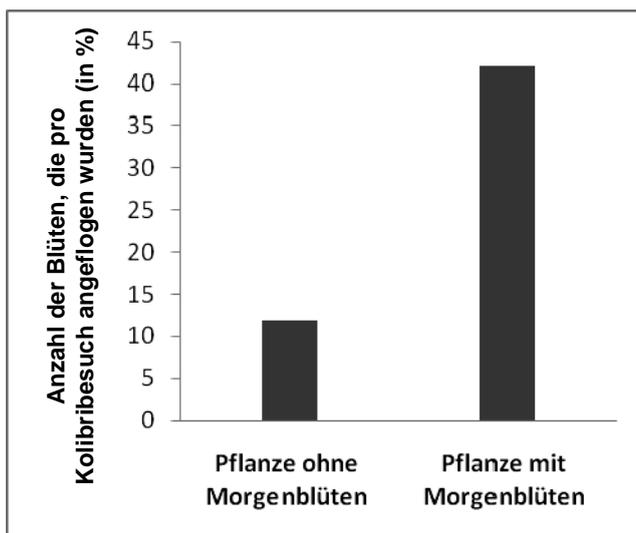


Abbildung 4: Anzahl der Blüten von Pflanzen mit und ohne Morgenblüten, die pro Kolibribesuch angefliegen wurden (Kontrollversuch)

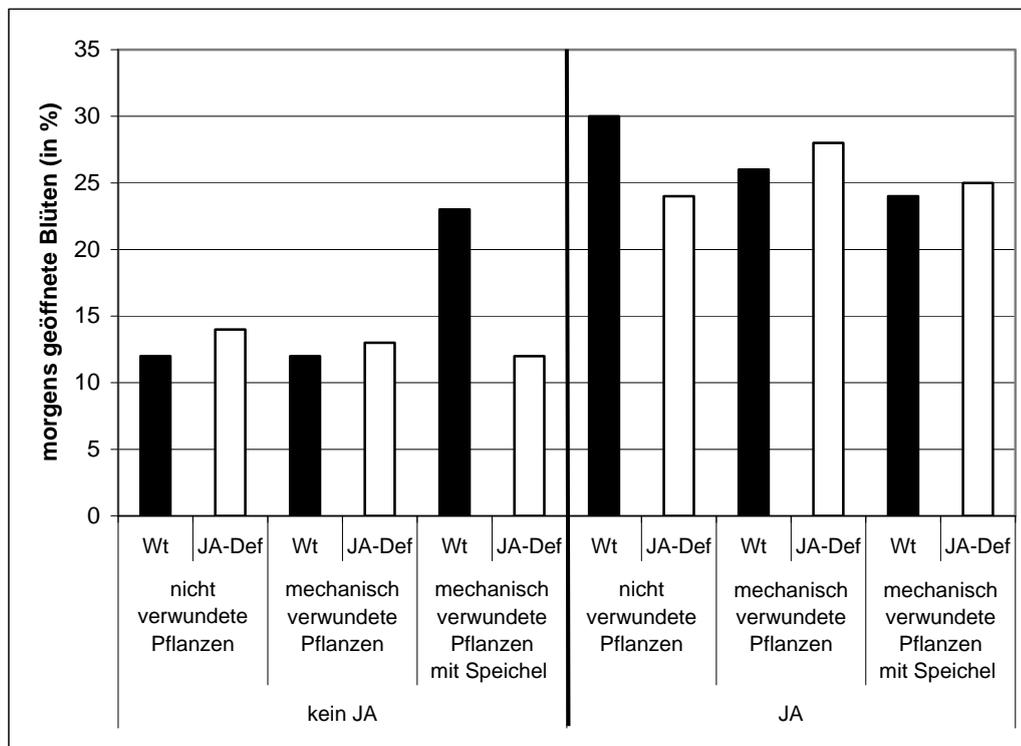


Name: _____

Material D: Regulation der Blütenproduktion

In weiteren Versuchen wurde überprüft, wie die von Raupen befallenen Pflanzen deren Fraß „bemerken“ und wie die Produktion von Morgenblüten bei den Tabakpflanzen stimuliert wird. Statt junge Raupen auf die Blätter der Tabakpflanzen zu setzen, verwundeten die Forscher ein Blatt durch kleine Einstiche und verteilten darauf Speichel von Larven des Tabakschwärmers. Zusätzlich zum Wildtyp von *Nicotiana attenuata* wurde mit gentechnisch veränderten Tabakpflanzen gearbeitet, die nicht das Pflanzenhormon Jasmonat herstellen können.

Ein Teil der untersuchten Pflanzen wurde alle 2 Tage mit dem Pflanzenhormon Jasmonat besprüht, ein anderer Teil wurde nicht besprüht.



- Wt = Wildtyp *N. attenuata* (Jasmonat-herstellend)
 JA-Def = gentechnisch veränderte Tabakpflanzen ohne Jasmonat-Produktion (Jasmonat-Defizit)
 JA = Pflanzen wurden alle zwei Tage mit Jasmonat besprüht
 kein JA = Pflanzen wurden nicht besprüht

Abbildung 5: Anteil an morgens geöffneten Blüten (bezogen auf die Gesamtzahl aller Blüten) bei nicht behandelten und bei mechanisch verwundeten Tabakpflanzen

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2011

Biologie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

2. Aufgabenstellung¹

Thema: Tabakpflanzen wehren sich gegen Raupenfraß

- I.1 Beschreiben Sie die in Material A dargestellten Ergebnisse der Versuche zur Ausbildung von Morgenblüten sowie die wesentlichen Eigenschaften von Nacht- und Morgenblüten und interpretieren Sie diese vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Bestäuber (Materialien A und B). *(17 Punkte)*
- I.2 Erläutern Sie das in Material C dargestellte Experiment und deuten Sie die Ergebnisse unter Berücksichtigung der an Tabakpflanzen vorkommenden Bestäuber und unter Berücksichtigung der in Abbildung 1 dargestellten Versuchsergebnisse. Nennen Sie Auswirkungen der geänderten Blühinduktion auf die Fitness der untersuchten Tabakpflanzen gegenüber Tabakpflanzen, die überwiegend Nachtblüten produzieren (Materialien B und C). *(18 Punkte)*
- I.3 Fassen Sie die Versuchsergebnisse des in Material D beschriebenen Experiments zur Regulation der Blütenproduktion mit normalen und gentechnisch veränderten Tabakpflanzen zusammen. Entwickeln Sie eine Hypothese zur Regulation der Produktion von Morgenblüten über den Fraßdruck. *(15 Punkte)*
- I.4 Erklären Sie, welche Evolutionsmechanismen zur Entwicklung der unterschiedlichen Blütenformen (nachtblühend/tagblühend) bei Tabakpflanzen geführt haben könnten (Materialien A bis D). Diskutieren Sie dabei, ob die Tabakpflanze auf lange Sicht nur noch Morgenblüten produzieren wird, indem Sie die verschiedenen Bestäuber der Tabakpflanze mit in Ihre Überlegungen einbeziehen. *(16 Punkte)*

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Abbildung 1, 2, 3, 4, 5 verändert nach: Kessler, D., Diezel, C., Baldwin, T. (2010)
- Kessler, D., Diezel, C., Baldwin, T. (2010). Supplemental Information: Changing Pollinators as a Means of Escaping Herbivores. *Current Biology* 20, Februar 9, 2010, 237 – 242
- Max-Planck-Gesellschaft, Referat für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.) (2010) Kolibris bevorzugt.
http://www.ice.mpg.de/main/news/prelease/Pressem_Kessler2010_de.htm (12.04.2011)
- Kessler, A., and Baldwin, I.T. (2002). Plant responses to insect herbivory: The emerging molecular analysis. *Annu. Rev. Plant Biol.* 53, 299 – 328
- Halitschke, R., Schittko, U., Pohnert, G., Boland, W., and Baldwin, I.T. (2001). Molecular interactions between the specialist herbivore *Manduca sexta* (Lepidoptera, Sphingidae) and its natural host *Nicotiana attenuata*. III. Fatty acid-amino acid conjugates in herbivore oral secretions are necessary and sufficient for herbivore-specific plant responses. *Plant Physiol.* 125, 711 – 717

4. Bezüge zu den Vorgaben 2011

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Evolution der Vielfalt des Lebens in Struktur und Verhalten

- Grundlagen evolutiver Veränderung
 - Genotypische Variabilität von Populationen (keine Modellberechnungen)
- Verhalten, Fitness und Anpassung
- Art und Artbildung

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen**Teilleistungen – Kriterien**

