



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

# **Abiturprüfung 2020**

## *Biologie, Grundkurs*

---

### **Aufgabenstellung:**

#### **Thema: Interspezifische Beziehungen bei der Goldrute**

1. Geben Sie auf Basis von Material A alle interspezifischen Beziehungen zur Goldrute sowie die Trophieebenen an. Fassen Sie die in Abbildung 1 gezeigten Ergebnisse zusammen und erläutern Sie diese im Hinblick auf die Wechselwirkung zwischen der Goldrute *Solidago altissima* und der Bohrfliege *Eurosta solidaginis* (Materialien A und B). (20 Punkte)
2. Analysieren Sie die in Abbildung 2 gezeigten Versuchsergebnisse im Hinblick auf die Wirkung der Duftstoffe (Material C). Werten Sie Abbildung 3 aus (Material D) und erläutern Sie die Bedeutung der Jasmonsäure für die Abwehrreaktion der Goldrute (Materialien A bis D). Entwickeln Sie eine Hypothese zu den Selektionsvorteilen der Abwehrreaktion für die betroffenen Goldruten (Materialien A bis D). (24 Punkte)
3. Geben Sie eine Definition für den Begriff Coevolution an und begründen Sie, dass bei *Eurosta solidaginis* und *Solidago altissima* Coevolution vorliegt (Materialien A bis D). (10 Punkte)

#### **Zugelassene Hilfsmittel:**

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



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

## Material A: Ökologie der Goldrute

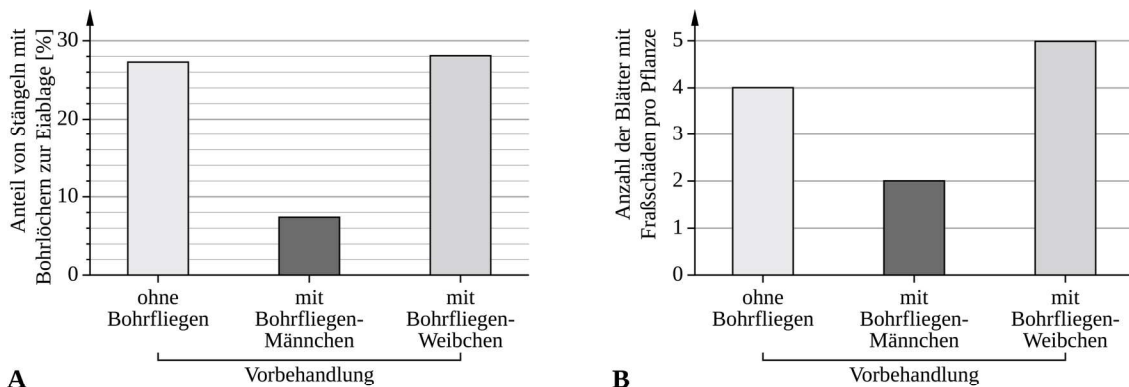
Die Goldruten (Gattung: *Solidago*) sind eine vorwiegend in Nordamerika verbreitete Pflanzen-  
gruppe, zu der etwa 100 Arten gehören. Sie besitzen gelbe, nektarhaltige Blütenstände, die von  
Hummeln, Bienen, Schwebfliegen und Schmetterlingen bestäubt werden. Die nordamerikani-  
sche Goldrutenart *Solidago altissima* wird häufig von Bohrfliegen der Art *Eurosta solidaginis*  
befallen. Die Weibchen der Bohrfliegen stechen direkt nach der Paarung geeignete Stängel von  
*S. altissima* an und legen ihre Eier im Stängel ab. Die Eiablage löst dann die Bildung von  
Pflanzengallen bei *S. altissima* aus. Das sind Gewebewucherungen der Pflanze, in denen sich  
die Bohrfliegenlarven nach dem Schlüpfen geschützt entwickeln und von Nährstoffen der  
Pflanze ernähren. Der Befall durch die Bohrfliege führt bei *S. altissima* zu reduziertem Wachs-  
tum und geringerer Fortpflanzungsrate.

