



Name: \_\_\_\_\_

# Abiturprüfung 2014

## Biologie, Leistungskurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Thema: Evolution der Fledermäuse

- I.1 Nennen Sie die in Abbildung 1 sichtbaren anatomischen Anpassungen im Hinblick auf die Flugfähigkeit bei Fledermäusen und vergleichen Sie in diesem Kontext die Merkmale der dargestellten Flügel (Material A). (8 Punkte)
- I.2 Erklären Sie ausgehend von der Definition der ökologischen Nische das Zustandekommen der Artenvielfalt der Fledermäuse (Material B). Werten Sie die in Abbildung 3 dargestellte Untersuchung aus und erläutern Sie in diesem Zusammenhang den evolutiven Vorteil der Echoortung. (22 Punkte)
- I.3 Fassen Sie die Ergebnisse des in Material C dargestellten Experiments zusammen und interpretieren Sie sie im Hinblick auf die spezifischen Anpassungen der Motte *Cycnia tenera*. (14 Punkte)
- I.4 Skizzieren Sie mithilfe von Kurvendiagrammen die Ihnen bekannten möglichen Wirkungen der Selektion auf die Merkmalsverteilung innerhalb einer Population. Deuten Sie auf dieser Basis die Beobachtungen zum speziellen Echoortungsverhalten einiger Fledermausarten (Material C). Beurteilen Sie umfassend, inwiefern es sich bei der Evolution von Fledermäusen und Motten um ein evolutionäres Wettrüsten handelt (Material C). (22 Punkte)

### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: \_\_\_\_\_

**Material A: Anatomie der Fledermaus**

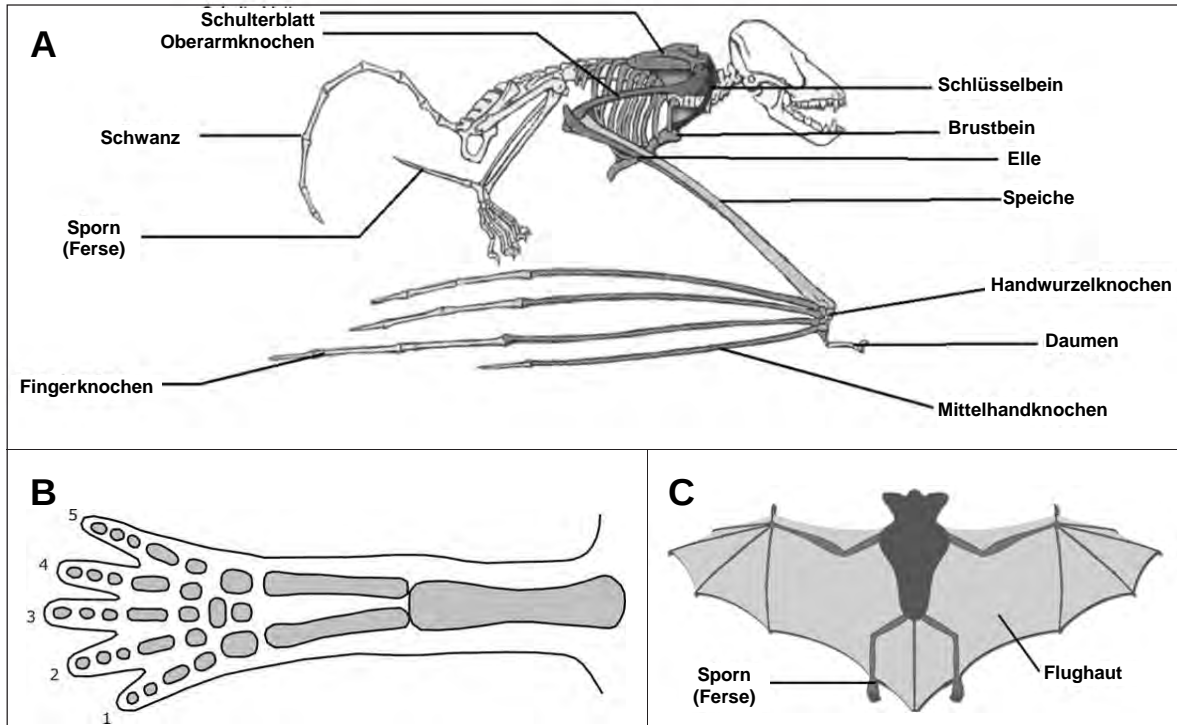


Abbildung 1: **A** Skelett einer Fledermaus  
**B** fünfstrahlige Grundextremität der Wirbeltiere  
**C** Flügelform einer Fledermaus

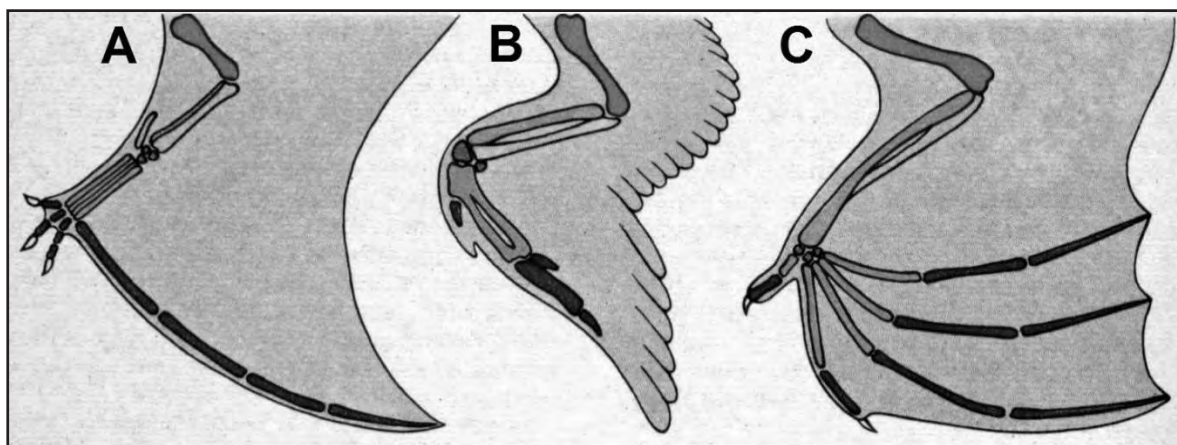


Abbildung 2: Flügelbau von **A** Flugsaurier, **B** Vogel, **C** Fledermaus



Name: \_\_\_\_\_

## Material B: Ökologie der Fledermäuse

Fledermäuse gehören mit ihren Verwandten, den Flughunden, zur Ordnung der Fledertiere (*Chiroptera*). Die Fledertiere sind die einzigen Säugetiere, bei denen im Verlauf der Evolution die Fähigkeit des aktiven Fluges entstanden ist. Sie bilden eine sehr artenreiche Ordnung: Jede fünfte heute lebende Säugerart gehört dieser Gruppe an, sie sind – mit Ausnahme der Polargebiete – weltweit verbreitet.

Bei Fledermäusen hat sich die Fähigkeit zur Echoortung entwickelt, die ihnen zur Orientierung und zur Nahrungssuche dient: Dazu stoßen sie mit ihrem Kehlkopf Laute im Ultraschallbereich aus, die beim Auftreffen auf ein Hindernis oder ein Beutetier (z. B. ein fliegendes Insekt) zur Fledermaus zurückgeworfen werden. Das über die Ohren wahrgenommene Echo kann nun analysiert werden und verrät der Fledermaus u. a. die Lage von Hindernis oder Beutetier.

Über 85 % der heute lebenden Fledertierarten gehören zu den Fledermäusen, die im Gegensatz zu den Vögeln zumeist nachtaktiv sind. Die meisten Fledermausarten ernähren sich von Insekten, daneben finden sich auch einige Arten mit herbivorer (Früchte, Nektar, Pollen), carnivorer (Frösche, Fische) oder sanguivorer (Wirbeltierblut) Lebensweise.

Beim Kleinen Braunen Mausohr (*Myotis lucifugus*) hat man die im Flug erbeuteten und in seinem Kot nachweisbaren Insekten vermessen, in Größenklassen eingeteilt und mit der Häufigkeit von im Biotop insgesamt verfügbaren Insekten entsprechender Größenklassen verglichen (Abbildung 3).

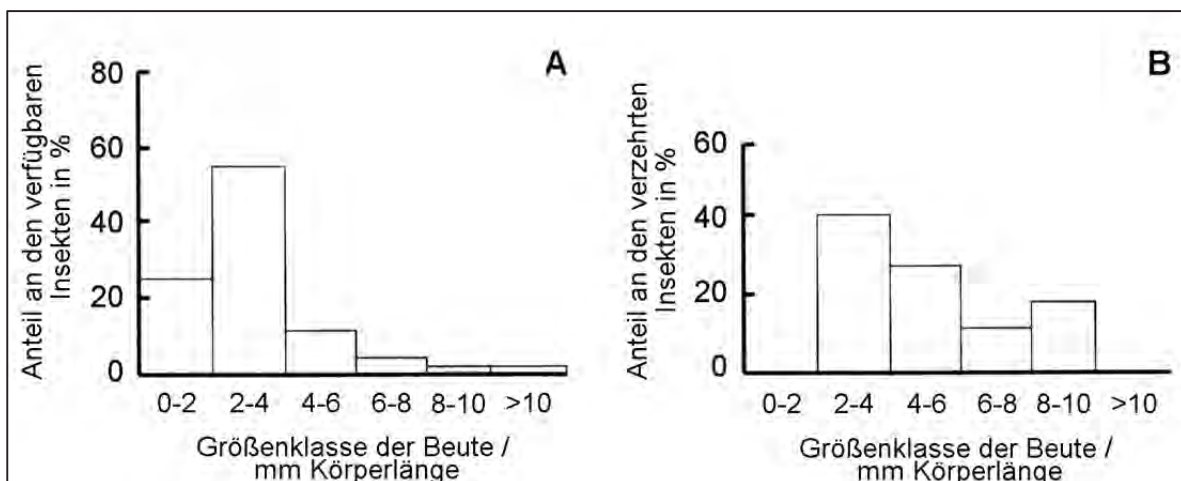


Abbildung 3: Beutegröße des Kleinen Braunen Mausohres (*Myotis lucifugus*)  
(A Anteil der Insekten einzelner Größenklassen an den insgesamt im Biotop verfügbaren Insekten,  
B Anteil der Insekten einzelner Größenklassen an den verzehrten Insekten)



Name: \_\_\_\_\_

### Material C: Evolution in Aktion

Motten schwirren ums Licht. Erzeugt man durch das Klirren eines Schlüsselbundes ein Geräusch, so fallen die Motten im scheinbar unkoordinierten Taumelflug herab. Untersucht man dieses Verhalten genauer, so sind nicht die für uns hörbaren Geräusche, sondern Ultraschalllaute im Bereich von 15 – 80 kHz entscheidend, die beim Klirren des Schlüsselbundes auch entstehen.

In Abhängigkeit von der Art der von Fledermäusen ausgestoßenen Laute verhalten sich Motten unterschiedlich: Auf relativ leise Ultraschalllaute reagieren sie mit einem Fluchtverhalten von der Schallquelle weg. Auf die intensiven Klicklaute, die eine Fledermaus kurz vor dem Zupacken ausstößt, reagieren die Motten mit dem Taumelflug, den man auch durch das Klirren des Schlüsselbundes hervorrufen kann.

Man hat auch Fledermausarten mit einem speziellen Echoortungsverhalten gefunden, die zur Beutesuche besonders hochfrequente Signale bis 212 kHz aussenden, andere verwenden besonders niedrige Frequenzen unter 15 kHz.

Die Mottenart *Cycnia tenera* signalisiert durch eine auffällige Färbung und die Abgabe chemischer Signalstoffe, dass sie keine wohlschmeckende Nahrung darstellt. Ferner ist diese Motte in der Lage, Klicklaute im Ultraschallbereich zu erzeugen.

Folgendes Experiment wurde mit der Fledermausart *Myotis septentrionalis* und der Motte *Cycnia tenera* durchgeführt:

Jeweils eine Fledermaus wurde mit einer Motte in einen verdunkelten Raum gebracht. In Ansatz A wurden *Cycnia tenera*-Exemplare ohne Modifikationen verwendet („intakt“), in Ansatz B wurden den Motten die der Geräuschproduktion dienenden Organe operativ entfernt („stumm“), in Ansatz C wurden zur Kontrolle Motten anderer Arten verwendet. Der Versuch wurde mit insgesamt 6 Fledermäusen und 60 Motten durchgeführt.