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe I.1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt die in Material A dargestellten Ergebnisse der Versuche, indem er sinngemäß herausstellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tabakpflanzen, die von Raupen befallen sind, produzieren bereits ab dem 3. Tag nach Beginn des Befalls Morgenblüten (bis zu 33 % aller produzierten Blüten nach Tag 7). Die nicht befallenen Pflanzen produzieren nur vereinzelt Morgenblüten (bis zu 11 % aller Blüten) (lediglich der Messwert der befallenen Pflanzen am 4. Tag fällt aus der Gesamttendenz). • Bei befallenen Pflanzen sind abends (gegen 20 Uhr) und morgens (gegen 10 Uhr) mehr Blüten insgesamt geöffnet als bei nicht befallenen Pflanzen. Die nicht befallenen Pflanzen zeigen in der Zeit von 14 – 18 Uhr und gegen 22 Uhr mehr geöffnete Blüten. 	6
2	<p>beschreibt die wesentlichen Eigenschaften von Nacht- und Morgenblüten (Materialien A und B), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die nachts und die morgens geöffneten Blüten geben am Abend und in der Nacht den Duftstoff Benzylaceton ab. • Der Zuckergehalt der sich morgens öffnenden Blüten ist deutlich geringer als der Zuckergehalt der sich nachts öffnenden Blüten. • Die Blütenblätter der Morgenblüten öffnen sich verglichen mit den Nachtblüten nur um ein Drittel. 	6
3	<p>interpretiert diese Eigenschaften vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Bestäuber der Tabakpflanze, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Schwärmer sind nachtaktiv, sie bestäuben vermutlich die nachts geöffneten Blüten. Sie werden durch den Duftstoff Benzylaceton von weit her angelockt (können große Strecken zurücklegen). • Die Kolibris sind tagaktiv. Sie bestäuben vermutlich die Morgenblüten. • Die Morgenblüten geben tagsüber kein Benzylaceton ab. Die Abgabe würde der Pflanze keinen Vorteil bringen, da die Kolibris die Blüten auch besuchen, wenn diese kein Benzylaceton abgeben. Hinsichtlich der nachtaktiven Falter wäre eine Abgabe von Benzylaceton am Tage wirkungslos. 	5
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe I.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert das in Material C dargestellte Experiment, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um Auskunft über die Auswirkungen der Blütenbildung auf die Bestäubung durch unterschiedliche Bestäuber zu erhalten, wurden befallene und nicht befallene Pflanzen zu unterschiedlichen Zeitpunkten (tags oder nachts) verdeckt und somit für Bestäuber unzugänglich gemacht. Zu der jeweils anderen Tages- bzw. Nachtzeit wurden sie aufgedeckt und für Bestäuber zugänglich gemacht. • Die Anzahl der produzierten Samenkapseln kann Aufschluss geben über die Effektivität der induzierten Blütenproduktion und den Bestäuber (tagaktiv oder nachtaktiv). • Die Staubfäden wurden entfernt um Selbstbefruchtung auszuschließen. 	6
2	<p>deutet die Ergebnisse unter Berücksichtigung der an Tabakpflanzen vorkommenden Bestäuber und unter Berücksichtigung der in Abbildung 1 dargestellten Versuchsergebnisse, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nicht befallene Pflanzen, die nachts zugänglich waren, produzierten mehr als doppelt so viele Samenkapseln (40 %) wie die Pflanzen, die tagsüber zugänglich waren (15 %). Sie wurden vermutlich vom nachtaktiven Schwärmer bestäubt. • Die nicht befallenen Pflanzen, die tagsüber zugänglich waren, zeigten vermutlich weiterhin deutlich mehr Nachtblüten als Morgenblüten und daher nur eine geringe Samenkapselproduktion. Kolibris, die tagsüber aktiv sind, fliegen die Nachtblüten deutlich seltener an (Kontrollversuch). • Befallene Pflanzen, die nur nachts zugänglich waren, produzierten weniger als die Hälfte der Samenkapseln (15 %) derjenigen Pflanzen, die tagsüber zugänglich waren (ca. 40 %). Kolibris, die die befallenen Pflanzen mit den dann produzierten Morgenblüten aufsuchen würden (siehe Kontrollversuch), sind tagaktiv. • Befallene Pflanzen produzieren, wenn Sie tagsüber unverdeckt sind, zahlreiche Samenkapseln, da die tagaktiven Kolibris die Morgenblüten anfliegen und bestäuben (Kontrollversuch). 	6
3	<p>nennt Auswirkungen der geänderten Blühinduktion auf die Fitness der untersuchten Tabakpflanzen gegenüber Tabakpflanzen, die überwiegend Nachtblüten produzieren, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Pflanzen, die Morgen- und Nachtblüten produzieren, produzieren bei Fraßdruck vermehrt Morgenblüten. Daher werden keine weiteren Nachtschmetterlinge angelockt und der Fraßdruck wird nicht weiter erhöht. Die Kolibris suchen die Morgenblüten auf und sichern damit die Bestäubung und Vermehrung der Tabakpflanzen (hohe Samenkapselproduktion bei befallenen Pflanzen, die tagsüber zugänglich sind, Abbildung 3). • Diese Tabakpflanzen können also der Schädigung durch Fraß ausweichen und ihre Vermehrung durch Kolibris sichern. Sie besitzen daher – bei Fraßdruck – eine größere reproduktive Fitness als Tabakpflanzen, die überwiegend Nachtblüten produzieren (hohe Samenkapselproduktion). 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe I.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	<p>fasst die Versuchsergebnisse des in Material D beschriebenen Experiments mit normalen und gentechnisch veränderten Tabakpflanzen zusammen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ansätze ohne zusätzliche Jasmonat-Besprühung: <ul style="list-style-type: none"> – Die nicht verwundeten und die verwundeten Tabakpflanzen zeigen nur ca. 12 – 14 % Morgenblüten, wobei die Wt-Pflanzen etwas weniger Blüten zeigen als die Pflanzen, die kein Jasmonat produzieren. – Die mechanisch verletzten Wt-Pflanzen, auf die Speichel gegeben wurde, zeigen eine deutlich erhöhte Produktion von Morgenblüten (ca. 23 %). Die Pflanzen, die kein Jasmonat herstellen können, zeigen trotz Verletzung und Speichelbenetzung keine erhöhte Produktion an Morgenblüten. • Ansätze mit Jasmonat-Besprühung: <ul style="list-style-type: none"> – Alle besprühten Tabakpflanzen zeigen einen deutlich erhöhten Anteil an Morgenblüten. – Es zeigen sich geringe Unterschiede zwischen Wt- und JA-Def-Pflanzen, wobei keine eindeutige Tendenz zu erkennen ist. Die zusätzliche Benetzung mit Speichel führt nicht zu einer noch höheren Produktion an Morgenblüten. 	8
2	<p>entwickelt eine Hypothese zur Regulation der Produktion von Morgenblüten über den Fraßdruck, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Raupen des Tabakschwärmers beschädigen die Pflanze. Auf die Pflanze gelangt dabei Speichel. • Die Pflanze produziert nach einer Verletzung auf Grund des Kontakts mit Speichel (vgl. 3. Ansatz) Jasmonat, ein Pflanzenhormon. • Dieses Pflanzenhormon induziert die Produktion von Morgenblüten. • Je weniger Verletzungen durch die Raupen des Tabakschwärmers auftreten, desto weniger Jasmonat produziert die Pflanze und umso weniger Morgenblüten werden produziert (<i>ebenso als Je-mehr-desto-weniger-Zusammenhang darstellbar</i>). 	7
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe I.4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt, welche Evolutionsmechanismen zur Entwicklung der unterschiedlichen Blütenformen bei Tabakpflanzen geführt haben könnten, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zunächst produzieren alle Tabakpflanzen vermutlich nur Nachtblüten. Durch Raupenfraß werden die Tabakpflanzen geschädigt. • Spontane ungerichtete Mutationen führen bei einigen Wt-Tabakpflanzen dazu, dass sie in Verbindung mit dem Speichel von Raupen Jasmonat produzieren, was zur Ausbildung von sich morgens öffnenden Blüten führt. • Blüten dieser Tabakpflanzen werden von Kolibris aufgesucht, bestäubt und können sich – trotz der Fraßschäden – vermehren. • Die Tabakpflanzen, die Morgenblüten produzieren, haben daher einen Selektionsvorteil (eine größere Fitness) gegenüber den Pflanzen, die keine Morgenblüten produzieren. 	8
2	<p>diskutiert dabei, ob die Tabakpflanze auf lange Sicht nur noch Morgenblüten produzieren wird, indem er die verschiedenen Bestäuber der Tabakpflanze mit in seine Überlegungen einbezieht, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Produktion von Morgenblüten wird immer dann abnehmen, wenn ihr Anteil besonders hoch ist und daher kaum Schwärmer bzw. ihre Raupen die Pflanze aufsuchen (ausbleibende Jasmonatproduktion). • Der relative Anteil an Nachtblüten wird dann – aufgrund der ausbleibenden Jasmonatproduktion – wieder zunehmen und damit auch die Zahl der Schwärmer, die die Tabakpflanze aufsuchen. (Das wird langfristig wiederum zu einem stärkeren Befall durch Raupen führen etc.) • Der Schwärmer legt weitere Strecken zurück als der Kolibri. Die Beibehaltung der Fähigkeit zur Produktion von Nachtblüten und Bestäubung durch den Schwärmer hat für die Tabakpflanze einen Selektionsvorteil: Die Befruchtung mit Pollen von nicht direkt benachbarten Pflanzen bedeutet eine Chance auf eine größere genetische Variabilität. <p><i>(Andere sinnvolle Überlegungen werden entsprechend akzeptiert.)</i></p>	8
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: _____

