

**Gemeinsame Aufgabenpools der Länder**

**Pool für das Jahr 2025**

**Aufgaben für das Fach Biologie**

**Kurzbeschreibung**

<b>Aufgabentitel</b>	<b>Der schmerzhafte Stich einer Hornisse</b>
<b>Anforderungsniveau</b>	erhöht
<b>Inhaltsbereiche</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Informationsverarbeitung in Lebewesen               <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Grundlagen der Informationsverarbeitung</li> <li>◆ Bau und Funktion von Nervenzellen: Aktionspotenzial, Erregungsleitung</li> <li>◆ Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, Stoffeinwirkung an Synapsen, neuromuskuläre Synapse</li> <li>◆ Rezeptorpotenzial</li> <li>◆ Primäre Sinneszelle</li> </ul> </li> </ul>
<b>Materialien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ M 1 Wahrnehmung eines Schmerzreizes</li> <li>◆ M 2 Untersuchung des Einflusses von Histamin auf Nozizeptoren</li> <li>◆ M 3 Schmerzwahrnehmung bei einem Hornissenstich</li> <li>◆ M 4 Bienen- und Hornissengift im Vergleich</li> </ul>
<b>Quellenangaben</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ M 1 Abb. 1: selbst erstellt</li> <li>◆ M 2               <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Abb. 2: Obara I. et al. (2019). Histamine, histamine receptors, and neuropathic pain relief. <i>British Journal of Pharmacology</i>; 177 (3), p. 580–599. <a href="https://doi.org/10.1111/bph.14696">https://doi.org/10.1111/bph.14696</a></li> <li>◆ Abb. 3: <a href="https://www.yumpu.com/de/document/view/51812012/nozi-zeption-medstudat">https://www.yumpu.com/de/document/view/51812012/nozi-zeption-medstudat</a>, S. 200 (letzter Zugriff 24.01.2024)</li> </ul> </li> <li>◆ M 3 Abb. 4 und 5: o. A. (2020). I care Pflege. Georg Thieme Verlag. <a href="https://www.thieme.de/statics/bilder/thieme/final/de/bilder/tw_pflegepaedagogik/Abb-7-4-Schmerzentstehung-Schmerzweiterleitung-und-Wirkorte-verschiedener-Analgetika.jpg">https://www.thieme.de/statics/bilder/thieme/final/de/bilder/tw_pflegepaedagogik/Abb-7-4-Schmerzentstehung-Schmerzweiterleitung-und-Wirkorte-verschiedener-Analgetika.jpg</a>, (letzter Zugriff 24.01.2024) Rückenzentrum Diez: <a href="https://www.rueckenzentrum-diez.de/images/pictures/w7de1030d0510001cf718c3860a9c356/w7de105160829001812f8c3091ec98e8/Medikamente%20Wirkorte.jpg">https://www.rueckenzentrum-diez.de/images/pictures/w7de1030d0510001cf718c3860a9c356/w7de105160829001812f8c3091ec98e8/Medikamente%20Wirkorte.jpg</a>; (letzter Zugriff 24.01.2024)</li> </ul>