Tabelle 1: Anteil der Motten der jeweiligen Versuchsgruppe, die (1) keinen Kontakt zur Fledermaus hatten, (2) trotz Kontakts unverletzt blieben oder (3) in Folge des Kontakts getötet wurden

|   | Art des Kontaktes   | Ansatz A:<br>„intakte“<br><i>Cycnia tenera</i> | Ansatz B:<br>„stumme“<br><i>Cycnia tenera</i> | Ansatz C:<br>andere<br>Motten |
|---|---------------------|--|---|-------------------------------|
| 1 | kein Kontakt        | 66,7 %   | 8,3 %   | 0 %                           |
| 2 | Kontakt, unverletzt | 25,0 %   | 66,7 %  | 0 %                           |
| 3 | Kontakt, getötet    | 8,3 %  | 25,0 %  | 100 %                         |

**Unterlagen für die Lehrkraft****Abiturprüfung 2014****Biologie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

**2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>****Thema: Evolution der Fledermäuse**

- I.1 Nennen Sie die in Abbildung 1 sichtbaren anatomischen Anpassungen im Hinblick auf die Flugfähigkeit bei Fledermäusen und vergleichen Sie in diesem Kontext die Merkmale der dargestellten Flügel (Material A). (8 Punkte)
- I.2 Erklären Sie ausgehend von der Definition der ökologischen Nische das Zustandekommen der Artenvielfalt der Fledermäuse (Material B). Werten Sie die in Abbildung 3 dargestellte Untersuchung aus und erläutern Sie in diesem Zusammenhang den evolutiven Vorteil der Echoortung. (22 Punkte)
- I.3 Fassen Sie die Ergebnisse des in Material C dargestellten Experiments zusammen und interpretieren Sie sie im Hinblick auf die spezifischen Anpassungen der Motte *Cycnia tenera*. (14 Punkte)
- I.4 Skizzieren Sie mithilfe von Kurvendiagrammen die Ihnen bekannten möglichen Wirkungen der Selektion auf die Merkmalsverteilung innerhalb einer Population. Deuten Sie auf dieser Basis die Beobachtungen zum speziellen Echoortungsverhalten einiger Fledermausarten (Material C). Beurteilen Sie umfassend, inwiefern es sich bei der Evolution von Fledermäusen und Motten um ein evolutionäres Wettrüsten handelt (Material C). (22 Punkte)

<sup>1</sup> Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

### 3. Materialgrundlage

- Material A:
  - Abbildung 1 A: verändert nach Simmons 2009 (S. 52)
  - Abbildung 1 B: verändert nach Vogel & Angermann 1974 (S. 120)
  - Abbildung 1 C: verändert nach Habersetzer *et al.* 2008 (S. 252)
  - Abbildung 2: verändert nach Vogel & Angermann 1974 (S. 474)
- Material B:
  - Abbildung 3: verändert nach Altringham 2011 (S. 84) und Anthony & Kunz 1977 (S. 781)
- Material C:
  - Tabelle 1: verändert nach Ratcliffe & Fullard 2005 (S. 4693)
- Altringham, J. D. (2011). *Bats: From Evolution to Conservation* (2. Aufl.). Oxford: Oxford University Press
- Anthony, E. L. P. & Kunz, T. H. (1977). Feeding Strategies of the Little Brown Bat, *Myotis Lucifugus*, in Southern New Hampshire. *Ecology*, 58, S. 775 – 786
- Habersetzer, J., Simmons, N. B., Seymour, K., Gunnell, G. F. & Schlosser-Sturm, E. (2008). Fledermäuse: Die Evolution des Fluges und der Echoortung. *Biologie in unserer Zeit*, 4/08, S. 246 – 254
- Miller, L. A. & Surlykke, A. (2001). How Some Insects Detect and Avoid Being Eaten by Bats: Tactics and Countertactics of Prey and Predator. *Bioscience*, 51, S. 570 – 581
- Ratcliffe, J. M. & Fullard, J. H. (2005). The adaptive function of tiger moth clicks against echolocating bats: an experimental and synthetic approach. *Journal of Experimental Biology*, 208, S. 4689 – 4698
- Renk, C. (2012). Da wird das Kauen zum Donnergrollen. *Badische Zeitung*. 05.04.2012. (digital unter: <http://www.badische-zeitung.de/suedwest-1/da-wird-das-kauen-zum-donnergrollen--57957150.html> (Zugriff: 17.11.2013))
- Simmons, N. B. (2009). Fledermäuse – wie sie fliegen und jagen lernten. *Spektrum der Wissenschaft*, 9/09, S. 50 – 57
- Vogel, G. & Angermann, H. (1974). *dtv-Atlas zur Biologie: Tafeln und Texte* (Band 1, 8. Aufl.; Band 2, 7. Aufl.). München: Deutscher Taschenbuch Verlag
- Wehner, R. & Gehring, W. (2007): *Zoologie* (24. Aufl.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Wilcken, S. & Kalko, E. K. V. (2004). Die Vielfalt neotropischer Fledermäuse. *Biologie in unserer Zeit*, 4/04, S. 230 – 239

#### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2014

##### 1. Inhaltliche Schwerpunkte

Ökologische Verflechtungen und nachhaltige Nutzung

- Umweltfaktoren, ökologische Nische – Untersuchungen in einem Lebensraum
- Einfache Beziehungen zwischen Organismengruppen und abiotischen Habitatfaktoren
  - Angepasstheiten an Temperatur und Feuchtigkeit bei Tieren und Pflanzen
  - Toleranzbereich, physiologisches und ökologisches Optimum
- Wechselbeziehungen, Populationsdynamik
  - Beziehungen zwischen Populationen: Lotka-Volterra-Regeln, Konkurrenz, Koexistenz

Evolution der Vielfalt des Lebens in Struktur und Verhalten

- Grundlagen evolutiver Veränderungen
  - Genotypische Variabilität von Populationen (keine Modellberechnungen)
- Art und Artbildung
- Evolutionshinweise und Evolutionstheorie
  - Rezente und paläontologische Hinweise (Homologie der Wirbeltiergliedmaßen)
  - Systematik und phylogenetischer Stammbaum (Grundlegende Zusammenhänge innerhalb des Wirbeltierstammbaumes, vertiefend: phylogenetische Stellung der Primaten)
  - Vergleich und Beurteilung der Ergebnisse unterschiedlicher Analysemethoden; bei der Analyse bzw. Erstellung eines Stammbaumes sind Übereinstimmungen in der DNA-Sequenz und Aminosäure-Sequenz von Proteinen einzubeziehen
  - Synthetische Evolutionstheorie
  - Datierungsmethoden
- Verhalten, Fitness und Anpasstheit
  - Fortpflanzungsstrategien (einschließlich Partnerwahl und Paarungssysteme)

##### 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**

|   | <b>Anforderungen</b>  | maximal<br>erreichbare<br>Punktzahl |
|---|---|-------------------------------------|
|   | <b>Der Prüfling</b>   |                                     |
| 1 | <p>nennt die in Abbildung 1 sichtbaren anatomischen Anpassungen im Hinblick auf die Flugfähigkeit bei Fledermäusen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flughaut,</li> <li>• stark verlängerte Finger- und Mittelhandknochen,</li> <li>• verlängerte Unterarmknochen,</li> <li>• spornartig erweiterte Ferse,</li> <li>• Schwanz.</li> </ul>   | 2                                   |
| 2 | <p>vergleicht in diesem Kontext die Merkmale der dargestellten Flügel (Material A), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beim Flugsaurier spannen in der Hauptsache die stark verlängerten Knochen des fünften Fingers gemeinsam mit Ober- und Unterarmknochen eine Flughaut auf.</li> <li>• Beim Vogel befinden sich an Ober- und Unterarm sowie an Mittelhand- und Fingerknochen Federn; die Fingerknochen sind stark reduziert.</li> <li>• Bei der Fledermaus spannen die stark verlängerten Mittelhand- und Fingerknochen der Finger zwei bis fünf gemeinsam mit dem Oberarm- und den verlängerten Unterarmknochen sowie der spornartig verlängerten Ferse und dem Schwanz eine Flughaut auf.</li> </ul> <p><i>(Eine aus dem Material ableitbare abweichende Fingerzählung beim Flugsaurier ist zu akzeptieren.)</i></p> | 6                                   |
| 3 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (1)   |                                     |



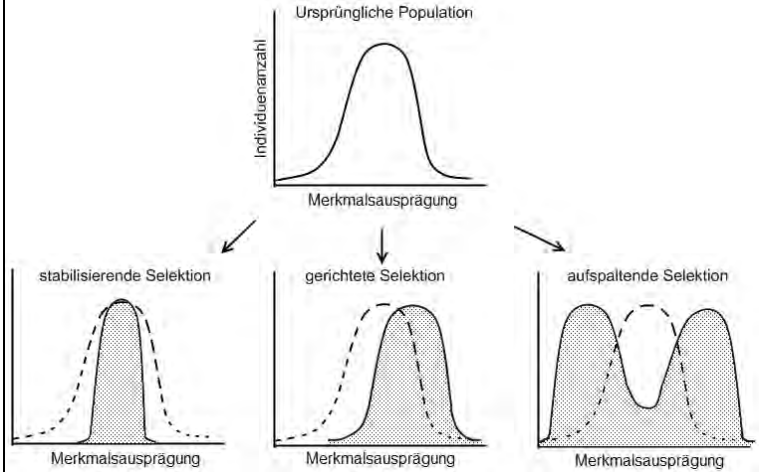
## Teilaufgabe I.2

|   | Anforderungen   | maximal erreichbare Punktzahl |
|---|---|-------------------------------|
|   | Der Prüfling  |                               |
| 1 | <p>erklärt ausgehend von der Definition der ökologischen Nische das Zustandekommen der Artenvielfalt der Fledermäuse (Material B), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Begriff ökologische Nische bezeichnet die Gesamtheit der biotischen und abiotischen Umweltfaktoren, die das Überleben einer Art beeinflussen.</li> </ul>   | 4                             |
| 2 | <p>erklärt ausgehend von der Definition der ökologischen Nische das Zustandekommen der Artenvielfalt der Fledermäuse (Material B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fledermäuse stellen mit 85 % den größten Anteil der Fledertierarten, bei denen sich als einziger Säugergruppe eine echte Flugfähigkeit entwickelt hat.</li> <li>• Dadurch war es ihnen möglich, viele verschiedene Lebensräume (ökologische Nischen) zu besiedeln. Aufgrund von adaptiver Radiation entstanden viele Arten von Fledermäusen.</li> <li>• Dass die Artenvielfalt bei Fledermäusen besonders groß ist, kann u. a. auch damit zusammenhängen, dass Fledermäuse über die folgenden Selektionsvorteile verfügen: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Echoortung als Werkzeug zur Orientierung und Nahrungssuche,</li> <li>– Nutzung vielfältiger Nahrungsressourcen,</li> <li>– nachtaktive Lebensweise, die die Konkurrenz zu den meist tagaktiven Vögeln abschwächt (Konkurrenzvermeidung).</li> </ul> </li> </ul>  | 6                             |
| 3 | <p>wertet die in Abbildung 3 dargestellte Untersuchung aus, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In Abbildung 3A ist für das Kleine Braune Mausohr (<i>Myotis lucifugus</i>) gezeigt, welchen Anteil Insekten sechs unterschiedlicher Größenklassen an der in seinem Biotop insgesamt verfügbaren Nahrung ausmachen.</li> <li>• Insekten mit einer Körperlänge von 2 – 4 mm stellen die Mehrheit. Zweithäufigste Gruppe sind kleine Insekten (0 – 2 mm) mit etwa 25 %; die Häufigkeit der übrigen Gruppen nimmt mit zunehmender Körperlänge ab, allerdings finden sich auch Insekten, die größer als 10 mm sind.</li> <li>• In Abbildung 3B ist für das Kleine Braune Mausohr gezeigt, welchen Anteil Insekten der unterschiedlichen Größenklassen an der tatsächlichen Nahrung ausmachen.</li> <li>• Die Insekten sind zwischen 2 und 10 mm groß, wobei besonders viele Insekten (40 %) 2 – 4 mm lang sind.</li> <li>• Die Größenverteilung der tatsächlich genutzten Nahrung stimmt nicht mit der Größenverteilung der insgesamt verfügbaren Nahrung überein: Sehr kleine (&lt; 2 mm) und sehr große Insekten (&gt; 10 mm) werden überhaupt nicht genutzt, größere Insekten (4 – 10 mm) werden überproportional häufig gefressen.</li> </ul> | 6                             |
| 4 | <p>erläutert in diesem Zusammenhang den evolutiven Vorteil der Echoortung, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Echoortung ermöglicht es Fledermäusen, insbesondere auch fliegende Insekten zu erbeuten. Sie erfahren dadurch nicht nur etwas über die Lage, sondern auch über die Größe eines potentiellen Beutetieres.</li> <li>• Dies ermöglicht ihnen die selektive Nutzung der Nahrungsressourcen (Kosten-Nutzen-Bilanz) und vermeidet z. B. interspezifische Konkurrenz, wenn mehrere Fledermausarten in einem Biotop Insekten unterschiedlicher Größe als Nahrung nutzen, aber auch intraspezifische Konkurrenz.</li> </ul> <p>(Andere fachlich zutreffende Argumente (z. B. Auflösungsvermögen des Echoortungssystems) sind entsprechend zu werten.)</p>   | 6                             |
| 5 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)   |                               |