Teilaufgabe I.1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beschreibt die in ...	6			
2	beschreibt die wesentlichen ...	6			
3	interpretiert diese Eigenschaften ...	5			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.1 Teilaufgabe	17			

Teilaufgabe I.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert das in ...	6			
2	deutet die Ergebnisse ...	6			
3	nennt Auswirkungen der ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.2 Teilaufgabe	18			

Teilaufgabe I.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	fasst die Versuchsergebnisse ...	8			
2	entwickelt eine Hypothese ...	7			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.3 Teilaufgabe	15			

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

Teilaufgabe I.4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erklärt, welche Evolutionsmechanismen ...	8			
2	diskutiert dabei, ob ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.4 Teilaufgabe	16			
	Summe der I.1, I.2, I.3 und I.4 Teilaufgabe	66			

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 nur bei 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 Punktsomme resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktsommen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

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 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2011

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Blütenfarbe bei Petunien

- II.1 Beschreiben Sie zusammenfassend und vereinfacht die in Abbildung 1 dargestellten Prozesse sowie den Syntheseweg des violetten Blütenfarbstoffs Anthocyan bei der Petunie unter Einbezug der beteiligten Strukturen und Orte. Erklären Sie die dem beschriebenen Experiment zur Farbvertiefung (Material A) zu Grunde liegende Hypothese, dass durch das Einschleusen zusätzlicher Kopien des Gens für das Enzym Chalkon-Synthase die Blütenfarbe intensiviert werden könnte. (20 Punkte)
- II.2 Beschreiben Sie anhand der Abbildungen 3a und 3b den Einbau einer zusätzlichen Kopie des Gens für das Enzym Chalkon-Synthase und leiten Sie begründet die Folgen für die Struktur der mRNA ab (Material B). (12 Punkte)
- II.3 Erklären Sie den Bau und die Funktion eines Primers und vergleichen Sie ihn mit dem Bau und der Funktion der si-RNA bei der Petunie (Material C). (10 Punkte)
- II.4 Zeichnen Sie aus den Informationen in den Materialien B und C ein Fließdiagramm, welches den Anstieg der si-RNA-Konzentration in Petunienzellen veranschaulicht. Erklären Sie die Tatsache, dass die Einführung einer zusätzlichen Genkopie für die Chalkon-Synthase bei den genetisch veränderten Petunien zu weißen Blüten oder Blüten mit weißen Bereichen, aber nicht zur gewünschten Farbvertiefung geführt hat (Material A, B, C). (16 Punkte)
- II.5 Beurteilen Sie, ob die im Material C dargestellten Zusammenhänge als Gen-Regulationsmechanismus (im Sinne von Material D) bezeichnet werden können. (8 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Experiment zur Intensivierung der Blütenfarbe

Die violette Blütenfarbe bei der Balkonpflanze der Gattung *Petunia*, im Folgenden Petunie genannt, wird durch den Farbstoff Anthocyan hervorgerufen.

1990 versuchte man, bei der Petunie die violette Blütenfarbe gentechnisch zu intensivieren. Dazu führte man zusätzliche Kopien des Gens für das an der Farbstoffsynthese beteiligte Enzym Chalkon-Synthase in die Pflanzenzellen ein. Die genaue Anzahl und Ausrichtung der Kopien lässt sich bei diesen zusätzlich in die Pflanzenzelle eingeschleusten Genkopien allerdings nicht steuern.

Erstaunlicherweise zeigten einzelne der so genetisch veränderten Pflanzen weiße Bereiche auf den Blütenblättern oder ganz weiße Blüten (Abbildung 2); die erwünschten dunkleren Pflanzen traten aber nie auf.

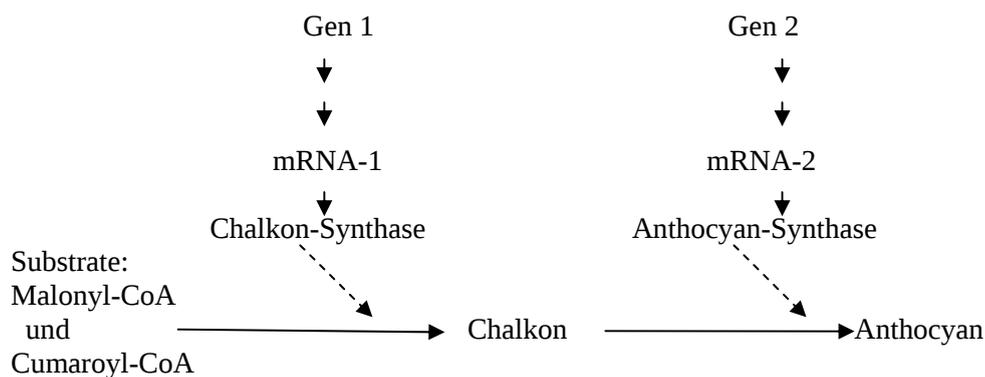


Abbildung 1: Die Anthocyan-Synthese bei der Petunie

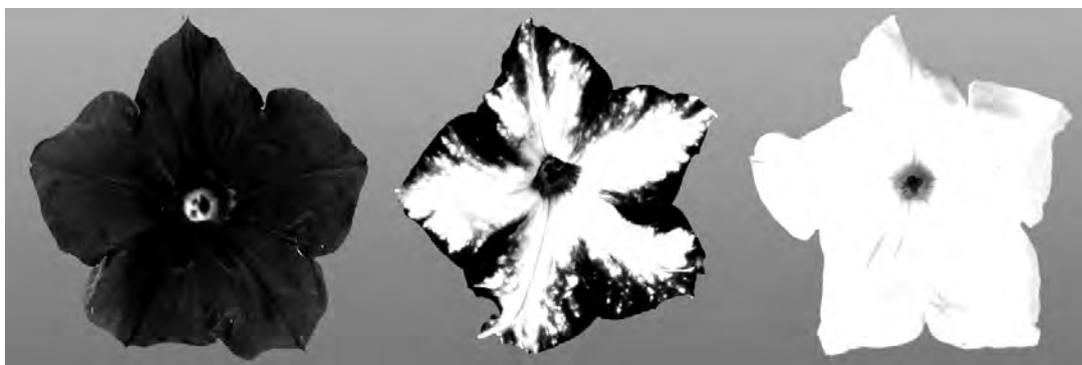


Abbildung 2: Links die violette Wildform der Petunien-Blüten, in der Mitte und rechts genetisch veränderte Varianten, die die zusätzliche Genkopie für das Enzym Chalkon-Synthase enthalten



Name: _____

Material B: Einfügen einer Genkopie der Chalkon-Synthase in die DNA und resultierende Folgen

An der Sojabohne hat man den Einbau einer Genkopie und die daraus resultierenden Folgen für das Enzym Chalkon-Synthase erforscht.

Die folgenden Abbildungen illustrieren beispielhaft, wie sich eine Genkopie in den Genort der Chalkon-Synthase der Sojabohne integrieren kann und welche Folgen dies für die Transkription und Struktur der mRNA hat.