	<p>Physiozentrum (2018). Der Schmerz entsteht immer im Kopf. <a href="https://www.physiozentrum.ch/2018/08/schmerz-entsteht-immer-im-kopf/">https://www.physiozentrum.ch/2018/08/schmerz-entsteht-immer-im-kopf/</a> (letzter Zugriff 24.01.2024)</p> <p>Schaible, H.-G. (2016). Physiologische Grundlagen von Nozizeption und Schmerz. <a href="https://www.mwv-berlin.de/buecher-bestellen-2016/images/product_images/leseproben_images/9783954661220_Leseprobe.pdf">https://www.mwv-berlin.de/buecher-bestellen-2016/images/product_images/leseproben_images/9783954661220_Leseprobe.pdf</a>, (letzter Zugriff 24.01.2024)</p> <p>Schutter, U. (2016). Neuropathische Schmerzen – Die Rolle des Noradrenalins. OmniaMed Akademie. <a href="https://www.my-cme.de/wp-content/uploads/arztcme_neuropathische-schmerzen_2016.pdf">https://www.my-cme.de/wp-content/uploads/arztcme_neuropathische-schmerzen_2016.pdf</a> (letzter Zugriff 24.01.2024)</p> <p>♦ M 4 Tab. 1:  <a href="https://www.chemie.de/lexikon/Hornissengift.html">https://www.chemie.de/lexikon/Hornissengift.html</a>;  <a href="https://www.chemie.de/lexikon/Bienengift.html">https://www.chemie.de/lexikon/Bienengift.html</a>;  <a href="http://www.vespa-crabro.de/stachel.htm">http://www.vespa-crabro.de/stachel.htm</a>,  <a href="http://www.hornissenschutz.de/stichreaktionen.htm">http://www.hornissenschutz.de/stichreaktionen.htm</a>          (Zugriff jeweils 24.01.2024)</p>
<b>Hilfsmittel</b>	♦ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat <sup>1</sup>
<b>fachpraktischer Anteil</b>	♦ nein
<b>Hinweise</b>	♦ keine

<sup>1</sup> siehe „Hinweise zur Verwendung von Hilfsmitteln“

## 1 Aufgabe

---

### Der schmerzhafte Stich einer Hornisse

Hornissenstiche sind sehr schmerzhaft. Die Schmerzwahrnehmung basiert auf einem komplexen neuronalen Vorgang.

	<b>BE</b>
1 Stellen Sie die Erregungsübertragung an einer Synapse eines Nozizeptors in einem Fließschema dar (M 1).	8
2 Beschreiben Sie den in Abbildung 2 dargestellten Wirkmechanismus von Histamin bei der Signaltransduktion (M 2). Beurteilen Sie, ob dieser Wirkmechanismus mit den experimentellen Befunden aus Abbildung 3 in Einklang steht (M 2).	14
3 Erklären Sie die Funktion der absteigenden Nervenbahnen (M 3).	9
4 Beurteilen Sie einen Bienen- und Hornissenstich hinsichtlich der Kriterien Gefährlichkeit und Schmerzhaftigkeit anhand der Materialien 2 und 4 (M 2, M 4).	9

## 2 Material

### Material 1: Wahrnehmung eines Schmerzreizes

In der Haut des Menschen befinden sich primäre Sinneszellen, sogenannte Nozizeptoren, die der Wahrnehmung schmerzhafter Reize dienen. Nozizeptoren nehmen sowohl mechanische als auch chemische Reize auf. In den freien Nervenendigungen der Nozizeptoren löst ein Reiz eine elektrische Erregung aus. Über das Axon der Nozizeptoren wird die Erregung mittels erregender chemischer Synapsen auf die Folgezellen übertragen. Als Neurotransmitter fungiert Glutamat (Abb. 1).

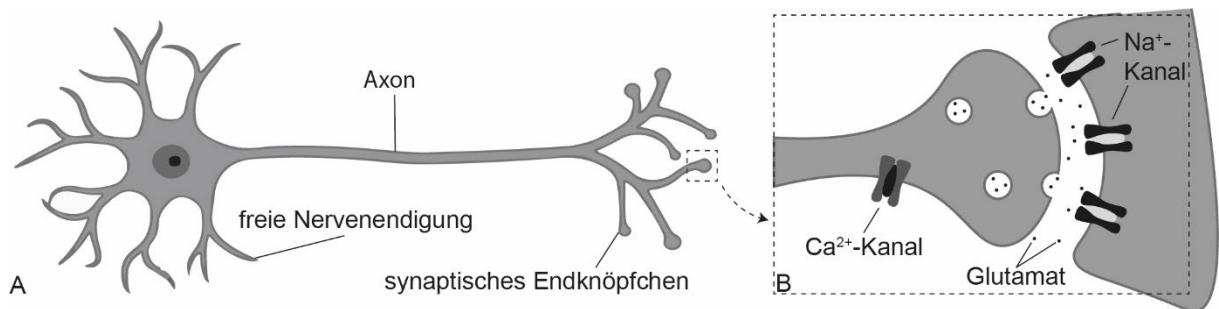


Abb.1: Vereinfachte Darstellung eines Nozizeptors. A: Übersicht; B: Detailausschnitt aus A