Blätter und andere Teile der Pflanzen werden von anderen herbivoren Insekten gefressen, zum  
Beispiel häufig vom Blattkäfer *Trirhabda virgata*.

## Material B: Freilandversuche zur Schädigung von Goldruten

Männliche Bohrfliegen der Art *Eurosta solidaginis* senden Duftstoffe aus, um paarungsbereite  
Weibchen anzulocken. Um zu untersuchen, ob diese Duftstoffe auch von der Goldrute *S. altis-  
sima* wahrgenommen werden können, wurden Freilandversuche durchgeführt. In einer 72 Stun-  
den dauernden Vorbehandlung wurden Netze um jeweils eine Goldrute gespannt, in denen sich  
entweder ein paarungsbereites Bohrfliegen-Männchen oder ein paarungsbereites Bohrfliegen-  
Weibchen befand. Als Kontrolle dienten Netze ohne Bohrfliegen. Da Bohrfliegen-Weibchen  
erst nach der Paarung die Pflanzenstängel zur Eiablage anbohren, entstanden im Zeitraum dieser  
Vorbehandlung keine Bohrlöcher.

Anschließend wurden Netze und Bohrfliegen wieder entfernt. Über einen Zeitraum von vier  
Wochen wurde dann ermittelt, wie viele Stängel der Goldruten von Bohrfliegen-Weibchen zur  
Eiablage angestochen waren und wie viele Blätter pro Pflanze Fraßschäden von herbivoren In-  
sekten zeigten (Abbildung 1).



**Abbildung 1** Ergebnisse von Freilandversuchen mit unterschiedlich vorbehandelten *S. altissima*.  
**A** Anteil von Stängeln mit Bohrlöchern; **B** Anzahl der Blätter mit Fraßschäden pro Pflanze



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

## Material C: Laborversuche zur Schädigung von Goldruten

Um die mögliche Wirkung der Duftstoffe der Bohrfliegen-Männchen genauer zu untersuchen, wurden Experimente unter Laborbedingungen durchgeführt. Zwei Männchen der Bohrfliege *E. solidaginis* wurden über 24 Stunden in einem Glaskasten gehalten, der zuvor filtrierte Luft enthielt. Anschließend wurde die Luft aus dem Kasten gesaugt und für die Behandlung von *S. altissima* verwendet. Als Kontrolle dienen Pflanzen, die nur mit filtrierter Luft ohne Duftstoffe behandelt wurden. Eine weitere Kontrolle wurde mithilfe von Duftstoffen des Westlichen Bohnenschneiders, *Striacosta albicosta*, durchgeführt. Dieser Pflanzenschädling kommt in den USA verbreitet auf Mais und Bohnen vor, schädigt in der natürlichen Umgebung allerdings keine Goldruten.

Als typischer Fressfeind von *S. altissima* wurde dann der Blattkäfer *Trirhabda virgata* eingesetzt, da sowohl dessen Larven als auch die ausgewachsenen Käfer Blätter von *S. altissima* als Nahrungsquelle nutzen. Die gefressene Blattfläche wurde bestimmt (Abbildung 2).

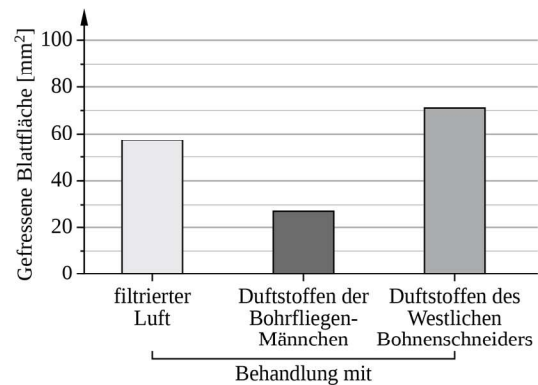


Abbildung 2 Fraßschäden durch Larven von *T. virgata* an unterschiedlich behandelten *Solidago altissima*