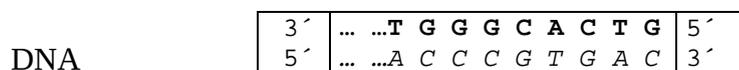


Abbildung 3a: DNA, Genausschnitt (Exon) aus dem Gen der Chalkon-Synthase der Sojabohne

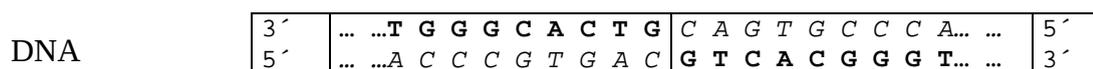


Abbildung 3b: DNA am Genort (s. Abb. 3a) nach Einfügen einer Genkopie

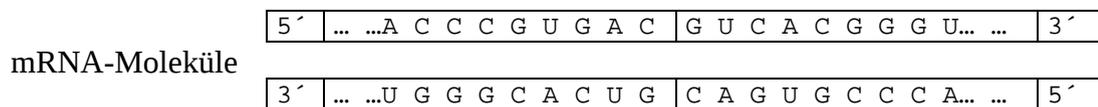


Abbildung 3c: Am gleichen Genort gebildete mRNA-Moleküle

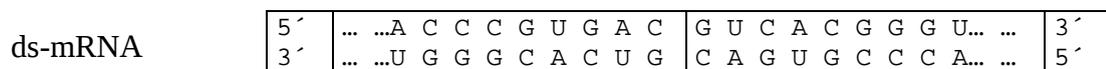


Abbildung 3d: Möglichkeit der Bildung eines neuen Moleküls (doppelsträngige „ds“-mRNA)

Abbildung 3a bis 3d:
Einfügen einer Genkopie in die DNA und dessen Folgen für die Bildung der mRNA der Chalkon-Synthase



Name: _____

Material C: Abschalten von Genen durch RNA-Wechselwirkung

Die Expression von Genen kann verhindert werden, indem nach erfolgter Transkription die m-RNA abgebaut wird.

Dabei spielen kurze, doppelsträngige RNA-Moleküle, die si-RNAs (short interfering RNA) eine große Rolle. Sie sind hinsichtlich der Basenabfolge unterschiedlich aufgebaut und haben immer eine Länge von ca. 21bp.

Die si-RNA-Moleküle binden sich an spezielle RNA-Polymerasen (RdRP: RNA-directed RNA Polymerases) und werden danach in Einzelstränge aufgetrennt, so dass letztlich Verbindungen aus einem Einzelstrang der si-RNA und jeweils einem RNA-Polymerase-Molekül entstehen (abgekürzt: RdRP*).

Durch die jeweilige Basenabfolge der mit ihnen verbundenen si-RNA-Einzelsträngen haben die RNA-Polymerase-Moleküle (RdRP*) jeweils eine sehr hohe Spezifität.

Einzelsträngige RNA, z. B. eine m-RNA, die komplementär zu einem si-RNA-Molekül-Einzelstrang ist, der mit einem RNA-Polymerase-Molekül verknüpft ist, wird zu einem doppelsträngigen (ds-)RNA-Molekül ergänzt.

Diese doppelsträngige RNA wird in der Zelle abgebaut, indem sie durch das Enzym Dicer in kurze, ca. 21 bp lange Fragmente geschnitten wird, die wiederum als si-RNAs bezeichnet werden.

Die si-RNAs sind also Bruchstücke der ds-RNA-Moleküle, die unterschiedliche Sequenzen, aber jeweils die ungefähr gleiche Länge aufweisen. Diese neu entstandenen si-RNA-Moleküle können wieder mit den RNA-Polymerase-Molekülen reagieren.



Name: _____

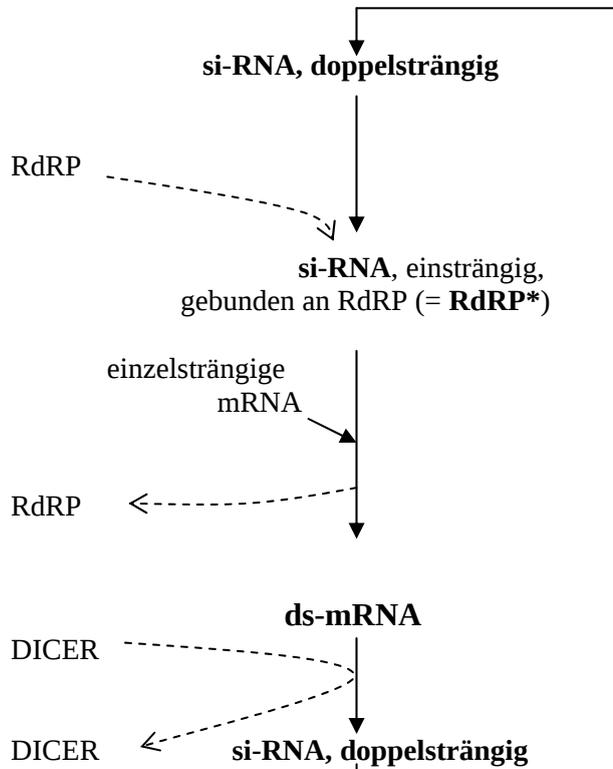


Abbildung 4: Fließdiagramm zum Text Material C

Beim Versuch, die Blütenfarbe der Petunie durch die Einführung weiterer Genkopien für das Enzym Chalkon-Synthase zu intensivieren, traten weiße Blüten oder Blüten mit weißen Bereichen auf (Material A, Abbildung 2). In Zellen dieser weißen Blüten oder Blütenbereiche ließ sich keine vollständige mRNA für die Chalkon-Synthase nachweisen. Man findet aber einen Anstieg von si-RNA. In ihrer Basensequenz entsprechen diese si-RNAs Bruchstücken der mRNA für Chalkon-Synthase.

Material D: Das Prinzip einer Regelung

Als Regelung bezeichnet man die Aufrechterhaltung eines bestimmten Zustandes gegenüber verändernd wirkenden Einflüssen; der Ausgleich von Störungen und die Einstellung eines Gleichgewichts erfolgen meist durch negative Rückkopplung.

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2011****Biologie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

2. Aufgabenstellung¹**Thema: Blütenfarbe bei Petunien**

- II.1 Beschreiben Sie zusammenfassend und vereinfacht die in Abbildung 1 dargestellten Prozesse sowie den Syntheseweg des violetten Blütenfarbstoffs Anthocyan bei der Petunie unter Einbezug der beteiligten Strukturen und Orte. Erklären Sie die dem beschriebenen Experiment zur Farbvertiefung (Material A) zu Grunde liegende Hypothese, dass durch das Einschleusen zusätzlicher Kopien des Gens für das Enzym Chalkon-Synthase die Blütenfarbe intensiviert werden könnte. (20 Punkte)
- II.2 Beschreiben Sie anhand der Abbildungen 3a und 3b den Einbau einer zusätzlichen Kopie des Gens für das Enzym Chalkon-Synthase und leiten Sie begründet die Folgen für die Struktur der mRNA ab (Material B). (12 Punkte)
- II.3 Erklären Sie den Bau und die Funktion eines Primers und vergleichen Sie ihn mit dem Bau und der Funktion der si-RNA bei der Petunie (Material C). (10 Punkte)
- II.4 Zeichnen Sie aus den Informationen in den Materialien B und C ein Fließdiagramm, welches den Anstieg der si-RNA-Konzentration in Petunienzellen veranschaulicht. Erklären Sie die Tatsache, dass die Einführung einer zusätzlichen Genkopie für die Chalkon-Synthase bei den genetisch veränderten Petunien zu weißen Blüten oder Blüten mit weißen Bereichen, aber nicht zur gewünschten Farbvertiefung geführt hat (Material A, B, C). (16 Punkte)
- II.5 Beurteilen Sie, ob die im Material C dargestellten Zusammenhänge als Gen-Regulationsmechanismus (im Sinne von Material D) bezeichnet werden können. (8 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Akada, Shinji et al.: Nucleotide Sequence of a Soybean Chalcone Synthase Gene with a Possible Role in Ultraviolet-B Sensitivity, Gmchs6. In: Plant Physiology 1993, Nr. 102, 699 – 701
- Beyer, Irmtraud et al.: Natura. Biologie für Gymnasien, Stuttgart 2008
- Kanazawa A., O'Dell M., Hellens R.P.: Epigenetic inactivation of chalcone synthase-A transgene transcription in petunia leads to a reversion of the post-transcriptional gene silencing phenotype. In: Plant Cell Physiol. 2007 (48) Nr. 4, 638 – 47. Epub 2007 Feb 21.
- Kooter, J., Epigenetics. Gene silencing: RNA degradation and DNA methylation. http://www.bio.vu.nl/vakgroepen/genetica/Research-projects-new/Projects_Kooter/Projects_J.Kooter.htm (23.02.2010)
- Kuhlmann, Markus, Nellen, Wolfgang: Gen, sei still! RNAinterferenz. In: Biologie unserer Zeit 2004 (34) Nr. 3. S. 142 – 150
- Napoli, Carolyn et al.: Introduction of a Chimeric Chalcone Synthase Gene into Petunia Results in Reversible Co-Suppression of Homologous Genes in trans. In: The Plant Cell, Vol. 2, 279 – 289, April 1990
- Vaucheret, Hervé: Post-transcriptional small RNA pathways in plants: mechanisms and regulations. In: Genes & Development 2006, Vol. 20, 759–771 [http://genesdev.cshlp.org/content/20/7/759.full.pdf + html](http://genesdev.cshlp.org/content/20/7/759.full.pdf+html) (22.02.2010)
- Vaucheret, Hervé et al.: Transgene-induced gene silencing in plants. In: The Plant Journal 1998, Vol. 16, Nr. 6, 651 – 659
- Abbildung 1, Abbildung 2, Abbildung 4 aus: Kuhlmann, M. (2004)
- Abbildung 3 erstellt nach: Akada, S. (1993) und Kooter (2010)
- Material D: Beyer, Irmtraud, S. 462