## Teilaufgabe I.3

|   | Anforderungen  | maximal erreichbare Punktzahl |
|---|--|-------------------------------|
|   | Der Prüfling   |                               |
| 1 | <p>fasst die Ergebnisse des in Material C dargestellten Experiments zusammen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle Motten anderer Arten werden von der Fledermaus gefunden und getötet.</li> <li>• Bei den intakten <i>Cycnia tenera</i>-Motten kommt es in den meisten Fällen (66,7 %) nicht zum Kontakt, in den übrigen Fällen bleibt die Motte etwa dreimal häufiger unverletzt, als dass sie getötet wird.</li> <li>• Bei den stummen <i>Cycnia tenera</i>-Motten verfehlt die Fledermaus nur in 8,3 % der Fälle die Motte. Wie im Fall der intakten <i>Cycnia tenera</i>-Motten bleibt die Motte bei Kontakt ebenfalls nahezu dreimal häufiger unverletzt, als dass sie getötet wird.</li> </ul>  | 6                             |
| 2 | <p>interpretiert sie im Hinblick auf die spezifischen Anpasstheiten der Motte <i>Cycnia tenera</i>, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Motten anderer Arten verfügen offenbar weder über Möglichkeiten, einen Kontakt mit der Fledermaus zu verhindern, noch über Möglichkeiten, im Falle des Kontakts diesen unverletzt zu überleben.</li> <li>• <i>Cycnia tenera</i>-Motten können die Wahrscheinlichkeit, von der Fledermaus getötet zu werden, signifikant reduzieren: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Produktion von Geräuschen spielt offenbar die wesentliche Rolle, da ein Entfernen der hierzu notwendigen Organe den Vermeidungserfolg sehr deutlich absenkt.</li> <li>– Erfolgt ein Kontakt zwischen Fledermaus und <i>Cycnia tenera</i>-Motte, so scheint die Abwehr durch chemische Signalstoffe entscheidend zu sein, die unabhängig vom Vorhandensein der Geräusche produzierenden Organe in beiden Versuchsgruppen etwa drei von vier Motten das Überleben trotz Kontakts ermöglicht.</li> </ul> </li> </ul> | 6                             |
| 3 | <p>interpretiert sie im Hinblick auf die spezifischen Anpasstheiten der Motte <i>Cycnia tenera</i>, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die hier dargelegten Anpasstheiten bedeuten für die Motte <i>Cycnia tenera</i> Selektionsvorteile und tragen dazu bei, den Feinddruck durch Fledermäuse zu mindern. (Sachgemäße andere Darlegungen (z. B. Etablierung der Merkmale in der Population, Maximierung der reproduktiven Fitness) sind zu akzeptieren.)</li> </ul>  | 2                             |
| 4 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)  |                               |

**Teilaufgabe I.4**

|                     | Anforderungen  | maximal erreichbare Punktzahl |
|---------------------|--|-------------------------------|
| <b>Der Prüfling</b> |  |                               |
| 1                   | <p>skizziert mithilfe von Kurvendiagrammen die ihm bekannten möglichen Wirkungen der Selektion auf die Merkmalsverteilung innerhalb einer Population, sinngemäß:</p>  <p>Das Diagramm zeigt die Wirkung von Selektion auf die Merkmalsverteilung. Oben ist die 'Ursprüngliche Population' als eine einzelne Glockenkurve dargestellt, die die 'Individuenanzahl' über der 'Merkmalsausprägung' zeigt. Drei Pfeile weisen auf verschiedene Selektionsarten hin: 1. 'stabilisierende Selektion' zeigt eine schmalere, höhere Glockenkurve, die den Mittelwert beibehält. 2. 'gerichtete Selektion' zeigt eine Glockenkurve, die nach rechts verschoben ist. 3. 'aufspaltende Selektion' zeigt zwei getrennte Glockenkurven an den Enden des Merkmalsbereichs, verbunden durch eine gestrichelte Linie, die den ursprünglichen Verlauf andeutet.</p>  | 8                             |
| 2                   | <p>deutet auf dieser Basis die Beobachtungen zum speziellen Echoortungsverhalten einiger Fledermausarten (Material C), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einige Fledermausarten verwenden besonders hochfrequente Signale oder besonders niedrige Frequenzen, so dass diese von den Beutetieren (Motten) nicht wahrgenommen werden können.</li> <li>• Hier ist das Ergebnis gerichteter Selektion zu beobachten, bei der die Motten bzw. das Abwehrverhalten der Motten als Selektionsfaktor gewirkt haben.</li> </ul> <p><i>(Zur Vergabe der vollen Punktzahl ist die Identifikation eines Selektionsfaktors erforderlich. Die Deutung als Ergebnis disruptiver Selektion ist ebenfalls zu akzeptieren.)</i></p>  | 4                             |
| 3                   | <p>beurteilt umfassend, inwiefern es sich bei der Evolution von Fledermäusen und Motten um ein evolutionäres Wettrüsten handelt (Material C), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fledermäuse und Motten stehen in einer Räuber-Beute-Beziehung.</li> <li>• Diejenigen Räuber-Individuen, die aufgrund von Mutation und Rekombination über besonders effiziente Merkmale zur Ortung (Echoortung) und zum Fangen (Flugfähigkeit) der Beute verfügen, besitzen größere Fortpflanzungschancen, so dass sich im Genpool der Population die zugrunde liegenden Allele anreichern.</li> <li>• Diejenigen Beute-Individuen, die aufgrund von Mutation und Rekombination über besonders effiziente Merkmale zur Ortung der Räuber (Hören), zu Flucht (Wegfliegen, Taumelflug) und Abwehr (Klicklaute, chemische Signalstoffe) verfügen, besitzen größere Fortpflanzungschancen, so dass sich im Genpool der Population die zugrunde liegenden Allele anreichern.</li> <li>• Auf diese Weise entwickeln sich in wechselseitig bedingter Selektion bei Räuber und Beute zunehmend bessere Anpassungen an die Rolle in dieser Räuber-Beute-Beziehung: Dies nennt man Koevolution, und insofern kann man von einem evolutionären Wettrüsten sprechen.</li> <li>• Dabei muss jedoch deutlich bleiben, dass dieser Prozess von keiner Seite aktiv betrieben wird, sondern stets das Ergebnis der wirkenden Evolutionsfaktoren ist.</li> </ul> <p><i>(Sachgemäße andere Darlegungen sind zu akzeptieren.)</i></p> | 10                            |
| 4                   | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (3)  |                               |

## b) Darstellungsleistung

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

**7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit**

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_ Kursbezeichnung: \_\_\_\_\_

Schule: \_\_\_\_\_

**Teilaufgabe I.1**

|   | Anforderungen<br><br>Der Prüfling                                       | Lösungsqualität               |                 |    |    |
|---|---|-------------------------------|-----------------|----|----|
|   |   | maximal erreichbare Punktzahl | EK <sup>2</sup> | ZK | DK |
| 1 | nennt die in ...  | 2                             |                 |    |    |
| 2 | vergleicht in diesem ...  | 6                             |                 |    |    |
| 3 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (1)<br>.....<br>..... |                               |                 |    |    |
|   | <b>Summe I.1 Teilaufgabe</b>  | <b>8</b>                      |                 |    |    |

**Teilaufgabe I.2**

|   | Anforderungen<br><br>Der Prüfling                                       | Lösungsqualität               |    |    |    |
|---|---|-------------------------------|----|----|----|
|   |   | maximal erreichbare Punktzahl | EK | ZK | DK |
| 1 | erklärt ausgehend von ...   | 4                             |    |    |    |
| 2 | erklärt ausgehend von ...   | 6                             |    |    |    |
| 3 | wertet die in ...   | 6                             |    |    |    |
| 4 | erläutert in diesem ...   | 6                             |    |    |    |
| 5 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)<br>.....<br>..... |                               |    |    |    |
|   | <b>Summe I.2 Teilaufgabe</b>  | <b>22</b>                     |    |    |    |

<sup>2</sup> EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

**Teilaufgabe I.3**

|   | Anforderungen   | Lösungsqualität               |    |    |    |
|---|---|-------------------------------|----|----|----|
|   |   | maximal erreichbare Punktzahl | EK | ZK | DK |
|   | <b>Der Prüfling</b>   |                               |    |    |    |
| 1 | fasst die Ergebnisse ...  | 6                             |    |    |    |
| 2 | interpretiert sie im ...  | 6                             |    |    |    |
| 3 | interpretiert sie im ...  | 2                             |    |    |    |
| 4 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)<br>.....<br>..... |                               |    |    |    |
|   | <b>Summe I.3 Teilaufgabe</b>  | <b>14</b>                     |    |    |    |

**Teilaufgabe I.4**

|   | Anforderungen   | Lösungsqualität               |    |    |    |
|---|---|-------------------------------|----|----|----|
|   |   | maximal erreichbare Punktzahl | EK | ZK | DK |
|   | <b>Der Prüfling</b>   |                               |    |    |    |
| 1 | skizziert mithilfe von ...  | 8                             |    |    |    |
| 2 | deutet auf dieser ...   | 4                             |    |    |    |
| 3 | beurteilt umfassend, inwiefern ...                                      | 10                            |    |    |    |
| 4 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (3)<br>.....<br>..... |                               |    |    |    |
|   | <b>Summe I.4 Teilaufgabe</b>  | <b>22</b>                     |    |    |    |
|   | <b>Summe der I.1, I.2, I.3 und I.4 Teilaufgabe</b>                      | <b>66</b>                     |    |    |    |

**Darstellungsleistung**

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

|  |   |           |  |  |  |
|--|---|-----------|--|--|--|
|  | <b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b> | <b>75</b> |  |  |  |
|--|---|-----------|--|--|--|

**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                            |    |    |    |
| <b>Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung</b>                                   | <b>150</b>                    |    |    |    |
| 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:

| <b>Note</b>        | <b>Punkte</b> | <b>Erreichte Punktzahl</b> |
|--------------------|---------------|----------------------------|
| 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 2014

## Biologie, Leistungskurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Thema: Der temperatursensitive *E. coli*-Stamm GR501

- II.1 Geben Sie tabellarisch die in Abbildung 1 gekennzeichneten Strukturen a – d und 1 – 3 an. Beschreiben Sie den Ablauf der DNA-Replikation bei Prokaryonten auch unter Hinzunahme der beteiligten Strukturen, die in Abbildung 1 nicht dargestellt sind. Leiten Sie begründend mögliche Folgen eines Ausfalls des Enzyms DNA-Ligase ab. (18 Punkte)
- II.2 Ermitteln Sie anhand von Abbildung 2 und mithilfe von Material D die Aminosäuresequenz des Wildtyps. Werten Sie aus, welche Art der Mutation bei *E. coli* GR501 stattgefunden hat und welche Folgen diese Mutation auf molekularer und funktionaler Ebene haben könnte (Material B). (22 Punkte)
- II.3 Erläutern Sie mit Bezug auf Abbildung 4 die einzelnen Schritte des PCR-Zyklus sowie die Funktion der einzelnen Bestandteile des Expressionsvektors. (14 Punkte)
- II.4 Zeichnen Sie – wie in Abbildung 5 bei 30 °C – das von Ihnen vermutete Wachstum für alle vier Versuchsansätze bei 43 °C in eine viergeteilte Agarplatte ein und begründen Sie Ihre Annahmen. Entwickeln Sie eine Hypothese bezüglich der Zielsetzung der in Abbildung 5 dargestellten Transformationsversuche bei 30 °C (Materialien B und C). (12 Punkte)

### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: \_\_\_\_\_

### Material A: Replikation bei Prokaryonten

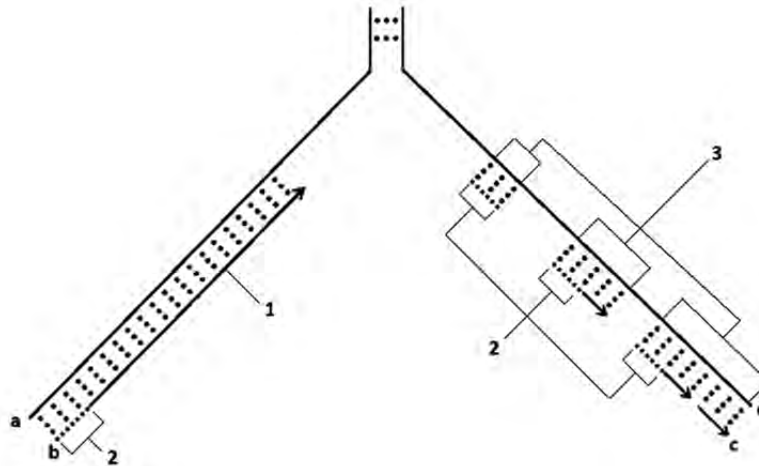


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Replikationsgabel von *E. coli*

### Material B: Eigenschaften des temperatursensitiven *E. coli*-Stammes GR501

Das Bakterium *Escherichia coli* (kurz: *E. coli*) ist ein beliebter Organismus bei der Erforschung genetischer Mutationen. Temperaturempfindliche *E. coli*-Stämme zeigen eine deutlich geringere Temperaturtoleranz als Stämme, die diesbezüglich keine Mutation aufweisen. Bei einem dieser Stämme (*E. coli* GR501) findet sich diese Mutation im Gen für die DNA-Ligase. Durch die Mutation ist *E. coli* GR501 eine noch messbare Zellvermehrung nur bis 42 °C möglich, während Wildtypstämme auch bei Temperaturen über 42 °C ein deutliches Wachstum der Kolonien zeigen.

|          |   |   |    |    |    |    |    |
|----------|---|---|----|----|----|----|----|
| Base Nr: | 1   | 5 | // | 37 | 40 | 45 | 50 |
| Wildtyp: | 5' ATG GAA [...] ACG ACT CTT CGC CAT CAT ... 3' |   |    |    |    |    |    |
| GR501:   | 5' ATG GAA [...] ACG ACT TTT CGC CAT CAT ... 3' |   |    |    |    |    |    |

Abbildung 2: Ausschnitt aus der DNA-Sequenz des **nicht-codogenen** Stranges des DNA-Ligase-Gens beim Wildtyp und bei der temperatursensitiven Mutante *E. coli* GR501  
(Im Bereich der nicht dargestellten Nukleotide stimmen beide Sequenzen überein.)