## Material D: Abwehrreaktion von *Solidago altissima*

Die Abwehrreaktion von Pflanzen gegen Schädlinge wird über Signalwege in den Pflanzenzellen ausgelöst, bei denen das Pflanzenhormon Jasmonsäure eine Schlüsselfunktion hat. Jasmonsäure reguliert eine Vielzahl von pflanzlichen Genen, die zum Beispiel für die energetisch aufwändige Produktion von Abwehrstoffen gegen Fressfeinde aktiviert werden. Diese Abwehrstoffe können dann zum Beispiel die Verdauungsenzyme herbivorer Insekten hemmen.

Goldruten der Art *S. altissima* wurden in Laborexperimenten, wie unter Material C beschrieben, entweder mit filtrierter Luft ohne Duftstoffe oder mit den Duftstoffen von Bohrfliegen-Männchen behandelt.

Anschließend setzte man die unterschiedlich vorbehandelten Pflanzen für kurze Zeit dem Blattkäfer *Trirhabda virgata* aus, der Fraßschäden an Blättern verursachte. Sechs Stunden später bestimmte man dann in beiden Versuchsreihen die Jasmonsäure-Menge in den geschädigten Blättern (Abbildung 3).

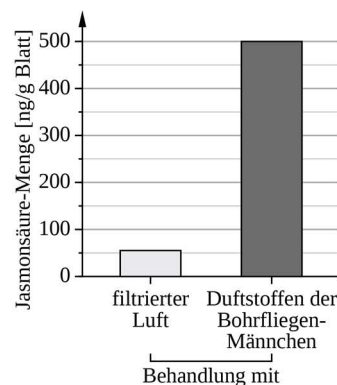


Abbildung 3 Jasmonsäure-Menge in Blättern unterschiedlich behandelter *S. altissima* sechs Stunden nach Fraßschädigung durch *T. virgata*

## Unterlagen für die Lehrkraft

# Abiturprüfung 2020

## Biologie, Grundkurs

### 1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

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

#### Thema: Interspezifische Beziehungen bei der Goldrute

1. Geben Sie auf Basis von Material A alle interspezifischen Beziehungen zur Goldrute sowie die Trophieebenen an. Fassen Sie die in Abbildung 1 gezeigten Ergebnisse zusammen und erläutern Sie diese im Hinblick auf die Wechselwirkung zwischen der Goldrute *Solidago altissima* und der Bohrfliege *Eurosta solidaginis* (Materialien A und B). (20 Punkte)
2. Analysieren Sie die in Abbildung 2 gezeigten Versuchsergebnisse im Hinblick auf die Wirkung der Duftstoffe (Material C). Werten Sie Abbildung 3 aus (Material D) und erläutern Sie die Bedeutung der Jasmonsäure für die Abwehrreaktion der Goldrute (Materialien A bis D). Entwickeln Sie eine Hypothese zu den Selektionsvorteilen der Abwehrreaktion für die betroffenen Goldruten (Materialien A bis D). (24 Punkte)
3. Geben Sie eine Definition für den Begriff Coevolution an und begründen Sie, dass bei *Eurosta solidaginis* und *Solidago altissima* Coevolution vorliegt (Materialien A bis D). (10 Punkte)

### 3. Materialgrundlage

- Material B  
Abbildung 1 verändert nach Helms et al., 2013, Abb. 2, S. 201
- Material C:  
Abbildung 2 verändert nach Helms et al., 2013, Abb. 3C und 3E, S. 201
- Material D:  
Abbildung 3 verändert nach Helms et al., 2013, Abb. 4, S. 202
- Cunan, E. T., Powell, T. H. Q. & Weis, A. E. (2015). Evidence For Plant-mediated Competition Between Defoliating and Gall-forming Specialists Attacking *Solidago altissima*. *The American Midland Naturalist*, 173(2), 208–217.  
<https://doi.org/10.1674/amid-173-02-208-217.1>