4. Bezüge zu den Vorgaben 2011

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Genetische und entwicklungsbiologische Grundlagen von Lebensprozessen

- Molekulare Grundlagen der Vererbung und Entwicklungssteuerung
 - Replikation, Proteinbiosynthese bei Pro- und Eukaryonten, Mutagenen und Mutationen
 - Regulation der Genaktivität am Beispiel der Prokaryonten (Operonmodell im Zusammenhang mit Stoffwechselaktivitäten bei Bakterien)
- Angewandte Genetik
 - Werkzeuge und Verfahrensschritte der Gentechnik am Beispiel der PCR und des genetischen Fingerabdrucks

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe II.1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt sinngemäß zusammenfassend und vereinfacht die in Abbildung 1 dargestellten Prozesse unter Einbezug der beteiligten Strukturen und Orte, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gen 1 und 2 werden zunächst an der DNA im Kern durch RNA-Polymerasen im Prozess der Transkription abgelesen. Es entsteht je ein einsträngiges mRNA-Molekül. Es folgt der Spleißprozess und reife mRNA entsteht, die den Kern verlässt. • Im Cytoplasma lagern sich Ribosomen und mRNA zusammen, es findet die Translation statt, die Basensequenz der mRNA wird in eine Polypeptidkette umgesetzt, die sich zum funktionsfähigen Enzym faltet. • Es entstehen im Cytoplasma als Genprodukt von Gen 1 das Enzym Chalkon-Synthase und von Gen 2 das Enzym Anthocyan-Synthase. <p><i>(Andere differenzierte, auf das Beispiel bezogene Ausführungen werden ebenfalls mit maximaler Punktzahl bewertet.)</i></p>	8
2	<p>beschreibt sinngemäß den Syntheseweg des violetten Blütenfarbstoffs Anthocyan bei der Petunie, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Enzym Chalkon-Synthase katalysiert die Umsetzung der Substrate Malonyl-CoA und Cumaroyl-CoA zum Zwischenprodukt Chalkon. • Chalkon ist das Substrat des Enzyms Anthocyan-Synthase. • Die Anthocyan-Synthase katalysiert die Umsetzung von Chalkon zu Anthocyan. 	6
3	<p>erklärt sinngemäß die dem beschriebenen Experiment zur Farbvertiefung (Material A) zu Grunde liegende Hypothese, dass durch das Einschleusen zusätzlicher Kopien des Gens für das Enzym Chalkon-Synthase die Blütenfarbe intensiviert werden kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eine weitere Kopie des Gens 1 wird zusätzlich zum Gen 1 transkribiert, es entsteht eine größere Anzahl mRNA-1-Moleküle, die durch Translation zu einer größeren Menge des Enzyms Chalkon-Synthase führen. • Mehr Moleküle Chalkon-Synthase produzieren mehr Chalkon. • Mehr Chalkon kann zu mehr Anthocyan umgesetzt werden. • Durch die Zunahme der Menge des violetten Farbstoffs Anthocyan vertieft sich die Blütenfarbe wunschgemäß. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe II.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	beschreibt sinngemäß anhand von Abbildung 3 den Einbau einer zusätzlichen Kopie des Gens für Chalkon-Synthase, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Kopie wird am gleichen Genort eingefügt. • Die Kopie wird rückwärts eingefügt, d. h., die Kopie bindet mit ihrem nicht-codogenen Strang an den codogenen Strang der DNA und umgekehrt. • Das Gen wird zusammen mit der Kopie von der RNA-Polymerase an mindestens einem Strang abgelesen. 	8
2	leitet begründet die Folgen für die Struktur der mRNA ab, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Es entstehen komplementäre mRNA-Moleküle. • Es kann sich durch Zusammenlagerung eine doppelsträngige mRNA (ds-mRNA) bilden. 	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe II.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erklärt den Bau und die Funktion eines Primers, sinngemäß: <ul style="list-style-type: none"> • Ein Primer ist ein RNA-Oligonucleotid, das als Start für die DNA-Replikation von der Polymerase an der DNA synthetisiert wird. • Jeder Primer ist spezifisch für einen DNA-Abschnitt. • Primer werden nach Beginn der DNA-Replikation abgebaut und durch DNA-Nucleotide ersetzt. 	6
2	vergleicht den Bau und die Funktion eines Primers mit dem Bau und der Funktion der si-RNA bei der Petunie, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Beide sind für den Beginn eines Verdoppelungsvorgangs nötig. • Beide bestehen aus RNA-Nucleotiden. • Beide existieren in verschiedenen, je typischen Sequenzen. • Primer werden an der DNA jeweils neu synthetisiert, während si-RNA an RdRP gebunden ist. • si-RNA sind doppelsträngige Abbauprodukte von 21 bp Länge. • Einsträngige si-RNA an RdRP bewirkt die Spezifität der Polymerase für die komplementäre Ergänzung von RNA-Molekülen. <i>(4 Kriterien genügen zur Vergabe der vollen Punktzahl.)</i>	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe II.5

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beurteilt, ob die im Material C dargestellten Zusammenhänge als Gen-Regulationsmechanismus (Material D) bezeichnet werden können, sinngemäß, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Genkopie stört das ursprüngliche Gleichgewicht der Genexpression, da ds-mRNA gebildet und durch Dicer wieder zerstört wird. • Die beteiligten Gene werden zwar transkribiert, aber das Gen 1 und die Genkopie werden nie exprimiert. • Die Bildung des Genprodukts ist dauerhaft verhindert. • Der Abbau der ds-RNA ist ein sich selbst verstärkender Vorgang (also keine negative Rückkopplung, die das ursprüngliche Gleichgewicht der Genexpression wieder herstellen könnte). • Die RNA-Wechselwirkung entspricht also nicht der im Material D genannten Definition einer Regulation. <p><i>(Eine andere sachlich richtige Argumentation wird entsprechend gewertet.)</i></p>	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: _____

Teilaufgabe II.1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beschreibt sinngemäß zusammenfassend ...	8			
2	beschreibt sinngemäß den ...	6			
3	erklärt sinngemäß die ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.1 Teilaufgabe	20			

Teilaufgabe II.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beschreibt sinngemäß anhand ...	8			
2	leitet begründet die ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.2 Teilaufgabe	12			

Teilaufgabe II.3

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

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

Teilaufgabe II.4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	zeichnet aus den ...	8			
2	erklärt sinngemäß die ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe II.4 Teilaufgabe		16			

Teilaufgabe II.5

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	beurteilt, ob die ...	8			
2	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe II.5 Teilaufgabe		8			
Summe der II.1, II.2, II.3, II.4 und II.5 Teilaufgabe		66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<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 nur bei der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

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 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2011

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Die Ökologie des Bienenwolfs

- III.1 Nennen Sie Faktoren der ökologischen Nische des Bienenwolfs (Material A). Beschreiben Sie die interspezifischen Beziehungen des Bienenwolfs und begründen Sie das gehäufte Vorkommen des Bienenwolfs in der Nähe von Bienenstöcken (Material A). *(18 Punkte)*
- III.2 Werten Sie die Untersuchungen eins bis drei (Material B) aus und beurteilen Sie, inwiefern die Produktion und Verteilung der weißen Substanz als Anpassung des Bienenwolfs betrachtet werden kann (Materialien A und B). *(21 Punkte)*
- III.3 Werten Sie die Versuchsergebnisse zur Untersuchung der Abwehrreaktion in Tabelle 1 und die Ergebnisse der Untersuchungen von Chitinpanzer-Extrakten in Tabelle 2 aus (Material C). Bewerten Sie die Gültigkeit der beiden Hypothesen aus Material C (Materialien A und C). *(17 Punkte)*
- III.4 Nennen Sie die Anpassungen der Goldwespe und erläutern Sie die Selektionsfaktoren, die zu einer Anpassung der Goldwespe an die Verhaltensweisen und den Lebenszyklus des Bienenwolfs beitragen (Materialien A und C). *(10 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Der Bienenwolf

