

**Gemeinsame Aufgabenpools der Länder**

**Pool für das Jahr 2025**

**Aufgaben für das Fach Biologie**

**Kurzbeschreibung**

Aufgabentitel	Medikamentöse Muskelentspannung
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Informationsverarbeitung in Lebewesen               <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Grundlagen der Informationsverarbeitung                   <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, Stoffeinwirkung an Synapsen, neuromuskuläre Synapse</li> </ul> </li> <li>◆ Fachliche Verfahren                   <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Potenzialmessungen</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>◆ Vielfalt des Lebens               <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Molekulargenetische Grundlagen des Lebens                   <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Realisierung genetischer Information: Transkription, Translation</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ M 1 Die Wirkung von Tubocurarin auf Skelettmuskeln</li> <li>◆ M 2 Medikamentöse Aufhebung der Wirkung von Tubocurarin</li> <li>◆ M 3 Untersuchungsbefund im <i>BChE</i>-Gen</li> <li>◆ M 4 Standpunkte zum Jagdwesen in Deutschland</li> </ul>
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ M 1 Abb. 1: Aktories, K., et al. (Hrsg.). (2017). Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie (12. Auflage). Elsevier.</li> <li>◆ M 2 eigener Text, eigene Darstellung</li> <li>◆ M 3 Yu, R., et al. (2018). A novel mutation in the <i>BCHE</i> gene and phenotype identified in a child with low butyrylcholinesterase activity: a case report. <i>BMC Medical Genetics</i> 19 (58). <a href="https://doi.org/10.1186/s12881-018-0561-5">https://doi.org/10.1186/s12881-018-0561-5</a></li> <li>◆ M 4 Blogbeitrag: Deutscher Jagdverband (2000). Waidgerechtigkeit. <a href="https://www.jagdverband.de/waidgerechtigkeit">https://www.jagdverband.de/waidgerechtigkeit</a> (letzter Zugriff: 24.01.2024)</li> </ul>
Hilfsmittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat<sup>1</sup></li> </ul>
fachpraktischer Anteil	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ nein</li> </ul>
Hinweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ keine</li> </ul>

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

## 1 Aufgabe

---

### Medikamentöse Muskelentspannung

Muskelentspannende Medikamente verbessern in vielen Fällen die Bedingungen bei Operationen. Die an der neuromuskulären Synapse wirkenden Stoffe werden darüber hinaus auch als Pfeilgifte bei der Jagd verwendet.

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| <b>1</b> Stellen Sie die Vorgänge der Erregungsübertragung an einer chemischen Synapse schematisch dar.  | <b>BE</b><br><b>9</b> |
| <b>2</b> Werten Sie die Ergebnisse aus Material 1 hinsichtlich der Wirkung von Tubocurarin an der neuromuskulären Synapse aus.<br>Diskutieren Sie die Eignung von Physostigmin zur Aufhebung einer Überdosierung von Tubocurarin (M 2).  | <b>14</b>             |
| <b>3</b> Geben Sie die aus Transkription und Translation der beiden DNA-Ausschnitte hervorgehenden Molekülsequenzen an (M 3).<br>Beurteilen Sie darauf basierend die Verwendbarkeit der in Material 2 genannten muskelentspannenden Medikamente für den in Material 3 vorgestellten Patienten. | <b>10</b>             |
| <b>4</b> Analysieren Sie die beiden in Material 4 genannten Jagdmethoden im Hinblick auf Waidgerechtigkeit (M 1, M 2).   | <b>7</b>              |

## 2 Material

### Material 1: Die Wirkung von Tubocurarin auf Skelettmuskeln

Tubocurarin wird bei Operationen zur Muskelentspannung verwendet. Die Moleküle wirken an der neuromuskulären Synapse, wo sie eine ähnliche Affinität zu den Rezeptoren postsynaptischer Natriumionen-Kanäle wie Acetylcholin zeigen. In einem Experiment wurde der Einfluss von Tubocurarin auf die Kontraktionsfähigkeit von Skelettmuskeln untersucht (Abb. 1):