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

- Gewöhnliche Goldrute. (2019). In *Wikipedia*. Abgerufen von [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gew%C3%B6hnliche\\_Goldrute&oldid=188229007](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gew%C3%B6hnliche_Goldrute&oldid=188229007)
- Goldruten. (2019). In *Wikipedia*. Abgerufen von <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Goldruten&oldid=184823153>
- Helms, A. M., De Moraes, C. M., Tooker, J. F. & Mescher, M. C. (2013). Exposure of *Solidago altissima* plants to volatile emissions of an insect antagonist (*Eurosta solidaginis*) deters subsequent herbivory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(1), 199–204. <https://doi.org/10.1073/pnas.1218606110>

#### 4. Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Vorgaben 2020

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

##### 1. Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte

###### Ökologie

- Umweltfaktoren und ökologische Potenz
- Dynamik von Populationen
- Mensch und Ökosysteme

###### Evolution

- Grundlagen evolutiver Veränderung

##### 2. Medien/Materialien

- entfällt

#### 5. Zugelassene Hilfsmittel

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

**6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen**

**Teilleistungen – Kriterien**

a) inhaltliche Leistung

**Teilaufgabe 1**

	<b>Anforderungen</b>	maximal erreichbare Punktzahl
	<b>Der Prüfling</b>	
1	<p>gibt auf Basis von Material A alle interspezifischen Beziehungen zur Goldrute sowie die Trophieebenen an, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Goldrute <i>Solidago altissima</i> ist ein Produzent und Nahrungsquelle für verschiedene Insekten.</li> <li>• Die Larve der Bohrfliege <i>Eurosta solidaginis</i> ist ein Parasit der Goldrute und ein Konsument erster Ordnung.</li> <li>• Der herbivore Blattkäfer <i>Trirhabda virgata</i> ist ebenfalls ein Konsument erster Ordnung.</li> <li>• Bienen, Hummeln, Schwebfliegen und Schmetterlinge sind Bestäuber der Goldrute, davon profitiert die Pflanze durch Sicherung der Bestäubung ihrer Blüten. Diese Insekten stehen in einer symbiotischen Beziehung zur Goldrute, da sie Pollen oder Nektar von der Pflanze erhalten. Man kann sie als Konsumenten erster Ordnung bezeichnen.</li> </ul>	8
2	<p>fasst die in Abbildung 1 gezeigten Ergebnisse zusammen (Material B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Während bei leeren Netzen oder Bohrfliegen-Weibchen im Netz etwa 28 % der Goldruten nach vier Wochen durch Bohrfliegen-Weibchen angestochen worden waren, waren dies bei dem Vorhandensein von Bohrfliegen-Männchen im Netz nur rund 8 % der Pflanzen.</li> <li>• Fraßschädigungen an Blättern durch herbivore Tiere wurden bei Goldruten, die mit leeren Netzen oder Bohrfliegen-Weibchen im Netz behandelt worden waren, in höherem Ausmaß festgestellt als bei Pflanzen, die mit Bohrfliegen-Männchen im Netz behandelt worden waren.</li> </ul>	6
3	<p>erläutert diese im Hinblick auf die Wechselwirkung zwischen der Goldrute <i>Solidago altissima</i> und der Bohrfliege <i>Eurosta solidaginis</i> (Materialien A und B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Bohrfliegen-Männchen locken paarungsbereite Bohrfliegen-Weibchen mithilfe von Duftstoffen an. Direkt nach der Paarung sticht das Weibchen einen Goldruten-Stängel zur Ablage der Eier an.</li> <li>• Eine Vorbehandlung mit Bohrfliegen-Weibchen bewirkte keine Veränderung bei den Goldruten. Es wurden hier ebenso viele Bohrlöcher und Fraßschäden wie bei der Kontrolle festgestellt.</li> <li>• Bei der Goldrute erfolgte wahrscheinlich nach der Vorbehandlung mit Bohrfliegen-Männchen eine Reaktion, da sich im Vergleich zur Kontrolle die Anzahl der angestochenen Stängel und die Anzahl der angefressenen Blätter verringerte. Hier besteht also eine Wechselwirkung.