Der Bienenwolf (*Philanthus triangulum*), im Folgenden Bienenwolf genannt, ist eine Grabwespe. Die Körpergröße der Weibchen beträgt 13 – 17 mm. Das Weibchen gräbt mehrere Gänge in sandigen Boden oder in Steilhänge, auch in sonnenbeschienene Ritzen von Wegsteinen oder in südexponierte sandige Ritzen von Hausfassaden. Im hinteren Abschnitt eines jeden 0,2 – 1,0 m langen Ganges zweigen fünf bis zehn Brutzellen ab, in denen es bis zu 30 °C warm und feucht ist. Der weibliche Bienenwolf überfällt Honigbienen (Körpergröße 15 mm) auf Blüten, lähmt sie mit seinem Giftstachel und transportiert sie zu den Brutzellen. In jede Brutzelle werden entweder zwei bis drei Bienen eingebracht und darauf ein unbefruchtetes Ei abgelegt, aus dem sich ein männlicher Nachkomme entwickelt, oder aber es werden drei bis sechs Bienen eingetragen und auf diesen wird ein befruchtetes Ei abgelegt, aus dem sich ein weiblicher Nachkomme entwickelt. Drei Tage nach der Eiablage schlüpft die Larve, die für ca. 72 Stunden unbeweglich ist. Sie frisst zunächst das Fettgewebe und dann die Organe der gelähmten Biene. Nach einigen Wochen hat sie den Nahrungsvorrat aufgebraucht und sich in einen Kokon eingesponnen. Die Larven befinden sich 9 Monate in einem Ruhezustand und überwintern gut geschützt in der Bruthöhle. Sie verpuppen sich im nächsten Frühjahr und schlüpfen im Juni. Die adulten Bienenwölfe ernähren sich von Nektar. Das Weibchen presst auch Nektartropfen aus erbeuteten Bienen und nutzt diese als Nahrung.

Der Bienenwolf fällt insektenfressenden Spinnen, Vögeln, Kleinsäugetern oder Raubinsekten zum Opfer. In den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden Bienenwölfe von Imkern stark bekämpft.

Die Kleine Goldwespe (*Hedychrum rutilans*), im Folgenden Goldwespe genannt, ist nur 5 mm groß. Sie legt ihre Eier in Bienen ab, die der Bienenwolf gelähmt hat. In Versuchen und in Freilandbeobachtungen wurde die Eiablage der Goldwespe beobachtet. Sie wartet in der Nähe des Nesteingangs des Bienenwolfes, um dann blitzschnell ihr Ei abzulegen und sich wieder zu entfernen. Man beobachtete das Weibchen der Goldwespe bei der Eiablage, sowohl noch bevor das Bienenwolf-Weibchen die Biene in die Höhle schleppt als auch im Zentralgang der Höhle. Hier lagert das Bienenwolf-Weibchen die einzelnen Bienen zwischen, bis wieder eine neue Brutzelle mit mehreren Bienen befüllt und das Bienenwolf-Ei abgelegt wird. Das Bienenwolf-Weibchen reagiert nicht auf das sehr viel kleinere Weibchen der Goldwespe. Schlüpft vier Tage nach der Eiablage die sehr viel mobilere Larve der Goldwespe, frisst sie zunächst die unbewegliche Bienenwolf-Larve und dann die gelähmten Bienen von innen auf. Selten kommt es vor, dass die Larve der Goldwespe einige Tage nach dem Schlüpfen abstirbt. Meist entwickelt sie sich erfolgreich.



Name: _____

Material B: Die weiße Substanz des weiblichen Bienenwolfs

Untersuchung 1

Bevor das Bienenwolf-Weibchen das Ei an die gelähmte Biene legt, bestreicht es die Wände der Brutzelle und die Biene mit einer weißen, wachsartigen Substanz aus speziellen Drüsen, die an den Antennen der Weibchen sitzen. Die Larven nehmen beim Fressen kleine Mengen von der Substanz auf und verteilen sie auch im Kokon. Man hat die Bedeutung der Substanz an zwei verschiedenen Gruppen von Larven untersucht. Der Versuch lief über die Dauer der Larvenentwicklung. Die Larven der Kontrollgruppe wuchsen an Bienen, die ganz normal mit weißer Substanz behandelt waren, die anderen Larven hatten keinen Zugang zur weißen Substanz (Abbildung 1). Aus letzterer Gruppe überlebte ein weiblicher Bienenwolf. Dieses Weibchen konnte selbst kein weißes Sekret bilden. Im Folgejahr konnte es keine stabile Brutkammer bauen und sich nicht vermehren.

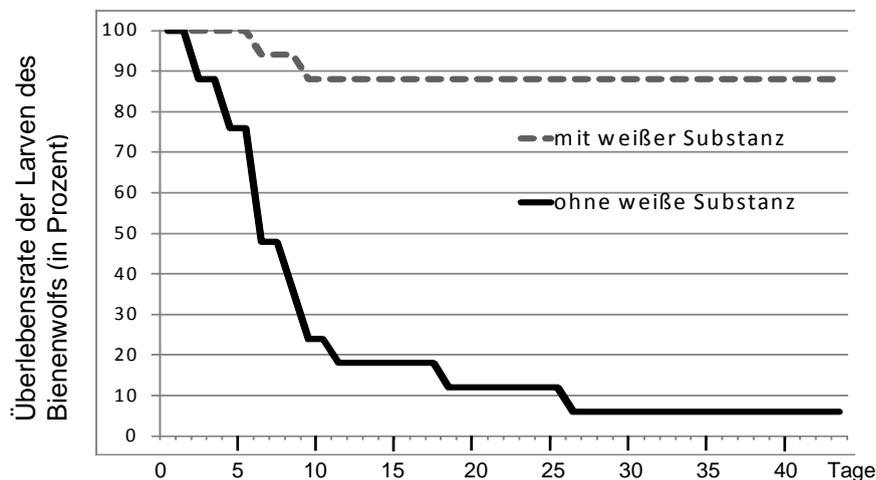


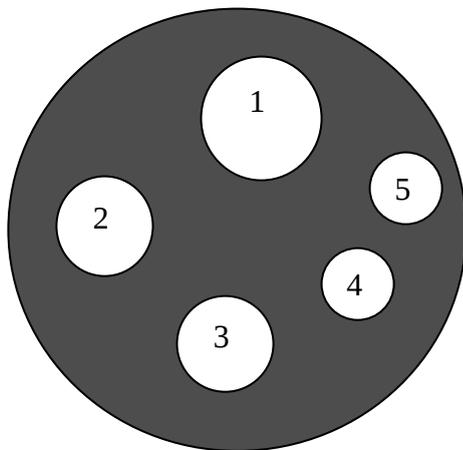
Abbildung 1: Überlebensrate der Larven des Bienenwolfs (in Prozent) in Abhängigkeit vom Vorkommen der weißen Substanz an der Biene und in der Bruthöhle



Name: _____

Untersuchung 2

In einer neuen Untersuchung am Max-Planck-Institut in Jena (2010) ermittelten Forscher Ursachen für die Wirkung der weißen Substanz. Hierzu stellten sie vom Bienenwolf-Weibchen einen Extrakt aus den Antennen mit ihren Drüsen und der weißen Substanz her. Außerdem züchteten sie eine Mischkultur aus verschiedenen Schimmelpilzen und Bakterien, die häufig Insekten befallen. Die Petrischalen dieser Mischkultur wurden dann mit dem Extrakt behandelt. Zum Vergleich testete man vier verschiedene Antibiotika.



Filterpapiere getränkt mit Extrakt aus den Antennen des Bienenwolf-Weibchens mit ihren Drüsen und der weißen Substanz bzw. mit verschiedenen Antibiotika, s. u. Nr. 2 – 5

- 1: Extrakt
- 2: Streptochlorin
- 3: Piericidin A1
- 4: Piericidin B1
- 5: Glucopiericidin A

○ Die hellen Kreise geben die Löcher im Rasen an.