Name: \_\_\_\_\_

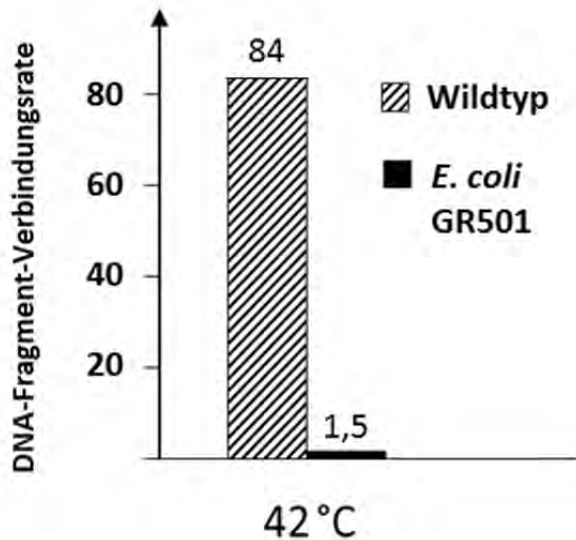


Abbildung 3: DNA-Ligaseaktivität des Wildtyps und der temperatursensitiven Mutante *E. coli* GR501 bei 42 °C (Die DNA-Fragment-Verbindungsrate beschreibt, wie viele DNA-Fragmente pro DNA-Ligasemolekül nach 20 Minuten verbunden sind.)

### Material C: Transformationsversuche mit *E. coli* GR501

In den Abbildungen 4 und 5 sind verschiedene Transformationsversuche mit dem temperatursensitiven *E. coli*-Stamm GR501 dargestellt. Hierzu wurden vor bzw. hinter dem DNA-Ligase-Gen des Wildtyp-Stammes (*ligA*) experimentell Restriktionsschnittstellen der Enzyme *NdeI* bzw. *BamHI* eingefügt, das DNA-Ligase-Gen mithilfe der PCR vervielfältigt und daraus ein rekombinanter Expressionsvektor erstellt (siehe Abbildung 4). Dieser wurde anschließend in den temperatursensitiven *E. coli*-Stamm GR501 übertragen (siehe Abbildung 5). Die so transformierten *E. coli*-Bakterien wurden auf einer Agarplatte mit ampicillinhaltigem Nährmedium ausgestrichen und über Nacht bei 30 °C kultiviert. Bei dieser 30 °C-Kultur handelte es sich um einen Kontrollversuch, der eigentliche Versuch, dessen Ergebnis hier nicht dargestellt ist, fand bei 43 °C statt. In weiteren Kontrollansätzen (siehe Abbildung 5) wurden anstelle des rekombinanten *ligA*-Expressionsvektors einmal derselbe Expressionsvektor mit einem Nicht-DNA-Ligase-Gen (1), mit einem Viren-DNA-Ligase-Gen (2) sowie der „leere“ Expressionsvektor ohne Einbau eines Fremdgens (3) in *E. coli* GR501 transformiert und die Bakterien in oben beschriebener Weise ausgestrichen und kultiviert.



Name: \_\_\_\_\_

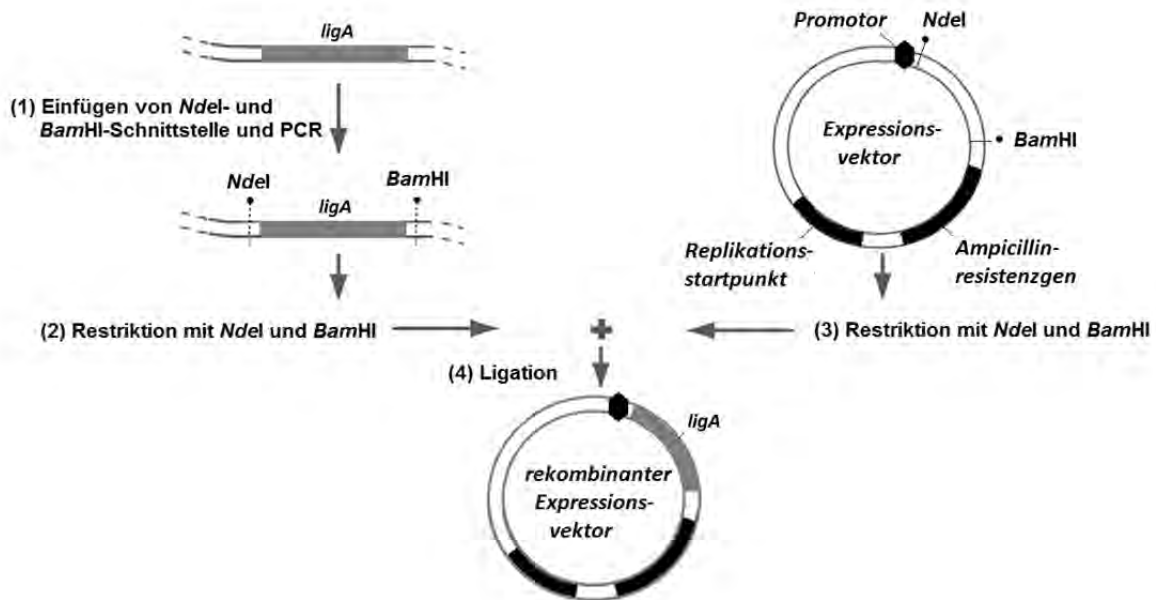


Abbildung 4: Erzeugung eines rekombinanten Expressionsvektors mit *ligA*

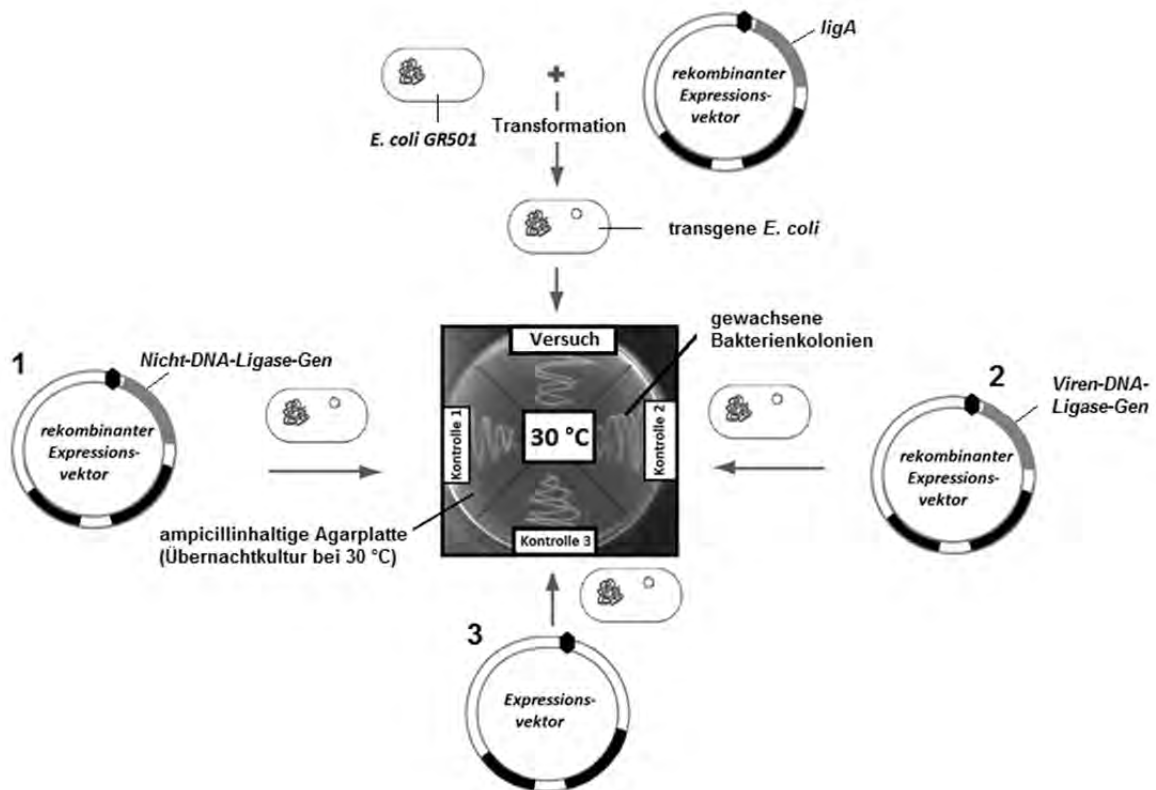
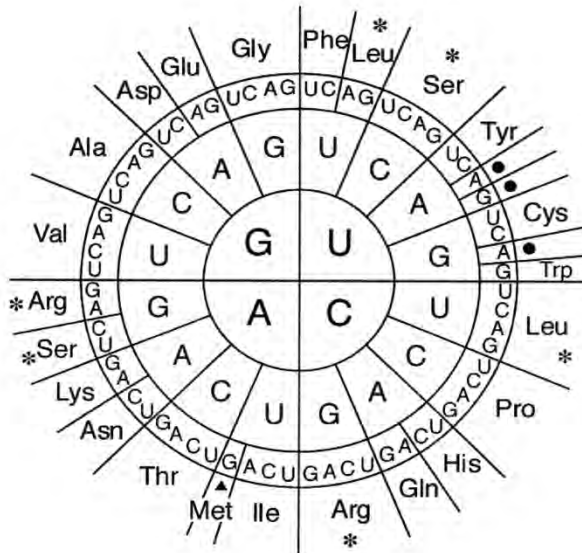


Abbildung 5: Transformationsversuche mit temperatursensitiven *E. coli* GR501 bei 30 °C



Name: \_\_\_\_\_

### Material D: Codesonne und Tabelle zum genetischen Code



|                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 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          |

- \* zweimal auftretende Aminosäure
- Stopp-Codon
- ▲ Start-Codon

| Erste Base | Zweite Base |     |       |       | Dritte Base |
|------------|-------------|-----|-------|-------|-------------|
| 5'         | U           | C   | A     | G     | 3'          |
| U          | Phe         | Ser | Tyr   | Cys   | U           |
|            | Phe         | Ser | Tyr   | Cys   | C           |
|            | Leu         | Ser | Stopp | Stopp | A           |
|            | Leu         | Ser | Stopp | 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 (Start) | 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 2014****Biologie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

**2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>****Thema: Der temperatursensitive *E. coli*-Stamm GR501**

- II.1 Geben Sie tabellarisch die in Abbildung 1 gekennzeichneten Strukturen a – d und 1 – 3 an. Beschreiben Sie den Ablauf der DNA-Replikation bei Prokaryonten auch unter Hinzunahme der beteiligten Strukturen, die in Abbildung 1 nicht dargestellt sind. Leiten Sie begründend mögliche Folgen eines Ausfalls des Enzyms DNA-Ligase ab. (18 Punkte)
- II.2 Ermitteln Sie anhand von Abbildung 2 und mithilfe von Material D die Aminosäuresequenz des Wildtyps. Werten Sie aus, welche Art der Mutation bei *E. coli* GR501 stattgefunden hat und welche Folgen diese Mutation auf molekularer und funktionaler Ebene haben könnte (Material B). (22 Punkte)
- II.3 Erläutern Sie mit Bezug auf Abbildung 4 die einzelnen Schritte des PCR-Zyklus sowie die Funktion der einzelnen Bestandteile des Expressionsvektors. (14 Punkte)
- II.4 Zeichnen Sie – wie in Abbildung 5 bei 30 °C – das von Ihnen vermutete Wachstum für alle vier Versuchsansätze bei 43 °C in eine viergeteilte Agarplatte ein und begründen Sie Ihre Annahmen. Entwickeln Sie eine Hypothese bezüglich der Zielsetzung der in Abbildung 5 dargestellten Transformationsversuche bei 30 °C (Materialien B und C). (12 Punkte)

<sup>1</sup> Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

### 3. Materialgrundlage

- Material A:  
Abbildung 1: verändert nach Lodish *et al.* (2000)
- Material B:  
Abbildung 2: verändert nach NCBI und Lavesa-Curto *et al.* (2004)  
Abbildung 3: verändert nach Lavesa-Curto *et al.* (2004), Figure 4 (20 min)
- Material C:  
Abbildungen 4 und 5: selbst erstellt und vereinfacht nach Lavesa-Curto *et al.* (2004), Team Heidelberg und Lodish *et al.* (2000)
- Berg, J. M.; Tymoczko, J. L. & Stryer L. (2002). *Biochemistry*. 5th edition. W. H. Freeman. Verfügbar unter:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK22587/figure/A3807/> (Zugriff 04.12.2013)
- Lavesa-Curto, M. *et al.* (2004). Characterization of a temperature-sensitive DNA-Ligase from *Escherichia coli*. *Microbiology* 150, S. 4171 – 4180
- Lodish, H. *et al.* (2000). *Molecular Cell Biology*. 4th edition. W. H. Freeman. Verfügbar unter:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21498/figure/A1590/?report=objectonly> (Zugriff 04.12.2013)
- Nicht-codogene Gensequenz des *ligA*: Verfügbar unter:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/407062746?report=gbwithparts&from=1515179&to=1517194&RID=P861CXYJ01R> (Zugriff 04.12.2013)
- Team Heidelberg. Verfügbar unter:  
[http://2008.igem.org/Team:Heidelberg/Notebook/Sensing\\_Group/Cloning](http://2008.igem.org/Team:Heidelberg/Notebook/Sensing_Group/Cloning) (Zugriff 04.12.2013)
- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/AMXQ01000155.1> (Zugriff: 04.12.2013)

### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2014

#### 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)
- Angewandte Genetik
  - Werkzeuge und Verfahrensschritte der Gentechnik (PCR und genetischer Fingerabdruck)
  - Methoden der Bakteriengenetik: Herstellung und Isolierung von gentechnisch veränderten Bakterien

#### 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>gibt tabellarisch die in Abbildung 1 gekennzeichneten Strukturen a – d und 1 – 3 an, z. B.:</p> <table border="1"> <tr> <td>a</td> <td>3'-Ende der Matrize</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>5'-Ende des Leitstranges / kontinuierlich synthetisierten Stranges</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>3'-Ende des Folgestranges / diskontinuierlich synthetisierten Stranges</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>5'-Ende der Matrize</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Leitstrang / kontinuierlich synthetisierter Strang</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Primer</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Okazaki-Fragmente oder Folgestrang / diskontinuierlich synthetisierter Strang</td> </tr> </table> <p><i>(Die Zuordnung muss sachlogisch nachvollziehbar sein, werden dann a – d z. B. den jeweiligen Enden der DNA-Stränge oder den DNA-Strängen selbst zugeordnet, so ist beides gleichsam zu akzeptieren.)</i></p>  | a                             | 3'-Ende der Matrize | b | 5'-Ende des Leitstranges / kontinuierlich synthetisierten Stranges | c | 3'-Ende des Folgestranges / diskontinuierlich synthetisierten Stranges | d | 5'-Ende der Matrize | 1 | Leitstrang / kontinuierlich synthetisierter Strang | 2 | Primer | 3 | Okazaki-Fragmente oder Folgestrang / diskontinuierlich synthetisierter Strang | 4 |
| a | 3'-Ende der Matrize   |                               |                     |   |  |   |  |   |                     |   |  |   |        |   |   |   |
| b | 5'-Ende des Leitstranges / kontinuierlich synthetisierten Stranges  |                               |                     |   |  |   |  |   |                     |   |  |   |        |   |   |   |
| c | 3'-Ende des Folgestranges / diskontinuierlich synthetisierten Stranges  |                               |                     |   |  |   |  |   |                     |   |  |   |        |   |   |   |
| d | 5'-Ende der Matrize   |                               |                     |   |  |   |  |   |                     |   |  |   |        |   |   |   |
| 1 | Leitstrang / kontinuierlich synthetisierter Strang  |                               |                     |   |  |   |  |   |                     |   |  |   |        |   |   |   |
| 2 | Primer  |                               |                     |   |  |   |  |   |                     |   |  |   |        |   |   |   |
| 3 | Okazaki-Fragmente oder Folgestrang / diskontinuierlich synthetisierter Strang   |                               |                     |   |  |   |  |   |                     |   |  |   |        |   |   |   |
| 2 | <p>beschreibt den Ablauf der DNA-Replikation bei Prokaryonten auch unter Hinzunahme der beteiligten Strukturen, die in Abbildung 1 nicht dargestellt sind, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Auftrennung der Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den komplementären Basen erfolgt durch das Enzym Helikase. Es entstehen DNA-Einzelstränge.</li> <li>• Die Primase katalysiert die Synthese kurzer komplementärer RNA-Stücke. Diese Primer dienen einer DNA-Polymerase als Startmolekül für die Synthese neuer komplementärer DNA aus einzelnen Nukleotiden.</li> <li>• Eine DNA-Polymerase kann die Nukleotide nur in 5'-3'-Richtung verknüpfen und ist zur Synthese in Gegenrichtung nicht in der Lage. Eine kontinuierliche Polymerisation findet nur am 3'-5'-Strang statt (kontinuierliche Synthese des Leitstranges).</li> <li>• Zur Replikation des 5'-3'-Stranges (diskontinuierliche Synthese des Folgestranges) stellt die Primase zunächst an mehreren Stellen Primer her, die dann von einer DNA-Polymerase in 5'-3'-Richtung zu kurzen DNA-Stücken, den Okazaki-Fragmenten, verlängert werden.</li> <li>• Die RNA-Nukleotide der Primer auf beiden Strängen werden durch eine DNA-Polymerase entfernt und durch DNA-Nukleotide ersetzt.</li> <li>• Die einzelnen Okazaki-Fragmente werden durch die DNA-Ligase zum durchgehenden Folgestrang miteinander verbunden.</li> </ul> <p><i>(Die Unterscheidung und Benennung der DNA-Polymerasen I und III ist für die Vergabe der vollen Punktzahl nicht erforderlich und stellt ggf. ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)</i></p> | 10                            |                     |   |  |   |  |   |                     |   |  |   |        |   |   |   |
| 3 | <p>leitet begründend mögliche Folgen eines Ausfalls des Enzyms DNA-Ligase ab, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ohne das Enzym DNA-Ligase würden Lücken am neu synthetisierten DNA-Folgestrang verbleiben, sodass bei der nächsten Replikation die DNA-Stränge auseinanderfallen könnten. Dadurch würde die Replikation der DNA nachhaltig gestört.</li> </ul>  | 4                             |                     |   |  |   |  |   |                     |   |  |   |        |   |   |   |
| 4 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)   |                               |                     |   |  |   |  |   |                     |   |  |   |        |   |   |   |



## Teilaufgabe II.2

|   | Anforderungen   | maximal erreichbare Punktzahl |
|---|---|-------------------------------|
|   | Der Prüfling  |                               |
| 1 | ermittelt anhand von Abbildung 2 und mithilfe von Material D die Aminosäuresequenz des Wildtyps, sinngemäß: <ul style="list-style-type: none"> <li>• mRNA 5' AUG GAA [...] ACG ACU CUU CGC CAU CAU 3'</li> <li>• Met, Glu, [...], Thr, Thr, Leu Arg, His, His.</li> </ul> (Zur Vergabe der vollen Punktzahl reicht die korrekte Angabe der Aminosäuresequenz.)  | 6                             |
| 2 | wertet aus, welche Art der Mutation bei <i>E. coli</i> GR501 stattgefunden hat und welche Folgen diese Mutation auf molekularer und funktionaler Ebene haben könnte (Material B), z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• An der Stelle 43 hat eine Punktmutation stattgefunden. Der Rest des Polypeptids bleibt unverändert.</li> <li>• Die Base Cytosin wurde durch Thymin ersetzt (Substitution).</li> <li>• Anstelle von Leucin wird Phenylalanin in die Aminosäurekette eingesetzt (Missense-Mutation).</li> <li>• Inwieweit diese Mutation Folgen für die DNA-Ligase hat, hängt von den chemischen Eigenschaften der neu eingesetzten Aminosäure ab und davon, ob die Mutation das aktive Zentrum oder den Aufbau der Tertiärstruktur des Enzyms betrifft.</li> </ul>   | 8                             |
| 3 | wertet aus, welche Art der Mutation bei <i>E. coli</i> GR501 stattgefunden hat und welche Folgen diese Mutation auf molekularer und funktionaler Ebene haben könnte (Material B), z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die DNA-Ligase des Wildtyps weist bei 42 °C eine DNA-Fragment-Verbindungsrate von 84 verbundenen DNA-Fragmenten pro DNA-Ligasemolekül nach 20 Minuten auf.</li> <li>• Die DNA-Ligase der temperatursensitiven Mutante von <i>E. coli</i> dagegen weist eine deutlich geringere DNA-Fragment-Verbindungsrate von nur 1,5 verbundenen DNA-Fragmenten pro DNA-Ligasemolekül nach 20 Minuten auf.</li> <li>• Die Mutation in dem DNA-Ligase-Gen führt bei der temperatursensitiven Mutante von <i>E. coli</i> GR501 nicht zu einem vollständigen Ausfall des Enzyms, aber zu einer deutlichen Verringerung der DNA-Fragment-Verbindungsrate bei 42 °C.</li> <li>• Bei Temperaturen über 42 °C findet keine Zellvermehrung statt.</li> </ul> | 8                             |
| 4 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)   |                               |

## Teilaufgabe II.3

|   | Anforderungen  | maximal erreichbare Punktzahl |
|---|--|-------------------------------|
|   | Der Prüfling   |                               |
| 1 | <p>erläutert mit Bezug auf Abbildung 4 die einzelnen Schritte des PCR-Zyklus, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die DNA-Sequenz, die das <i>ligA</i>-Gen beinhaltet, wird mittels PCR (Polymerase-Chain-Reaction) vervielfältigt. Der Ablauf der PCR lässt sich in drei Schritte unterteilen und wird 25- bis 35-mal wiederholt: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Denaturierung: Bei ca. 94 °C wird die doppelsträngige DNA durch Lösung der Wasserstoffbrückenbindungen in Einzelstränge geteilt.</li> <li>– Hybridisierung: Bei ca. 60 °C setzen sich spezifische Primer an die DNA-Einzelstränge.</li> <li>– Polymerisierung: Mithilfe einer temperaturstabilen DNA-Polymerase und von DNA-Nukleotiden werden bei ca. 72 °C komplementäre Doppelstränge synthetisiert, und der PCR-Zyklus kann erneut beginnen.</li> </ul> </li> </ul> <p>(Die Angaben der Temperaturen während der PCR können gemäß den verschiedenen Angaben in der Literatur etwas abweichen.)</p> | 6                             |
| 2 | <p>erläutert mit Bezug auf Abbildung 4 die Funktion der einzelnen Bestandteile des Expressionsvektors, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Restriktionsschnittstellen der Enzyme <i>NdeI</i> und <i>BamHI</i> ermöglichen den Einbau der Fremd-DNA. Bei erfolgreicher Ligation wird in den so geöffneten Plasmidring die Fremd-DNA (mit <i>ligA</i>) eingebaut.</li> <li>• Die durch das Ampicillinresistenzgen vermittelte Ampicillinresistenz dient als Marker für die erfolgreiche Transformation des Expressionsvektors (unabhängig davon, ob dieser rekombinant oder nicht rekombinant ist).</li> <li>• Der Promotor im Expressionsvektor ermöglicht später in den transgenen <i>E. coli</i>-Bakterien eine Expression der Fremd-DNA.</li> <li>• Durch den Replikationsstartpunkt kann der Expressionsvektor samt der Fremd-DNA in den <i>E. coli</i>-Zellen vervielfacht werden.</li> </ul>  | 8                             |
| 3 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)  |                               |

**Teilaufgabe II.4**

| <b>Anforderungen</b> |   | maximal erreichbare Punktzahl |
|----------------------|---|-------------------------------|
| <b>Der Prüfling</b>  |   |                               |
| 1                    | <p>zeichnet – wie in Abbildung 5 bei 30 °C – das von ihm vermutete Wachstum für alle vier Versuchsansätze bei 43 °C in eine viergeteilte Agarplatte ein, z. B.:</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>(Die zeichnerische Darstellung des Ausstriches, z. B. mit dünneren Strichen im Unterschied zu gewachsenen Kolonien mit dickeren Strichen, ist mit der vollen Punktzahl zu bewerten, wenn die Unterschiede eindeutig erkennbar sind.)</p>  | 2                             |
| 2                    | <p>begründet seine Annahmen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Versuchsansatz mit dem rekombinanten Expressionsvektor erfolgt eine Ergänzung der mutierten DNA-Ligase des temperatursensitiven <i>E. coli</i>-Stammes GR501 durch das Genprodukt der Wildtyp-DNA. So können die transformierten Bakterien nun auch bei 43 °C wachsen.</li> <li>• Im Kontrollansatz 1 ist kein Wachstum bei der höheren Temperatur zu erwarten, da das eingebrachte Nicht-DNA-Ligase-Gen die temperatursensitive DNA-Ligase nicht ergänzen kann.</li> <li>• Ob Wachstum im Kontrollansatz 2 erfolgt, ist davon abhängig, ob die fehlerhafte Funktion der bakteriellen DNA-Ligase durch die Viren-DNA-Ligase ersetzt werden kann. Ist dies der Fall, so findet Bakterienwachstum statt.</li> <li>• Da im Kontrollversuch 3 durch den „leeren“ Expressionsvektor kein Gen zur Ergänzung der temperatursensitiven DNA-Ligase eingebracht wurde, findet auch hier kein Wachstum der Bakterien statt.</li> </ul> <p>(Bezogen auf den vorletzten Spiegelstrich ist auch die gegenteilige Argumentation (und die entsprechende Zeichnung) zu akzeptieren.)</p> | 8                             |
| 3                    | <p>entwickelt eine Hypothese bezüglich der Zielsetzung der in Abbildung 5 dargestellten Transformationsversuche bei 30 °C (Materialien B und C), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Kontrollversuch auf ampicillinhaltigem Nährmedium bei 30 °C soll zeigen, ob der jeweilige Plasmideinbau erfolgreich war und inwiefern ein Wachstum der verschiedenen Ansätze bei dieser Temperatur möglich ist, bei der der Defekt des DNA-Ligase-Gens noch nicht das Bakterienwachstum beeinflussen sollte.</li> </ul>  | 2                             |
| 4                    | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)   |                               |