### Material 2: Untersuchung des Einflusses von Histamin auf Nozizeptoren

In der Membran der freien Nervenendigungen eines Nozizeptors gibt es verschiedene Rezeptoren z. B. für Acetylcholin, Glutamat, aber auch für Histamin. Das Gift der Hornisse enthält neben Adrenalin, Acetylcholin und Serotonin unter anderem auch Histamin. Abbildung 2 zeigt schematisch einen möglichen Wirkmechanismus von Histamin.

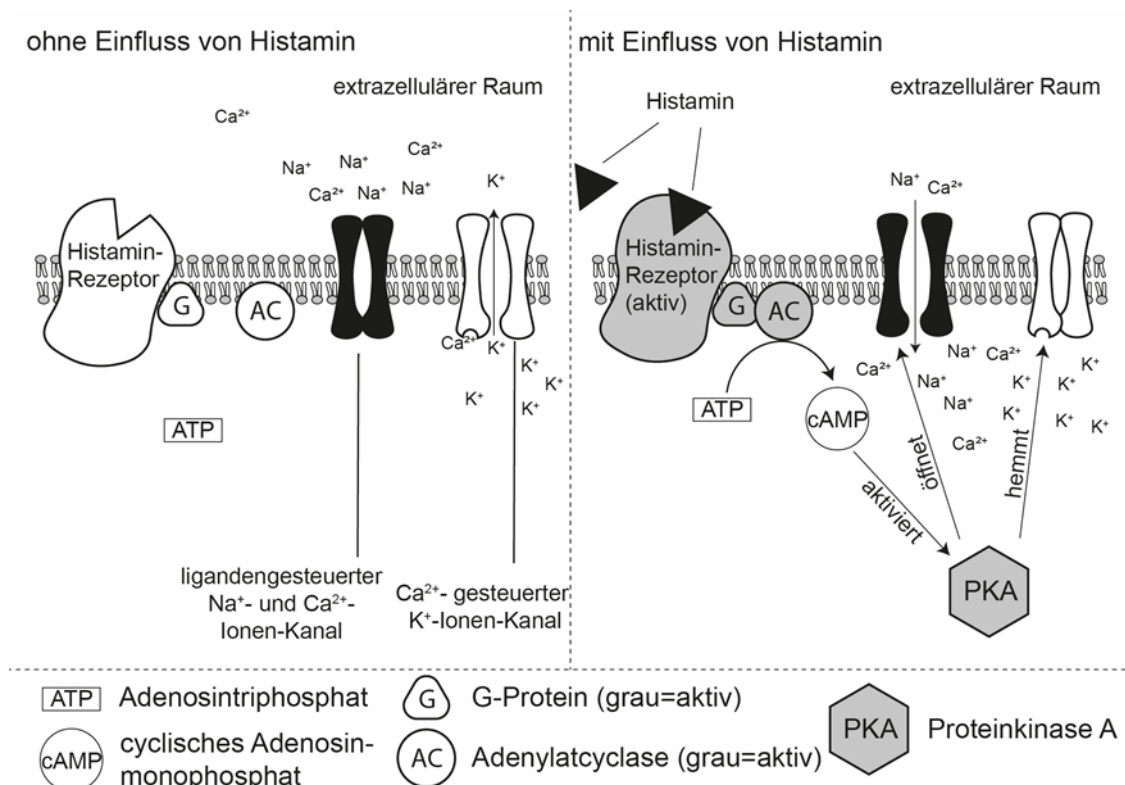


Abb. 2: Möglicher Wirkmechanismus von Histamin bei der Signaltransduktion am Nozizeptor (verändert nach: Obara et al., 2020, p. 583, Fig. 2)

Um den Einfluss des Histamins auf die Schmerzhaftigkeit von Reizen zu untersuchen, wurde mit Nozizeptoren ohne bzw. mit Einwirkung von Histamin experimentiert. Dabei wurden unterschiedlich starke Reize gesetzt und die Aktionspotenziale am Axon des Nozizeptors gemessen (Abb. 3).