</li> </ul>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>analysiert die in Abbildung 2 gezeigten Versuchsergebnisse im Hinblick auf die Wirkung der Duftstoffe (Material C), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wurden Goldruten mit den Duftstoffen behandelt, die durch Bohrfiegen-Männchen abgegeben worden waren, so fraßen die Larven der Blattkäfer nur etwa die Hälfte der Blattfläche im Vergleich zu unbehandelten Pflanzen.</li> <li>• Daher ist anzunehmen, dass die <i>S. altissima</i>-Pflanzen auf die Duftstoffe reagierten und infolgedessen weniger attraktiv als Nahrungsquelle für die Blattkäfer und ihre Larven waren.</li> <li>• Der Duftstoff eines anderen, unspezifischen Herbivoren hatte diese Wirkung auf <i>S. altissima</i> hingegen nicht. Daher ist die Reaktion von <i>S. altissima</i> eine spezifische Reaktion auf die Duftstoffe von <i>E. solidaginis</i>-Männchen.</li> </ul> <p>(Ausführungen zur Vergrößerung der gefressenen Blattfläche bei einer Vorbehandlung mit den Duftstoffen des unspezifischen Herbivoren können ggf. als weiteres aufgabenbezogenes Kriterium bewertet werden.)</p>	6
2	<p>wertet Abbildung 3 aus (Material D), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Jasmonsäure-Menge im Blattgewebe von <i>S. altissima</i> wurde sechs Stunden nach Fraßschädigung durch den Blattkäfer bestimmt. Pflanzen von <i>S. altissima</i>, die mit den Duftstoffen der Bohrfiegen-Männchen vorbehandelt worden waren, zeigten eine zehnfach höhere Jasmonsäure-Menge als Pflanzen, die zur Kontrolle mit filtrierter Luft ohne Duftstoffe vorbehandelt worden waren. Da alle untersuchten Blätter durch den Fraß des Blattkäfers geschädigt worden sind, scheint die stark erhöhte Jasmonsäure-Menge eine spezifische Reaktion auf den Duftstoff der Bohrfiegen-Männchen zu sein.</li> </ul>	4
3	<p>erläutert die Bedeutung der Jasmonsäure für die Abwehrreaktion der Goldrute (Materialien A bis D), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jasmonsäure spielt eine Schlüsselrolle bei der Aktivierung von Abwehrreaktionen gegen Schädlinge in Pflanzen, also auch in der Goldrute <i>S. altissima</i>. Das Pflanzenhormon aktiviert Signalwege in der Pflanze, die zum Beispiel die Produktion von Abwehrstoffen, wie etwa Hemmstoffen der Verdauungsenzyme herbivorer Insekten, einleiten.</li> <li>• Die Duftstoffe der Bohrfiegen-Männchen erzeugen eine spezifische Reaktion in Stängel und Blättern von <i>S. altissima</i>, sodass die Abwehrstoffbildung die Attraktivität der Pflanze für Bohrfiegen-Weibchen vermindert und außerdem das Ausmaß der Fraßschädigung durch blattfressende Herbivoren verringert wird.</li> </ul>	4
4	<p>erläutert die Bedeutung der Jasmonsäure für die Abwehrreaktion der Goldrute (Materialien A bis D), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermutlich wird in der Goldrute durch die spezifische Wahrnehmung des Duftstoffes der Bohrfiegen-Männchen zunächst die Produktion von Jasmonsäure erhöht. Als Folge einer veränderten Genregulation durch die hohe Jasmonsäure-Menge werden letztlich die Gene aktiviert, die zur Produktion von wirksamen Abwehrstoffen gegen die Bohrflye <i>E. solidaginis</i> und andere herbivore Insekten führen.</li> <li>• In den Blättern und Stängeln von <i>S. altissima</i>, die mit den Duftstoffen der Bohrfiegen-Männchen vorbehandelt worden sind, wird demnach die Intensität der Abwehrreaktion gegen Herbivoren stärker ausfallen als in den mit filtrierter Luft vorbehandelten Pflanzen.</li> </ul>	4
5	<p>entwickelt eine Hypothese zu den Selektionsvorteilen der Abwehrreaktion für die betroffenen Goldruten (Materialien A bis D), z. B.:</p>	6