**b) Darstellungsleistung**

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

## 7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_ Kursbezeichnung: \_\_\_\_\_

Schule: \_\_\_\_\_

### Teilaufgabe II.1

|   | Anforderungen   | Lösungsqualität               |                 |    |    |
|---|---|-------------------------------|-----------------|----|----|
|   |   | maximal erreichbare Punktzahl | EK <sup>2</sup> | ZK | DK |
|   | <b>Der Prüfling</b>   |                               |                 |    |    |
| 1 | gibt tabellarisch die ...   | 4                             |                 |    |    |
| 2 | beschreibt den Ablauf ...   | 10                            |                 |    |    |
| 3 | leitet begründend mögliche ...  | 4                             |                 |    |    |
| 4 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)<br>.....<br>..... |                               |                 |    |    |
|   | <b>Summe II.1 Teilaufgabe</b>   | <b>18</b>                     |                 |    |    |

### Teilaufgabe II.2

|   | Anforderungen   | Lösungsqualität               |    |    |    |
|---|---|-------------------------------|----|----|----|
|   |   | maximal erreichbare Punktzahl | EK | ZK | DK |
|   | <b>Der Prüfling</b>   |                               |    |    |    |
| 1 | ermittelt anhand von ...  | 6                             |    |    |    |
| 2 | wertet aus, welche ...  | 8                             |    |    |    |
| 3 | wertet aus, welche ...  | 8                             |    |    |    |
| 4 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)<br>.....<br>..... |                               |    |    |    |
|   | <b>Summe II.2 Teilaufgabe</b>   | <b>22</b>                     |    |    |    |

<sup>2</sup> EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

**Teilaufgabe II.3**

|   | Anforderungen   | Lösungsqualität               |    |    |    |
|---|---|-------------------------------|----|----|----|
|   |   | maximal erreichbare Punktzahl | EK | ZK | DK |
|   | <b>Der Prüfling</b>   |                               |    |    |    |
| 1 | erläutert mit Bezug ...   | 6                             |    |    |    |
| 2 | erläutert mit Bezug ...   | 8                             |    |    |    |
| 3 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)<br>.....<br>..... |                               |    |    |    |
|   | <b>Summe II.3 Teilaufgabe</b>   | <b>14</b>                     |    |    |    |

**Teilaufgabe II.4**

|   | Anforderungen   | Lösungsqualität               |    |    |    |
|---|---|-------------------------------|----|----|----|
|   |   | maximal erreichbare Punktzahl | EK | ZK | DK |
|   | <b>Der Prüfling</b>   |                               |    |    |    |
| 1 | zeichnet – wie in ...   | 2                             |    |    |    |
| 2 | begründet seine Annahmen ...  | 8                             |    |    |    |
| 3 | entwickelt eine Hypothese ...   | 2                             |    |    |    |
| 4 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)<br>.....<br>..... |                               |    |    |    |
|   | <b>Summe II.4 Teilaufgabe</b>   | <b>12</b>                     |    |    |    |
|   | <b>Summe der II.1, II.2, II.3 und II.4 Teilaufgabe</b>                  | <b>66</b>                     |    |    |    |

**Darstellungsleistung**

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

|  |   |           |  |  |  |
|--|---|-----------|--|--|--|
|  | <b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b> | <b>75</b> |  |  |  |
|--|---|-----------|--|--|--|

**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                            |    |    |    |
| <b>Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung</b>                                   | <b>150</b>                    |    |    |    |
| 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:

| <b>Note</b>        | <b>Punkte</b> | <b>Erreichte Punktzahl</b> |
|--------------------|---------------|----------------------------|
| 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 2014**

## *Biologie, Leistungskurs*

---

### **Aufgabenstellung:**

#### **Thema: Schädlinge in Kakaoplantagen**

- III.1 Skizzieren Sie für die beschriebene Lebensgemeinschaft in der Kakaoplantage ein Nahrungsnetz und erläutern Sie die unterschiedlichen Trophieebenen und die Formen interspezifischer Wechselwirkung in diesem Ökosystem (Material A). *(18 Punkte)*
- III.2 Fassen Sie die in Material B dargestellten Untersuchungsergebnisse zusammen und beurteilen Sie die Eignung der in Tabelle 1 aufgeführten Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung. *(14 Punkte)*
- III.3 Beschreiben Sie die in Material C dargestellten Ergebnisse der Untersuchungen mit Kakao-Miniermotten und Kakao-Wanzen. Erläutern Sie auch mithilfe der Informationen in Material A die Ergebnisse. *(22 Punkte)*
- III.4 Beurteilen Sie den Einsatz von Insektiziden in Kakaoplantagen zur Reduzierung des Befalls mit Schädlingen. Leiten Sie aus den Materialien A bis C eine ökologisch und wirtschaftlich sinnvolle Strategie zur Ertragssteigerung der Kakaobohnen ab. *(12 Punkte)*

#### **Zugelassene Hilfsmittel:**

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung





Name: \_\_\_\_\_

### Material A: Lebensgemeinschaft im Agrarökosystem Kakaopflanze

Der Kakaobaum (*Theobroma cacao*) gedeiht ausschließlich in den Tropen. An ihm wachsen jährlich etwa 50 Kakaoschoten, die je 20 bis 50 von Fruchtfleisch umgebene Kakaobohnen enthalten (Abbildungen 1a – 1c). Aus ihnen wird der Kakao gewonnen.

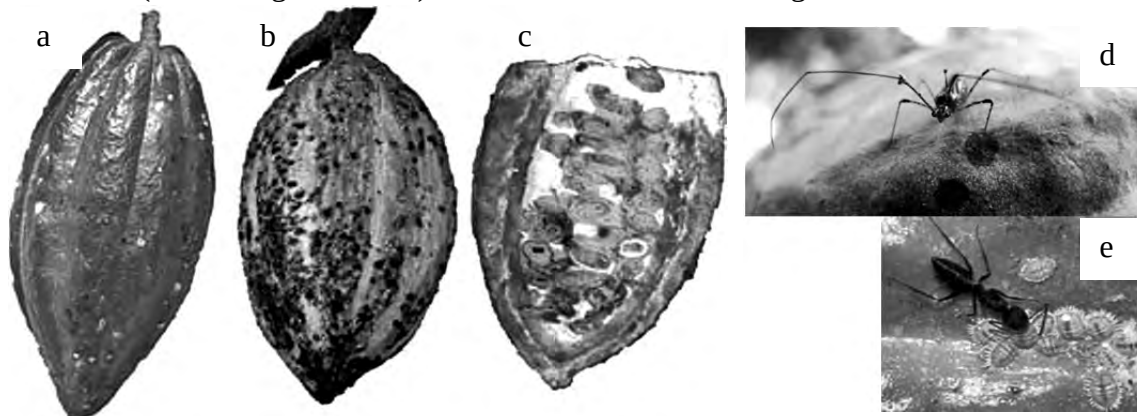


Abbildung 1: **a** Kakaoschote, **b** durch Kakao-Wanzen vernarbte Schote, **c** halbierte Frucht mit Fraßschäden durch Larven der Kakao-Miniermotte (nur helle Bereiche sind nicht geschädigt), **d** Kakao-Wanze, **e** Schwarze Kakaoameise erntet Honigtau von Schildläusen

Die Kakao-Miniermotte (*Conopomorpha cramerella*) ist der Hauptschädling des Kakaobaums in Südostasien. Kakao-Miniermotten legen ihre Eier auf den Kakaoschoten ab. Sobald ihre Larven schlüpfen, bohren diese Tunnel in die Kakaoschoten und fressen das Fruchtfleisch (Abbildung 1c). In den befallenen Kakaoschoten entwickeln sich weniger Kakaobohnen, und diese haben eine schlechte Kakaoqualität.

Die Kakao-Wanze (*Helopeltis sulawesi*) (Abbildung 1d) tritt bereits drei Monate vor der Eiablage der Kakao-Miniermotte auf. Kakao-Wanzen legen ihre Eier auf den Kakaoschoten ab. Die Tiere saugen an Kakaoschoten, wodurch deren Oberfläche vernarbt und verhärtet (Abbildung 1b). Die Kakaobohnen in der Schote werden nicht geschädigt. Kakao-Wanzen und Kakao-Miniermotten können auf einer Schote zur gleichen Zeit zusammenleben.

Auch Ratten sind ernst zu nehmende Schädlinge in Kakaopflanzungen. Sie ernähren sich dort vor allem von Kakaoschoten und können bis zu 90 % der Ernte einer Plantage zerstören, wie Untersuchungen in Malaysia belegen.

Auf den Kakaoschoten findet man häufig die Schwarze Kakaoameise (*Dolichoderus thoracicus*) gemeinsam mit der Schildlaus (*Cataenococcus hispidus*) (Abbildung 1e). Die Schildläuse saugen an den Kakaoschoten und scheiden dabei kohlenhydratreichen Honigtau aus. Die Anwesenheit der Schildläuse wirkt sich nicht sichtbar auf den Gesundheitszustand der Kakaobäume oder den Ernteertrag aus. Schwarze Kakaoameisen ernähren sich vom Honigtau der Schildläuse und vertreiben deren Fressfeinde und Nahrungskonkurrenten; sie wurden bisher nur selten bei der Suche nach anderen Nahrungsquellen beobachtet.

Die Vogelarten in Kakaopflanzungen zeigen vielfältige Ernährungsweisen. Carnivore Vögel erbeuten häufig kleine Säugetiere. Neben Insektivoren findet man auch Nektarivoren, also Vögel, die sich vom Blütennektar der zahlreichen Blüten der Kakaobäume ernähren.



Name: \_\_\_\_\_

### Material B: Bekämpfung der Kakao-Miniermotte

Der Befall der Kakaoschoten durch Schadinsekten wird traditionell mit Insektiziden bekämpft. Dies geschieht in einem frühen Entwicklungsstadium der Früchte, sobald Kakao-Wanzen auf den Früchten entdeckt werden. Neben Insektiziden werden auch alternative Methoden zur Schädlingsbekämpfung in Kakaoplantagen eingesetzt.

In einer malaysischen Kakaoplantage wurde der Zusammenhang zwischen der Individuendichte Schwarzer Kakaoameisen auf Kakaobäumen und der Schädigung der Kakaoschoten durch Kakao-Miniermotten und Ratten ermittelt. Abbildung 2 zeigt hier exemplarisch einen Zeitraum von 100 Tagen.

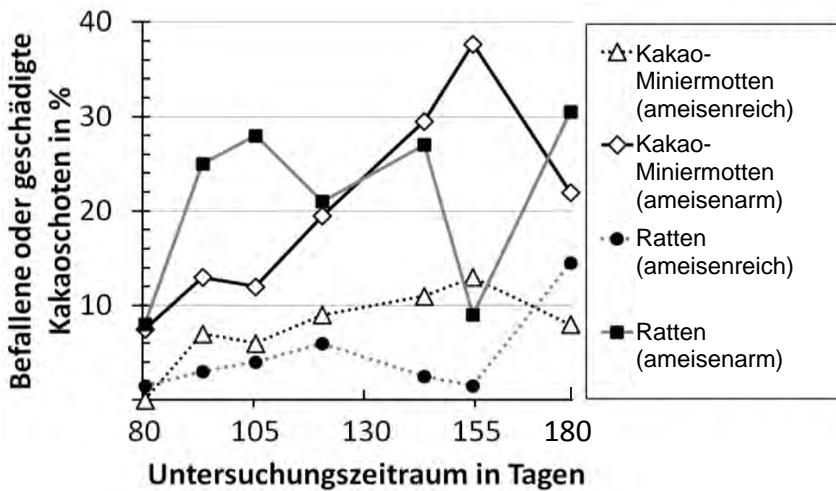


Abbildung 2: Mittlerer Prozentanteil durch Kakao-Miniermotten befallener oder durch Ratten geschädigter Kakaoschoten an jeweils ameisenreichen oder ameisenarmen Kakaobäumen

Abbildung 3: Kakaoschote in abbaubarer Folienumhüllung

In einer weiteren Studie wurden die Schoten in einer indonesischen Kakaoplantage zum Schutz vor Schädlingen mit einer abbaubaren Folie umwickelt (Abbildung 3). Außerdem wurden auch Fadenwürmer eingesetzt, die mit bloßem Auge nicht erkennbar sind. Sie werden verspritzt und parasitieren die Larven der Kakao-Miniermotte (Tabelle 1).