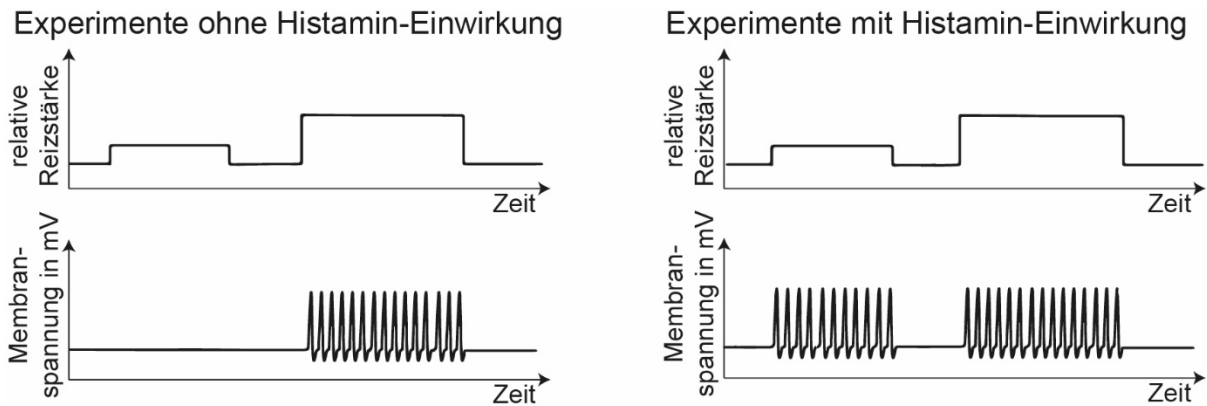


Abb. 3: Messergebnisse an Nozizeptoren bei verschiedenen Reizstärken  
(verändert nach: yumpu.com, 2011)

### Material 3: Schmerzempfindung bei einem Hornissenstich

Verschaltungen zwischen Hirn und Rückenmark (Abb. 4) haben Einfluss auf entsprechende postsynaptische Potenziale (Abb. 5) und damit auf die Schmerzempfindung. Das Rückenmark ist Teil des zentralen Nervensystems. Dort sind aufsteigende und absteigende Nervenbahnen zu finden. Über aufsteigende Nervenbahnen werden sensorische Informationen zur Auswertung zum Gehirn weitergeleitet, über absteigende Nervenbahnen erfolgt die Erregungsleitung in umgekehrter Richtung. Hirnstamm und Thalamus sind Bereiche des Gehirns.