Abbildung 2: Petrischale mit der Mischkultur aus Schimmelpilzen und Bakterien. Diese Mikroorganismen bilden einen zusammenhängenden Rasen (in der Abbildung grau) auf Agar. Auf **gleichgroßen Filterpapieren** sind Wirkstoffe aufgetragen, die in die Umgebung diffundieren und unterschiedlich große Löcher (in der Abbildung hell) im Rasen erzeugen.

Untersuchung 3

Mikroskopische Untersuchungen zeigen, dass Mikroorganismen zwischen den Antennenborsten am Kopf des Bienenwolf-Weibchens, in den Antennendrüsen und auf dem Kokon siedeln. Um die Art der Bakterien zu identifizieren, wurden von den kompletten Antennendrüsen des weiblichen Bienenwolfs DNA-Proben entnommen und mittels PCR vervielfältigt. Die PCR gelang, wenn die Forscher Primer für die PCR benutzten, die hochspezifisch für ribosomale RNA von Bakterien der Gattung Streptomyces waren. Streptomyces produziert Antibiotika, z. B. Streptochlorin und verschiedene Piericidine.



Name: _____

Material C: Wie verbirgt der Brutparasit seine Anwesenheit?

Soziale Insekten, zum Beispiel Bienen, erkennen einander am „Nestgeruch“. Dieser entsteht dadurch, dass die miteinander nahe verwandten Individuen in ihrem Chitinpanzer ein Gemisch flüchtiger Kohlenwasserstoffe fast identischer Zusammensetzung besitzen, das sie umgibt und sich im gesamten Nest verteilt. Fremde werden an ihrem andersartigen Geruch als Eindringlinge erkannt und bekämpft.

Biologen fragten sich, wie es dem Weibchen der Goldwespe gelingt, sich im Zentralgang der Bruthöhle vor dem Bienenwolf-Weibchen zu verbergen. Sie vermuteten, dass die Kleine Goldwespe eine „chemische Tarnung“ besitzt. Dabei waren zwei Hypothesen auf dem Prüfstand:

- 1) Die Goldwespe tarnt sich, indem sie die Duftstoffe aus der Bruthöhle annimmt.
- 2) Die Goldwespe produziert Duftstoffe, die denen des Bienenwolfes ähnlich sind.

In diesem Zusammenhang testete man im ersten Versuch, ob Düfte bei Bienenwolf-Weibchen eine Abwehrreaktion auslösen. In die Bruthöhle eines jeden Weibchens legte man in drei Versuchen (A, B, C) je ein Filterpapier, das unterschiedlich behandelt war. In Versuch A war es das reine Lösungsmittel, in Versuch B ein Extrakt aus dem Chitinpanzer der Goldwespe und in Versuch C ein Extrakt aus dem Chitinpanzer einer Fliege, die weder nah mit der Goldwespe noch nah mit dem Bienenwolf verwandt ist. Man protokollierte, in welchem Ausmaß weibliche Bienenwölfe auf den Duft reagierten.

Tabelle 1: Ergebnisse von Versuch 1 zur Abwehr-Reaktion der Bienenwolf-Weibchen auf unterschiedliche Duftproben

Probe auf dem Filterpapier im Zentralgang der Bruthöhle	Anteil an jeweils reagierenden Bienenwolf-Weibchen (%)
A Reines Lösungsmittel (Hexan)	0
B Extrakt der Goldwespe	20
C Extrakt der Fliege	90

Im zweiten Versuch analysierte man dann die chemische Zusammensetzung der flüchtigen Kohlenwasserstoffe im Extrakt aus Chitinpanzern verschiedener Arten. Dabei bezog man die Arbeiterinnen der Honigbiene und eine verwandte Goldwespenart, die Sandgoldwespe (*Hedychrum nobile*), die nicht beim Bienenwolf parasitiert, in die Untersuchung ein.

Tabelle 2: Ergebnisse von Versuch 2: Prozentualer Anteil der flüchtigen Kohlenwasserstoffe im Extrakt aus Chitinpanzern verschiedener Insekten

Substanzbezeichnung	Honigbiene Arbeiterin	Bienenwolf Weibchen	Kleine Goldwespe Weibchen	Sandgoldwespe Weibchen
a) C21	0,40	0	0	0,19
b) C23-7-en	0,30	0	0	0,21
c) C23	22,40	10,20	10,10	3,65
d) C24	0,51	0	0	0,21
e) C26:1	0	0,44	0,21	0
f) C28	0,15	0	0	0,25
g) C31	5,41	2,47	2,0	0

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2011

Biologie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

2. Aufgabenstellung¹

Thema: Die Ökologie des Bienenwolfs

- III.1 Nennen Sie Faktoren der ökologischen Nische des Bienenwolfs (Material A). Beschreiben Sie die interspezifischen Beziehungen des Bienenwolfs und begründen Sie das gehäufte Vorkommen des Bienenwolfs in der Nähe von Bienenstöcken (Material A). *(18 Punkte)*
- III.2 Werten Sie die Untersuchungen eins bis drei (Material B) aus und beurteilen Sie, inwiefern die Produktion und Verteilung der weißen Substanz als Anpasstheit des Bienenwolfs betrachtet werden kann (Materialien A und B). *(21 Punkte)*
- III.3 Werten Sie die Versuchsergebnisse zur Untersuchung der Abwehrreaktion in Tabelle 1 und die Ergebnisse der Untersuchungen von Chitinpanzer-Extrakten in Tabelle 2 aus (Material C). Bewerten Sie die Gültigkeit der beiden Hypothesen aus Material C (Materialien A und C). *(17 Punkte)*
- III.4 Nennen Sie die Anpasstheiten der Goldwespe und erläutern Sie die Selektionsfaktoren, die zu einer Anpasstheit der Goldwespe an die Verhaltensweisen und den Lebenszyklus des Bienenwolfs beitragen (Materialien A und C). *(10 Punkte)*

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Material A: verändert nach: <http://www.insektenbox.de/hautfl/biewol.htm> (30.03.2010)
Strohm, Erhard et al., 2002. Schmid-Egger, C. (Hrsg.), 1995
- Material B: Strohm, Erhard et al., 2002
Abbildung 1 verändert nach: Kroiss, J., Kaltenpoth, M. et al., 2010, Fig 5
Abbildung 2 verändert nach: aaO, Fig 2
Abbildung 3 verändert nach: aaO, Fig 4
- Material C: verändert nach: Strohm, Erhard et al., 2008
- Kaltenpoth, Martin et al., 2005. Symbiotic Bacteria Protect Wasp Larvae from Fungal Infestation, in: Current Biology, Vol. 15, 475 – 479, March 8, 2005
- Kroiss, J., Kaltenpoth, M. et al., 2010. Symbiotic streptomycetes provide antibiotic combination prophylaxis for wasp offspring, in: Nature Chemical Biology, Vol. 6, 261 – 263 (published online 28.02.2010)
- MPG Presseinformation B/2010 (49) 28. Februar 2010, Bienenwolf schützt sich mit Antibiotika
- Strohm, Erhard et al., 2008. A cuckoo in wolves' clothing? Chemical mimicry in a specialized cuckoo wasp of the European beewolf (Hymenoptera, Chrysididae and Crabronidae), in: Frontiers in Zoology 2008, 5:2 doi:10.1186/1742-9994-5-2
- Schmid-Egger, C. (Hrsg.), 1995, Hedychrum rutilans, Wie geschieht die Eiablage wirklich?, in: Rundbrief für alle Freunde der akuleaten Hymenopteren, bembix Nr. 5, Dezember 1995, <http://www.insektenbox.de/hautfl/biewol.htm> (30.03.2010)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2011

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Genetische und entwicklungsbiologische Grundlagen von Lebensprozessen

- Angewandte Genetik
 - Werkzeuge und Verfahrensschritte der Gentechnik am Beispiel der PCR und des genetischen Fingerabdrucks
 - Methoden der Bakteriengenetik: Stempeltechnik, Verdünnungsreihen

Ökologische Verflechtungen und nachhaltige Nutzung

- Umweltfaktoren, ökologische Nische – Untersuchungen in einem Lebensraum
- Einfache Beziehungen zwischen Organismengruppen und abiotischen Habitatfaktoren
 - Anpassungen an Temperatur und Feuchtigkeit bei Tieren und Pflanzen
- Wechselbeziehungen, Populationsdynamik
 - Beziehungen zwischen Populationen: LOTKA-VOLTERRA-Regeln, Konkurrenz, Koexistenz