Tabelle 1: Mittlere Schädigung der Kakaoschoten und Trockengewicht geernteter Kakaobohnen pro Kakaoschote nach Behandlung mit verschiedenen Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung

| Maßnahme                       | mittlere Kakaoschoten-schädigung | durchschnittliches Gesamt-Trockengewicht aller absatzfähigen Kakaobohnen pro Kakaoschote |
|--------------------------------|----------------------------------|--|
| Kontrolle (unbehandelt)        | 62,3 %                           | 22,4 g   |
| umwickelt mit abbaubarer Folie | 8,5 %                            | 45 g   |
| gespritzt mit Fadenwürmern     | 4,9 %                            | 45 g   |
| abbaubare Folie + Fadenwürmer  | 0 %                              | 74,8 g   |



Name: \_\_\_\_\_

### Material C: Untersuchungen mit Kakao-Miniermotten und Kakao-Wanzen

Im Verlauf einer Ernteperiode wurde auf Untersuchungsflächen in 43 indonesischen Kakaoplantagen der Befall geernteter Kakaoschoten durch Kakao-Wanzen und Kakao-Miniermotten ermittelt (Abbildung 4). Dafür wurden im Abstand von etwa zwei Wochen die zu diesem Zeitpunkt reifen Kakaoschoten auf den Untersuchungsflächen geerntet. Auch das Trockengewicht absatzfähiger Kakaobohnen wurde aufgenommen (Tabelle 2).

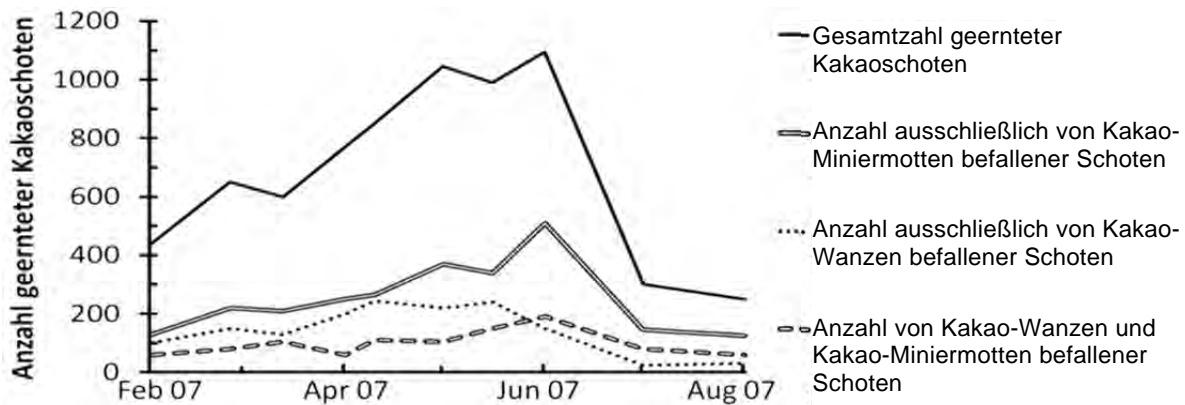


Abbildung 4: Geerntete Kakaoschoten der ersten Ernteperiode 2007

Tabelle 2: Trockengewicht absatzfähiger Kakaobohnen

| untersuchte Kategorie             | durchschnittliches Gesamt-Trockengewicht aller absatzfähigen Kakaobohnen pro Kakaoschote |
|-----------------------------------|--|
| nicht befallen                    | 32,5 g   |
| durch Kakao-Wanzen befallen       | 32,3 g   |
| durch Kakao-Miniermotten befallen | 21,5 g   |

In weiterführenden Laborexperimenten wurde untersucht, ob Kakao-Miniermotten ihre Eier auf Kakaoschoten ablegen, die schon von Kakao-Wanzen befallen waren. Zu diesem Zweck hängte man in eine Experimentierbox zwei Kakaoschoten. Eine Kakaoschote war durch den Befall mit Kakao-Wanzen vernarbt. Die Kakao-Wanzen und deren Eier wurden jedoch vor dem Versuch entfernt. Die andere Schote war weder befallen noch vernarbt. Anschließend gab man jeweils ein Weibchen und ein Männchen der Kakao-Miniermotte hinzu. Nach fünf Tagen wurden deren Eier auf der Oberfläche der beiden Schoten gezählt. Der Versuch wurde 38-mal erfolgreich wiederholt (Tabelle 3).

Tabelle 3: Ergebnisse der Laborexperimente

| untersuchte Kategorie                    | Anzahl der Kakaoschoten mit Befall durch Kakao-Miniermotten | durchschnittliche Anzahl an Eiern der Kakao-Miniermotte pro Kakaoschote |
|--|---|---|
| nicht von Kakao-Wanzen befallene Schoten | 38 von 38   | 14  |
| von Kakao-Wanzen befallene Schoten       | 25 von 38   | 4   |

## Unterlagen für die Lehrkraft

# Abiturprüfung 2014

## Biologie, Leistungskurs

### 1. Aufgabenart

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

### 2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>

#### **Thema: Schädlinge in Kakaoplantagen**

- III.1 Skizzieren Sie für die beschriebene Lebensgemeinschaft in der Kakaoplantage ein Nahrungsnetz und erläutern Sie die unterschiedlichen Trophieebenen und die Formen interspezifischer Wechselwirkung in diesem Ökosystem (Material A). (18 Punkte)
- III.2 Fassen Sie die in Material B dargestellten Untersuchungsergebnisse zusammen und beurteilen Sie die Eignung der in Tabelle 1 aufgeführten Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung. (14 Punkte)
- III.3 Beschreiben Sie die in Material C dargestellten Ergebnisse der Untersuchungen mit Kakao-Miniermotten und Kakao-Wanzen. Erläutern Sie auch mithilfe der Informationen in Material A die Ergebnisse. (22 Punkte)
- III.4 Beurteilen Sie den Einsatz von Insektiziden in Kakaoplantagen zur Reduzierung des Befalls mit Schädlingen. Leiten Sie aus den Materialien A bis C eine ökologisch und wirtschaftlich sinnvolle Strategie zur Ertragssteigerung der Kakaobohnen ab. (12 Punkte)

<sup>1</sup> Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

### 3. Materialgrundlage

- Material A:  
Abbildung 1a bis 1c: verändert nach Wielgoss *et al.* 2012  
Abbildung 1d: verändert nach: <http://www.uni-goettingen.de/de/3240.html?cid=4322>  
Abbildung 1e: verändert nach: [http://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2008/boland\\_kirs/Adaptations.htm](http://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2008/boland_kirs/Adaptations.htm)
- Material B:  
Abbildung 2: verändert nach See & Kho 1996  
Abbildung 3: verändert nach:  
<http://www.oired.vt.edu/ipmcrsp/SuccessStories/CocoaPod.html>  
Tabelle 1: verändert nach Rosmana *et al.* 2010, Table 2
- Material C:  
Abbildung 4, Tabelle 2 und Tabelle 3: verändert nach Wielgoss *et al.* 2012
- Clough, Y., Putra, D. D., Pitopang, R. & Tschardtke, T. (2009). Local and landscape factors determine functional bird diversity in Indonesian cacao agroforestry. *Biological Conservation* 142, S. 1032 – 1041
- Freudig, D. (2004): Lexikon der Biologie. Heidelberg: Spektrum, Akademischer Verlag
- Ho, C. T. & Khoo, K. C. (1997). Partners in biological control of cocoa pests: Mutualism between *Dolichoderus thoracicus* (Hymenoptera: Formicidae) and *Cataenococcus hispidus* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Bulletin of Entomological Research* 87, S. 461 – 470
- Hosang, M. L. A., Schulze, C. H., Tschardtke, T. & Buchori, D. (2010). The potential of artificial nesting sites for increasing the population density of the black cocoa ants. *Indonesian Journal of Agriculture* 3(1), S. 45 – 50
- Rizali, A. (2012). Ant community structure and biological control in Indonesian cacao agroforestry: long-term changes, land-use management and precipitation gradients. *Dissertation in the International Ph. D. Program for Agricultural Sciences in Goettingen (IPAG) at the Faculty of Agricultural Sciences, Georg-August-University Göttingen, Germany*
- Rosmana, A., Shepard, M., Hebbbar, P. & Mustari, A. (2010). Control of cocoa pod borer and phytophthora pod rot using degradable plastic pod sleeves and a nematode, *Steinernema carpocapsae*. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 11, S. 41 – 47
- See, Y. A. & Khoo, K. C. (1996). Influence of *Dolichoderus thoracicus* (Hymenoptera: Formicidae) on cocoa pod damage by *Conopomorpha cramerella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Malaysia. *Bulletin of Entomological Research* 86, S. 467 – 474
- Way, M. J. (1992). Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology* 37, S. 479 – 503
- Wielgoss, A. C., Clough, Y., Fiala, B., Rumed, A. & Tschardtke, T. (2012). A minor pest reduces yield losses by a major pest: plant-mediated herbivore interactions in Indonesian cacao. *Journal of Applied Ecology* 49, S. 465 – 473
- <http://www.uni-goettingen.de/de/3240.html?cid=4322> (Zugriff 21.01.2014)
- [http://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2008/boland\\_kirs/Adaptations.htm](http://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2008/boland_kirs/Adaptations.htm) (Zugriff 21.01.2014)
- <http://www.oired.vt.edu/ipmcrsp/SuccessStories/CocoaPod.html> (Zugriff 21.01.2014)

#### **4. Bezüge zu den Vorgaben 2014**

##### *1. Inhaltliche Schwerpunkte*

Ökologische Verflechtungen und nachhaltige Nutzung

- Einfache Beziehungen zwischen Organismengruppen und abiotischen Habitatfaktoren
  - Angepasstheiten an Temperatur und Feuchtigkeit bei Tieren und Pflanzen
  - Toleranzbereich, physiologisches und ökologisches Optimum
- Wechselbeziehungen, Populationsdynamik
  - Beziehungen zwischen Populationen: LOTKA-VOLTERRA-Regeln, Konkurrenz, Koexistenz
- Verflechtungen in Lebensgemeinschaften
  - Biomasseproduktion, Trophieebenen, Energiefluss
- Nachhaltige Nutzung und Erhaltung von Ökosystemen
  - Nachhaltige Bewirtschaftung (chemische Schädlingsbekämpfung, biologischer Pflanzenschutz)

##### *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**

|                     | <b>Anforderungen</b>  | maximal erreichbare Punktzahl |
|---------------------|---|-------------------------------|
| <b>Der Prüfling</b> |   |                               |
| 1                   | <p>skizziert für die beschriebene Lebensgemeinschaft in der Kakaopflanzung ein Nahrungsnetz (Material A), z. B.:</p> <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 100px;">← - - - - - bedeutet: frisst Honigtau von</span> <span>— - - - - bedeutet: wird gefressen von</span> </p> <p><i>(Eine andere fachlich richtige Darstellung wird entsprechend gewertet.)</i></p>   | 6                             |
| 2                   | <p>erläutert die unterschiedlichen Trophieebenen in diesem Ökosystem (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Kakaobäume sind die Produzenten des Ökosystems.</li> <li>• Schildläuse, Kakao-Miniermotten, Kakao-Wanzen und Ratten ernähren sich als Primärkonsumenten von den Kakaoschoten.</li> <li>• Nektarivore Vögel sind Primärkonsumenten, die sich von Blütennektar ernähren.</li> <li>• Insektivore und carnivore Vögel sind Sekundärkonsumenten, da sie sich von Primärkonsumenten ernähren.</li> </ul> <p><i>(Andere fachlich richtige Lösungen werden entsprechend gewertet.)</i></p>   | 4                             |
| 3                   | <p>erläutert die Formen interspezifischer Wechselwirkung in diesem Ökosystem (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carnivore Vögel und Ratten sowie insektivore Vögel und Insekten (Kakao-Miniermotten, Kakao-Wanzen) stehen in einem Räuber-Beute-Verhältnis zueinander.</li> <li>• Schildläuse, Kakao-Wanzen und Kakao-Miniermotten sind Parasiten des Kakaobaumes, z. B.:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Sie sind kleiner als ihr Wirt und stehen mit ihm im direkten, permanenten Kontakt.</li> <li>– Sie saugen bzw. fressen an der Pflanze und entziehen ihr so Nährstoffe.</li> <li>– Die Insektenarten schädigen ihre Wirtspflanze, bringen sie aber nicht zum Absterben.</li> </ul> </li> <li>• Schildläuse und Schwarze Kakaoameisen leben gemeinsam in Mutualismus, da beide Arten aus der Beziehung einen Nutzen ziehen: Die Ameisen schützen die Schildläuse vor Räubern und Nahrungskonkurrenten. Die Läuse scheiden Honigtau aus, den die Ameisen fressen.</li> </ul> <p><i>(Andere fachlich richtige Erläuterungen (z. B. Symbiose bei Schildläusen und Schwarzen Kakaoameisen, Parabiose bei Schildläusen und Kakaobaum) sind zu akzeptieren.)</i></p> | 8                             |
| 4                   | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)   |                               |