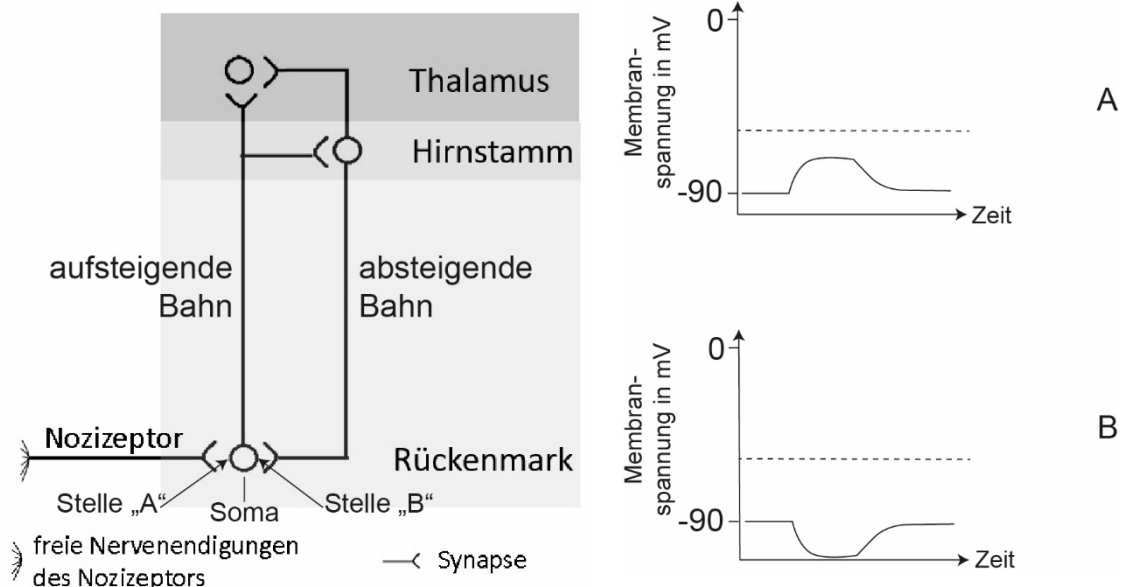


Abb. 4: Verschaltung aufsteigender Bahnen und absteigender Bahnen bei der Schmerzempfindung.

Abb. 5: Postsynaptische Potenziale an den Stellen „A“ und „B“ in Abbildung 4.

(verändert nach: o. A., 2020; Rückenzentrum Diez; Physiozentrum, 2018; Schutter, 2016)

### Material 4: Bienen- und Hornissengift im Vergleich

In der Bevölkerung ist die Angst vor Hornissenstichen häufig größer als die Angst vor Bienenstichen, da Hornissenstiche als schmerzhafter und gefährlicher gelten. In Tabelle 1 sind Faktoren aufgeführt, die bei Bienen- bzw. Hornissenstichen Einfluss auf die Schmerzhaftigkeit bzw. die Einstufung von deren Gefährlichkeit haben.

Tabelle 1: Faktoren beim Stich einer Honigbiene und einer Hornisse

	Honigbiene	Hornisse
Auszug aus den Inhaltsstoffen der Gifte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Histamin</li> <li>• Serotonin</li> <li>• Adrenalin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Histamin</li> <li>• Serotonin</li> <li>• Adrenalin</li> <li>• Acetylcholin</li> </ul>
LD50-Werte der Gifte bei Mäusen*	2,8 mg Gift/kg	10 mg Gift/kg
Übertragene Giftmenge pro Stich	0,1 mg	0,01 mg

\*LD50-Wert: Giftmenge pro kg Körpergewicht, bei der die Hälfte der Versuchstiere getötet wird.

(in Anlehnung an: Chemie.de Lexikon; vespa-cabro.de; hornissenschutz.de)

Information zu den Inhaltsstoffen:

Histamin: Gewebshormon und Neurotransmitter, führt zur Erweiterung der Blutgefäße

Serotonin: Gewebshormon und Neurotransmitter, fördert die Blutgerinnung, erzeugt eine gelassene Stimmung

Adrenalin: Hormon, erhöht die Herzfrequenz und den Blutdruck

Acetylcholin: Neurotransmitter, öffnet ligandengesteuerte Ionenkanäle zum Beispiel für Natrium-Ionen