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe III.1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>nennt sinngemäß Faktoren der ökologische Nische des Bienenwolfs, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Lebensraum umfasst sonnenbeschienene, sandige Böden, in denen feucht-warme Bruthöhlen angelegt werden können. • Es müssen in der Nähe der Bruthöhlen Pflanzen vorkommen, auf denen Honigbienen Nahrung finden. • Pflanzennektar ist Nahrung der Bienenwolf-Weibchen. • Die gelähmten Bienen sind Nahrung für die Larven. 	8
2	<p>beschreibt sinngemäß die interspezifischen Beziehungen des Bienenwolfs, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Von den gelähmten Honigbienen ernähren sich die Larven des Bienenwolfs. • Die Bienenwolf-Weibchen jagen die Honigbienen, dies ist eine Räuber-Beute-Beziehung. • Der Bienenwolf steht als Beute in Beziehung zu seinen Räubern, den insekten-fressenden Spinnen, Vögeln, Kleinsäugetern oder Raubinsekten wie z. B. Hornissen. • Der Bienenwolf ist Wirt für die Goldwespe, die als Parasitoid (auch akzeptiert: Parasit) bezeichnet werden kann. • Der Bienenwolf wird bei massivem Vorkommen vom Menschen (Imker) als Schädling bekämpft, hier ist der Bienenwolf mittelbar Nahrungskonkurrent, indem er über die Zahl der Arbeitsbienen die Honigmengen reduziert. <p><i>(Die Nennung von 4 interspezifischen Beziehungen führt zur Vergabe der vollen Punktzahl.)</i></p>	8
3	<p>begründet sinngemäß das gehäufte Vorkommen des Bienenwolfs in der Nähe von Bienenstöcken, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Zahl der Beutetiere (Bienen) reguliert nach Volterra die Zahl der Räuber (Bienenwölfe). <p><i>oder</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bienenstöcke beherbergen Tausende von Bienen, die eine Massenvermehrung der nächsten Generation der Bienenwölfe ermöglichen. 	2
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe III.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	wertet die Untersuchungen eins bis drei sinngemäß aus, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • In den ersten 10 Tagen der Untersuchung 1 sterben in beiden Versuchsgruppen Larven, aber in der Gruppe ohne weiße Substanz sterben im Vergleich vielfach mehr Larven. • In dieser Gruppe überleben bis zum 27. Tag ca. 6 % der Larven, in der Kontrolle mit weißer Substanz überleben ab dem 10. Tag ca. 88 % der Larven. • Die weiße Substanz scheint für die Larven überlebenswichtig zu sein. • Untersuchung 2 zeigt die Wirkung der weißen Substanz. Der Extrakt erzeugt auf einem Rasen aus Bakterien und Schimmelpilzen höchste Wirkung, die Mikroorganismen der Kultur sterben in einem großen Radius um das getränkte Filterpapier ab. • Die Untersuchung zeigt, dass die Wirkung der weißen Substanz stärker antibiotisch ist als die der getesteten einzelnen Antibiotika. 	10
2	wertet die Untersuchungen eins bis drei sinngemäß aus, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • In Untersuchung 3 wurde die Anwesenheit von Streptomyces-Bakterien in den Antennendrüsen und an den Antennen des weiblichen Bienenwolfs und am Kokon durch Mikroskopie und mittels PCR nachgewiesen. • Streptomyces produziert die Antibiotika, die man in Untersuchung 2 getestet hat. • Diese Untersuchung zeigt, dass die Wirkung der weißen Substanz auf die Wirkung von Antibiotika von Streptomyceten zurückgeführt werden kann. • Die weiße Substanz scheint eine Kombination verschiedener Antibiotika zu sein. 	8
3	beurteilt sinngemäß, inwiefern die Produktion und Verteilung der weißen Substanz als Angepasstheit betrachtet werden kann, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • 30 °C und Feuchtigkeit sind gute Lebensbedingungen für Mikroorganismen wie Schimmelpilze und Bakterien. • Als Angepasstheit an diese Faktoren in der Brutkammer ist die Substanz wirksam gegen Schimmelpilze und Bakterien. • Die weiße Substanz schützt organisches Material der Wände, die gelähmten Bienen und die Larven in ihrem Kokon vor Infektionen. 	3
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe III.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	wertet die Versuchsergebnisse zur Untersuchung der Abwehrreaktion in Tabelle 1 aus, z. B. : <ul style="list-style-type: none"> • Auf das Lösemittel reagieren die Tiere nicht, daher sind die Ergebnisse hiervon nicht beeinträchtigt. • Der Geruch des Extraktes aus dem Chitinpanzer einer Fliege führt in 90 % der Fälle zu einer Reaktion, da die Bienenwolf-Weibchen die Duftstoffe (als fremd) erkennen. • Der Geruch des Extraktes aus dem Chitinpanzer der Goldwespe führt nur in 20 % der Fälle zu einer Reaktion. 	6
2	wertet die Ergebnisse der Untersuchungen von Chitinpanzer-Extrakten in Tabelle 2 sinngemäß aus: <ul style="list-style-type: none"> • Die Zusammensetzung der untersuchten Duftstoffe ist bei der Honigbiene deutlich verschieden von der anderer Arten. • Die Zusammensetzung der untersuchten Duftstoffe ist bei der Sandgoldwespe deutlich verschieden von der anderer Arten. • Die Kleine Goldwespe zeigt bei den Substanzen mehr Übereinstimmungen zum Bienenwolf als zur verwandten Sandgoldwespe. • Die Kombination der Duftstoffe der Kleinen Goldwespe ähnelt in der Untersuchung am meisten der des Bienenwolfs. 	6
3	bewertet die Gültigkeit der Hypothese 1 aus Material C, sinngemäß: <ul style="list-style-type: none"> • Sie ist unwahrscheinlich, da sich die Goldwespe nicht lange genug im Nest aufhält, um Duftstoffe aufzunehmen. 	2
4	bewertet sinngemäß die Gültigkeit der Hypothese 2 aus Material C, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Duftstoffkombination bei der Kleinen Goldwespe kann als Nachahmung der Duftstoffkombination des Bienenwolfs aufgefasst werden. • Da die Kleine Goldwespe sich ausschließlich in Nestern des Bienenwolfs vermehrt, liegt eine hoch spezialisierte Anpasstheit vor. 	3
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe III.4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>nennt die Anpasstheiten der Goldwespe und erläutert die Selektionsfaktoren, die zu einer Anpasstheit der Goldwespe an die Verhaltensweisen und den Lebenszyklus des Bienenwolfs beitragen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Weibchen der Kleinen Goldwespe ist im Verhalten der Eiablage an den Bienenwolf angepasst. • Die Entwicklungsdauer der Larve ist kürzer als die des Bienenwolfs. • Die Larve der Goldwespe frisst als erstes die Larve des Bienenwolfs. <p><i>(Andere sinnvolle Aussagen werden entsprechend gewertet.)</i></p>	6
2	<p>nennt die Anpasstheiten der Goldwespe und erläutert die Selektionsfaktoren, die zu einer Anpasstheit der Goldwespe an die Verhaltensweisen und den Lebenszyklus des Bienenwolfs beitragen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Selektionsfaktor für das angepasste Eiablageverhalten der Goldwespe ist der weibliche Bienenwolf, der Goldwespen mit unangepasstem Verhalten vertreibt und so deren Fitness verringert. • Selektionsfaktor für die Entwicklung und Entwicklungsdauer der Larve ist die um Nahrung konkurrierende Larve des Bienenwolfs, die sich ggf. als früher schlüpfende Larve gegen den Brutparasiten durchsetzen kann und so die Fitness der Kleinen Goldwespe verringert. <p><i>(Andere sinnvolle Aussagen werden entsprechend gewertet.)</i></p>	4
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: _____

Teilaufgabe III.1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	nennt sinngemäß Faktoren ...	8			
2	beschreibt sinngemäß die ...	8			
3	begründet sinngemäß das ...	2			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.1 Teilaufgabe	18			

Teilaufgabe III.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	wertet die Untersuchungen ...	10			
2	wertet die Untersuchungen ...	8			
3	beurteilt sinngemäß, inwiefern ...	3			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.2 Teilaufgabe	21			

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

Teilaufgabe III.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	wertet die Versuchsergebnisse ...	6			
2	wertet die Ergebnisse ...	6			
3	bewertet die Gültigkeit ...	2			
4	bewertet sinngemäß die ...	3			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.3 Teilaufgabe	17			

Teilaufgabe III.4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	nennt die Anpasstheiten ...	6			
2	nennt die Anpasstheiten ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.4 Teilaufgabe	10			
	Summe der III.1, III.2, III.3 und III.4 Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<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 nur bei der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

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 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0