## Teilaufgabe III.2

|   | Anforderungen  | maximal erreichbare Punktzahl |
|---|--|-------------------------------|
|   | Der Prüfling   |                               |
| 1 | <p>fasst die in Material B dargestellten Untersuchungsergebnisse zusammen (<i>Abbildung 2</i>), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• An ameisenreichen Kakaobäumen sind deutlich weniger Kakaoschoten geschädigt oder befallen.</li> <li>• Der Befall durch Kakao-Miniermotten ist im Vergleich um etwa die Hälfte oder etwas mehr reduziert.</li> <li>• Die Anwesenheit der Ameisen scheint sich noch stärker auf die Schädigung durch Ratten auszuwirken. Hier ist die Schädigung stets über die Hälfte, oft um mehr als 70 % reduziert.</li> </ul>   | 5                             |
| 2 | <p>fasst die in Material B dargestellten Untersuchungsergebnisse zusammen (<i>Tabelle 1</i>), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die unbehandelten Kontroll-Kakaoschoten sind am stärksten geschädigt, und ihre Kakaobohnen erzielen das geringste Gesamt-Trockengewicht pro Kakaoschote.</li> <li>• Mit abbaubarer Folie umwickelte Kakaoschoten zeigen nur 8,5 % Schädigung, und ihre Kakaobohnen erzielen etwa ein doppelt so hohes Gesamt-Trockengewicht wie die unbehandelten Kakaoschoten.</li> <li>• Die Behandlung mit Fadenwürmern reduziert die Schädigung auf 4,9 %, wobei die Bohnen mit 45 g das gleiche Gesamt-Trockengewicht erzielen wie jene in den mit abbaubarer Folie umwickelten Kakaoschoten.</li> <li>• Mit abbaubarer Folie umwickelte und mit Fadenwürmern gespritzte Kakaoschoten wurden nicht geschädigt. Dementsprechend zeigen diese Bohnen mit 74,8 g das höchste Gesamt-Trockengewicht pro Kakaoschote.</li> </ul> | 5                             |
| 3 | <p>beurteilt die Eignung der in Tabelle 1 aufgeführten Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbaubare Folienumhüllungen und Fadenwürmer als einzelne Maßnahmen sind etwa gleich gut zur Schädlingsbekämpfung geeignet, da das durchschnittliche Gesamt-Trockengewicht aller absatzfähigen Kakaobohnen pro Kakaoschote identisch ist.</li> <li>• Der gleichzeitige Schutz mit abbaubarer Folienumhüllung und Fadenwürmern ist effektiver als jede einzelne Maßnahme für sich, weil keine Kakaoschoten mehr geschädigt wurden und das durchschnittliche Gesamt-Trockengewicht aller absatzfähigen Kakaobohnen pro Kakaoschote erheblich größer ist.</li> </ul>  | 4                             |
| 4 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)  |                               |



## Teilaufgabe III.3

|   | Anforderungen   | maximal<br>erreichbare<br>Punktzahl |
|---|---|-------------------------------------|
|   | Der Prüfling  |                                     |
| 1 | <p>beschreibt die in Material C (<i>Abbildung 4</i>) dargestellten Ergebnisse der Untersuchungen mit Kakao-Miniermotten und Kakao-Wanzen, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Anzahl geernteter Kakaoschoten steigt von Februar bis Juni an und fällt dann wieder ab.</li> <li>• Die Anzahl der Kakaoschoten, die nur von der Kakao-Miniermotte befallen wurde, ist größer als die Anzahl derer, die nur von der Kakao-Wanze befallen wurde.</li> <li>• Es konnte im Vergleich hierzu nur eine geringe Anzahl von Kakaoschoten festgestellt werden, die von beiden Arten befallen war.</li> <li>• Von Februar bis Juni sind weniger Schoten von beiden Schädlingen gleichzeitig als von der Kakao-Wanze allein befallen. Danach sind mehr Schoten von beiden als nur von der Kakao-Wanze befallen.</li> </ul> | 4                                   |
| 2 | <p>beschreibt die in Material C (<i>Tabelle 2</i>) dargestellten Ergebnisse der Untersuchungen mit Kakao-Miniermotten und Kakao-Wanzen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das durchschnittliche Gesamt-Trockengewicht der Kakaobohnen pro Kakaoschote aus nicht befallenen Kakaoschoten und aus Kakaoschoten, die von der Kakao-Wanze befallen waren, unterscheidet sich nur gering (32,5 g im Vergleich zu 32,3 g).</li> <li>• Im Gegensatz dazu ist das durchschnittliche Gesamt-Trockengewicht der Bohnen pro Kakaoschote aus Kakaoschoten, die von der Kakao-Miniermotte befallen waren, wesentlich geringer (nur 21,5 g).</li> </ul>   | 3                                   |
| 3 | <p>beschreibt die in Material C (<i>Tabelle 3</i>) dargestellten Ergebnisse der Untersuchungen mit Kakao-Miniermotten und Kakao-Wanzen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle nicht von Kakao-Wanzen befallenen Kakaoschoten werden im Experiment durch Kakao-Miniermotten befallen.</li> <li>• Ist die Kakaoschote bereits von Kakao-Wanzen befallen, werden nur 25 von 38 Schoten durch Kakao-Miniermotten befallen, und die Kakao-Miniermotten legen deutlich weniger Eier auf den Schoten ab.</li> </ul>   | 3                                   |
| 4 | <p>erläutert auch mithilfe der Informationen in Material A die Ergebnisse, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Kakao-Miniermotte ist der Hauptschädling der Kakaobohnen, da ihre Larven mehr Schoten befallen als die Kakao-Wanzen und dadurch das Gesamt-Trockengewicht der Bohnen pro Kakaoschote um etwa ein Drittel senken.</li> <li>• Der Befall durch Kakao-Miniermotten hat eine wesentlich stärkere Auswirkung auf das Gesamt-Trockengewicht der Bohnen pro Kakaoschote, da sie Fruchtfleisch fressen und so die Anzahl und Qualität der Kakaobohnen verringern.</li> </ul> <p><i>(Andere fachlich richtige Lösungen werden entsprechend gewertet.)</i></p>   | 6                                   |
| 5 | <p>erläutert auch mithilfe der Informationen in Material A die Ergebnisse, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Befall durch die Kakao-Wanze hat auf das Gesamt-Trockengewicht der Kakaobohnen nur einen geringen Einfluss: Es wird nur die Schale der Schoten beeinträchtigt, aber nicht die Bohnen selbst.</li> <li>• Die Kakao-Miniermotte legt wahrscheinlich deshalb weniger Eier auf den durch Kakao-Wanzen befallenen Schoten ab, weil deren Oberfläche vernarbt und verhärtet ist, sodass die Larven schlechter durch die verhärtete Schale ins Fruchtfleisch eindringen können.</li> </ul> <p><i>(Andere fachlich richtige Lösungen werden entsprechend gewertet.)</i></p>  | 6                                   |
| 6 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)   |                                     |

## Teilaufgabe III.4

|   | Anforderungen  | maximal erreichbare Punktzahl |
|---|--|-------------------------------|
|   | Der Prüfling   |                               |
| 1 | <p>beurteilt den Einsatz von Insektiziden in Kakaoplantagen zur Reduzierung des Befalls mit Schädlingen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemische Schädlingsbekämpfung mit Insektiziden tötet die Insekten auf den Schoten ab. Deshalb werden dadurch die Kakao-Wanzen, Ameisen und Schildläuse dezimiert. Vor allem die Kakao-Wanzen sind betroffen, da die Insektizide gesprüht werden, sobald die Kakao-Wanzen auf den Schoten erscheinen.</li> <li>• Die Kakao-Miniermotten werden durch Insektizide wahrscheinlich nur in sehr geringem Maße dezimiert. Dies hat zwei Ursachen: Zum einen werden Insektizide vor der Eiablage der Motten gespritzt, und zum anderen bohren sich die Larven nach dem Schlüpfen sofort ins Fruchtfleisch, wo sie durch die Insektizide nicht mehr geschädigt werden können.</li> <li>• Der Einsatz von Insektiziden erhöht wahrscheinlich die Schädigung durch Kakao-Miniermotten, da die Populationsdichte der Ameisen, Schildläuse und Kakao-Wanzen gesenkt wird. Damit fallen Nahrungskonkurrenten weg. Außerdem legen die Kakao-Miniermotten deutlich mehr Eier auf Schoten ab, die nicht durch Kakao-Wanzen befallen sind.</li> <li>• Außerdem könnte eine Dezimierung der Ameisen auch zu einer Erhöhung der Schädigung durch Ratten führen.</li> <li>• Ein Insektizideinsatz erscheint aus den genannten Gründen daher nicht sinnvoll. (Andere fachlich richtige Lösungen werden entsprechend gewertet.)</li> </ul> | 8                             |
| 2 | <p>leitet aus den Materialien A bis C eine ökologisch und wirtschaftlich sinnvolle Strategie zur Ertragssteigerung der Kakaobohnen ab, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Kakao-Wanze sollte nicht bekämpft werden, da sie den Befall durch die Hauptschädlinge, die Kakao-Miniermotten, deutlich reduziert.</li> <li>• Die Besiedlungsdichte der Ameisen sollte erhöht werden. Sie eignen sich zur biologischen Schädlingsbekämpfung. Aus diesem Grund sollten auch Schildläuse, die mit den Ameisen in Mutualismus leben, nicht bekämpft werden. Sie schädigen außerdem die Schoten und Bohnen nicht.</li> <li>• Ergänzend erscheint auch der Einsatz von Fadenwürmern zur biologischen Schädlingsbekämpfung sinnvoll.</li> <li>• Der Einsatz abbaubarer Folien erscheint ökologisch sinnvoll und steigert auch den Ertrag an Kakaobohnen. Jedoch erscheint es nicht wirtschaftlich, jede Kakaoschote jedes Kakaobaums der gesamten Plantage in eine abbaubare Plastikfolie einzuwickeln, da dies einen enormen zusätzlichen Arbeitsbedarf bedeuten würde. (Andere fachlich richtige Lösungen werden entsprechend gewertet.)</li> </ul>   | 4                             |
| 3 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)  |                               |

## b) Darstellungsleistung

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

**7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit**

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_ Kursbezeichnung: \_\_\_\_\_

Schule: \_\_\_\_\_

**Teilaufgabe III.1**

|   | Anforderungen   | Lösungsqualität               |                 |    |    |
|---|---|-------------------------------|-----------------|----|----|
|   |   | maximal erreichbare Punktzahl | EK <sup>2</sup> | ZK | DK |
|   | <b>Der Prüfling</b>   |                               |                 |    |    |
| 1 | skizziert für die ...   | 6                             |                 |    |    |
| 2 | erläutert die unterschiedlichen ...                                     | 4                             |                 |    |    |
| 3 | erläutert die Formen ...  | 8                             |                 |    |    |
| 4 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)<br>.....<br>..... |                               |                 |    |    |
|   | <b>Summe III.1 Teilaufgabe</b>  | <b>18</b>                     |                 |    |    |

**Teilaufgabe III.2**

|   | Anforderungen   | Lösungsqualität               |    |    |    |
|---|---|-------------------------------|----|----|----|
|   |   | maximal erreichbare Punktzahl | EK | ZK | DK |
|   | <b>Der Prüfling</b>   |                               |    |    |    |
| 1 | fasst die in ...  | 5                             |    |    |    |
| 2 | fasst die in ...  | 5                             |    |    |    |
| 3 | beurteilt die Eignung ...   | 4                             |    |    |    |
| 4 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)<br>.....<br>..... |                               |    |    |    |
|   | <b>Summe III.2 Teilaufgabe</b>  | <b>14</b>                     |    |    |    |

<sup>2</sup> EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

**Teilaufgabe III.3**

|   | Anforderungen   | Lösungsqualität               |    |    |    |
|---|---|-------------------------------|----|----|----|
|   |   | maximal erreichbare Punktzahl | EK | ZK | DK |
|   | <b>Der Prüfling</b>   |                               |    |    |    |
| 1 | beschreibt die in ...   | 4                             |    |    |    |
| 2 | beschreibt die in ...   | 3                             |    |    |    |
| 3 | beschreibt die in ...   | 3                             |    |    |    |
| 4 | erläutert auch mithilfe ...   | 6                             |    |    |    |
| 5 | erläutert auch mithilfe ...   | 6                             |    |    |    |
| 6 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)<br>.....<br>..... |                               |    |    |    |
|   | <b>Summe II.3 Teilaufgabe</b>   | <b>22</b>                     |    |    |    |

**Teilaufgabe III.4**

|   | Anforderungen   | Lösungsqualität               |    |    |    |
|---|---|-------------------------------|----|----|----|
|   |   | maximal erreichbare Punktzahl | EK | ZK | DK |
|   | <b>Der Prüfling</b>   |                               |    |    |    |
| 1 | beurteilt den Einsatz ...   | 8                             |    |    |    |
| 2 | leitet aus den ...  | 4                             |    |    |    |
| 3 | erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)<br>.....<br>..... |                               |    |    |    |
|   | <b>Summe III.4 Teilaufgabe</b>  | <b>12</b>                     |    |    |    |
|   | <b>Summe der III.1, III.2, III.3 und III.4 Teilaufgabe</b>              | <b>66</b>                     |    |    |    |

**Darstellungsleistung**

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

|  |   |           |  |  |  |
|--|---|-----------|--|--|--|
|  | <b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b> | <b>75</b> |  |  |  |
|--|---|-----------|--|--|--|

**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                            |    |    |    |
| <b>Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung</b>                                   | <b>150</b>                    |    |    |    |
| 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:

| <b>Note</b>        | <b>Punkte</b> | <b>Erreichte Punktzahl</b> |
|--------------------|---------------|----------------------------|
| 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                     |