### 3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	Darstellen: Aktionspotenzial erreicht synaptisches Endknöpfchen → spannungsabhängige $\text{Ca}^{2+}$ -Kanäle in der Membran des synaptischen Endknöpfchens öffnen sich → $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen-Einstrom ins synaptische Endknöpfchen → synaptische Vesikel mit dem Neurotransmitter Glutamat wandern zur präsynaptischen Membran → Freisetzung des Glutamats in den synaptischen Spalt → Diffusion der Glutamatmoleküle durch den synaptischen Spalt und Bindung an passende ligandengesteuerte Ionenkanäle der postsynaptischen Membran → Öffnung der ligandengesteuerten Kationenkanäle in der postsynaptischen Membran → Einstrom von $\text{Na}^+$ -Ionen in die postsynaptische Zelle → Depolarisation der postsynaptischen Membran (EPSP).	8		
2	Beschreiben: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Die Bindung von Histamin am Histamin-Rezeptor aktiviert das G-Protein, welches dann die Adenylatcyclase aktiviert. Die Adenylatcyclase wandelt ATP in cAMP um.</li> <li>◆ cAMP aktiviert PKA</li> <li>◆ PKA öffnet anschließend ligandengesteuerte <math>\text{Na}^+</math>- und <math>\text{Ca}^{2+}</math>-Ionenkanäle.</li> <li>◆ PKA hemmt zusätzlich die Öffnung von <math>\text{Ca}^{2+}</math>-gesteuerten <math>\text{K}^+</math>-Ionenkanälen.</li> </ul> Beurteilen: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Die dargestellte Wirkung von Histamin bei der Signaltransduktion steht im Einklang mit den experimentellen Befunden.</li> <li>◆ Mit Histamin kann die Signaltransduktion schon bei geringerer Reizintensität ablaufen. Histamin sensibilisiert die Nozizeptoren, so dass auch schon leichte, sonst nicht schmerzhaft Reize die Schmerzwahrnehmung auslösen.</li> <li>◆ Die durch Histamin ausgelöste Signaltransduktion führt zur Öffnung der ligandengesteuerten <math>\text{Na}^+</math>- und <math>\text{Ca}^{2+}</math>-Ionenkanäle über PKA auch ohne Bindung des spezifischen Liganden.</li> <li>◆ Ohne Histamin muss allein die durch die Reizung hervorgerufene Depolarisation stark genug sein, um Natrium-Ionen-Kanäle zu öffnen.</li> </ul>	3	4	
3	Erklären: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Funktion der absteigenden Bahnen: Reduzierte Schmerzempfindung</li> <li>◆ Erregung des Nozizeptors führt zu einer Depolarisation an Stelle A.</li> <li>◆ Dadurch entstehende Aktionspotenziale werden über die aufsteigende Bahn bis ins Gehirn weitergeleitet.</li> <li>◆ Erregungen aus den Hirnregionen werden als Aktionspotenziale über die absteigende Bahn zur Stelle B geleitet.</li> </ul>		7	2

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ An Stelle B führt dies zu einer Hyperpolarisation.</li> <li>◆ Dieses IPSP und ein mögliches vom Nozizeptor ausgelöstes EPSP werden summiert.</li> <li>◆ Nur wenn der Schmerzreiz so stark war, dass die aufsummierte Erregung noch über dem Schwellenwert liegt, wird weiterhin ein Aktionspotenzial am aufsteigenden Neuron ausgelöst.</li> </ul>			
4	<p>Beurteilen</p> <p>Schmerzhaftigkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Hornissenstiche sind schmerzhafter, da Hornissengift zusätzlich neben den anderen Inhaltsstoffen, die in beiden Giften vorkommen, Acetylcholin enthält.</li> <li>◆ Die freien Nervenendigungen der Nozizeptoren besitzen Acetylcholin-Rezeptoren. Vermitteln diese eine Öffnung von Natrium-Ionenkanälen, wird die Signaltransduktion verstärkt und der Schmerz stärker wahrgenommen.</li> </ul> <p>Gefährlichkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Hornissengift hat bei Mäusen einen viel höheren LD50-Wert als Bienengift.</li> <li>◆ Es muss für einen tödlichen Verlauf nach dem Stich also viel mehr Gift injiziert werden.</li> <li>◆ Hornissen übertragen jedoch pro Stich viel weniger Gift als Bienen.</li> <li>◆ Basierend auf den Daten ist Bienengift gefährlicher als Hornissengift.</li> </ul>		2	3
			4	
	<b>Summe<sup>2</sup></b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>8</b>

<sup>2</sup> Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

## 4 Standardbezug<sup>3</sup>

---

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1		9	
2	1, 3, 6	10		
3	2, 3, 4		5	
4	3, 6		5	2

## 5 Bewertungshinweise

---

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster<sup>4</sup> vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

---

<sup>3</sup> Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards für das Fach Biologie/Chemie/Physik für Allgemeine Hochschulreife* genannt, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

<sup>4</sup> Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.