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine durch den Duft der Bohrfliegen-Männchen ausgelöste Abwehrreaktion der Goldruten vermindert sowohl den Bohrfliegenbefall als auch die Schädigung durch Herbivoren. Daher führt die Aktivierung der pflanzlichen Abwehr zu einer Begrenzung der Schädigung der Goldrute und bietet Selektionsvorteile. Die Verringerung der reproduktiven Fitness, die durch den Befall der Goldruten mit Bohrfliegen zustande kommt, wird durch die Abwehrreaktion ebenfalls begrenzt.</li> <li>• Eine ständig aktivierte Abwehrreaktion gegen Herbivoren würde einen energetischen Aufwand für die Goldrute bedeuten, der Selektionsnachteile erzeugt. Daher bietet insbesondere die Induzierbarkeit der Abwehrreaktion, als spezifische Reaktion auf den Duftstoff der Bohrfliegen-Männchen, Selektionsvorteile für die Goldrute.</li> </ul>	
6	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

**Teilaufgabe 3**

	<b>Anforderungen</b>	maximal erreichbare Punktzahl
<b>Der Prüfling</b>		
1	gibt eine Definition für den Begriff Coevolution an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coevolution ist die wechselseitige Beeinflussung der Evolution verschiedener, eng miteinander lebender Arten durch gegenseitigen Selektionsdruck.</li> </ul>	2
2	begründet, dass bei <i>Eurosta solidaginis</i> und <i>Solidago altissima</i> Coevolution vorliegt (Materialien A bis D), z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Goldrute und Bohrfliege leben als Parasit-Wirt-System eng miteinander. Als spezifische Anpasstheit von <i>E. solidaginis</i> bewirkt ihre Eiablage die Bildung von Gewebewucherungen bei der Goldrute, in denen sich dann die Bohrfliegenlarven geschützt entwickeln und von pflanzlichen Nährstoffen ernähren.</li> <li>• Die Goldrute wird durch <i>E. solidaginis</i> geschädigt. Als Folge hat sie eine geringere Fortpflanzungsrate. Daher übt die Bohrfliege <i>E. solidaginis</i> einen Selektionsdruck auf <i>S. altissima</i> aus.</li> <li>• Goldruten, die bei Befall effizient Abwehrstoffe produzieren, vermindern den Befall durch <i>E. solidaginis</i>. Da <i>S. altissima</i> spezifisch auf die Duftstoffe der Bohrfliegen-Männchen mit einer gesteigerten Abwehr reagiert, werden diese Pflanzen weniger von Bohrfliegen befallen. Daher übt <i>S. altissima</i> einen Selektionsdruck auf <i>E. solidaginis</i> aus und vermindert durch die Abwehrreaktion die reproduktive Fitness der Bohrfliege.</li> <li>• Demnach liegt bei <i>Eurosta solidaginis</i> und <i>Solidago altissima</i> Coevolution vor. (Andere sachlogisch richtige Begründungen sind entsprechend zu bewerten.)</li> </ul>	8
3	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>	6