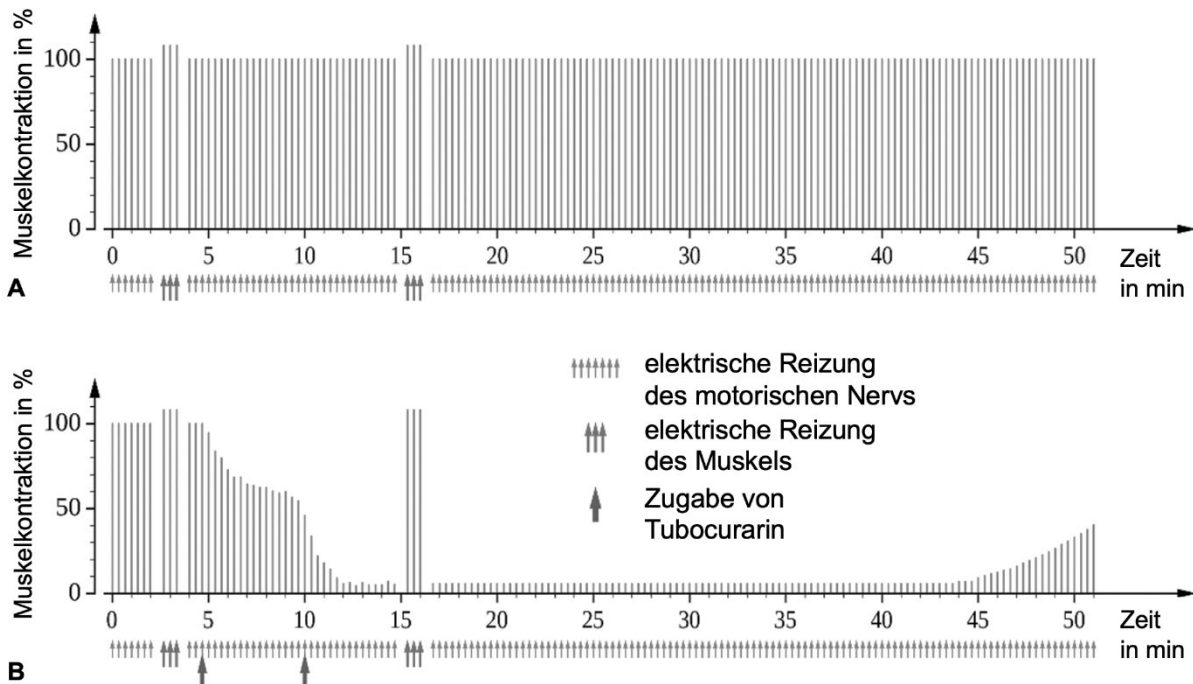


Abb. 1: Muskelkontraktionen nach Gabe von Tubocurarin (B) und Kontrollversuch (A), Werte über 100 % zeigen eine übermäßige und nur im Experiment auslösbare Kontraktion an.

(verändert nach: Aktories et al., 2017, S. 123, Abb. 3.7)

### Material 2: Medikamentöse Aufhebung der Wirkung von Tubocurarin

Die für Operationen zugelassenen Medikamente zur Muskelentspannung werden im Körper zumeist enzymatisch abgebaut, wodurch ihre Wirksamkeit zeitlich begrenzt ist (Tab. 1).

Tabelle 1: Abbau muskelentspannender Medikamente

Medikament	Enzymatischer Abbau im Organismus
Tubocurarin	Spaltung durch Carboxylasen in der Leber (ca. 30-40 min)
Mivacurium	Spaltung durch Butyrylcholinesterase in der Leber (ca. 10-15 min)
Atracurium	Spaltung durch verschiedene Esterasen im Blut (ca. 20-30 min)

In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass nach einer Vollnarkose die Wirkung anhält. Dann können die Patienten bei völliger Wachheit ihren Körper nicht bewegen und somit auch keine Atembewegungen ausführen. Die Wirkung von Tubocurarin und anderen muskelentspannenden Medikamenten lässt sich in solchen Fällen schnell durch Gegengifte aufheben. Es wurde vermutet, dass unter anderem Physostigmin als ein solches Gegengift verwendet werden könnte. Dessen reversible Wirkung ist in Abbildung 2 grafisch dargestellt:

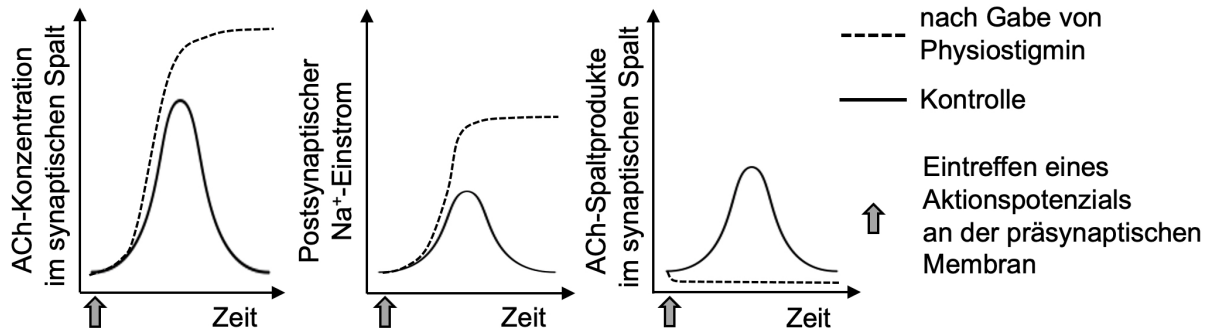


Abb. 2: Durch Physostigmin verursachte Veränderungen an der neuromuskulären Synapse

### Material 3: Untersuchungsbefund im *BChE*-Gen

Bei einem 14-jährigen Jungen wurde wegen des Verdachts eines Gen-Defekts eine DNA-Sequenzierung durchgeführt. Sie zeigte die nachfolgend dargestellte Veränderung im codogenen Strang (Matrizenstrang) des insgesamt 2.400 Basenpaare umfassenden *BChE*-Gens (Positionen 67 bis 81):

DNA (mutiert)

3' (...) TAA CCC ATC AGT GTG (...) 5'

DNA (nicht mutiert)

3' (...) TAA CCC TTC AGT GTG (...) 5'

Das Enzym Butyrylcholinesterase (*BChE*) spielt im alltäglichen Stoffwechsel keine Rolle, spaltet jedoch Medikamente (vgl. M 2) und einige Drogen (u. a. Heroin).

(in Anlehnung an: Yu et al., 2018)

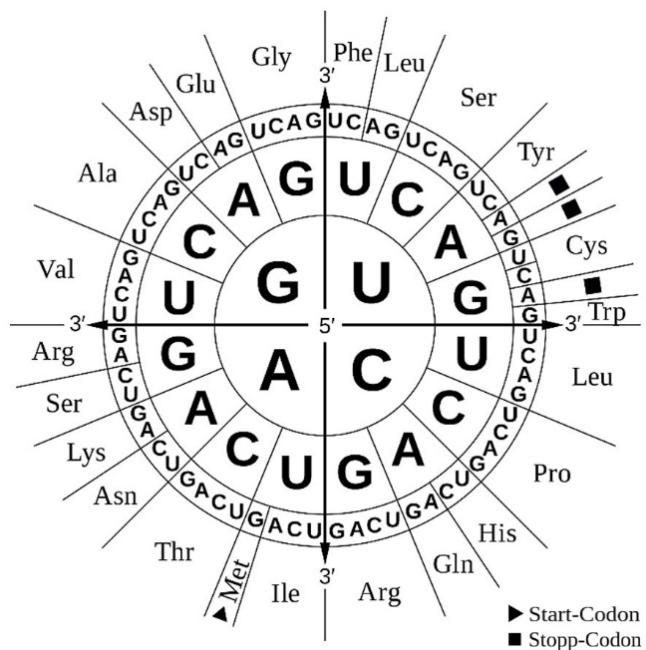


Abb. 3: Codesonne

#### Material 4: Standpunkte zum Jagdwesen in Deutschland

In einem Online-Blog über die Jagd wurde folgender Eintrag gefunden:

**Betreff: Sanfter Tod**

*Hallo in die Runde, liebe Jagdinteressierte,*

*ich muss jetzt mal etwas loswerden. Ich bin nicht grundsätzlich gegen das Jagen von Wildtieren. Aber das Töten mit Schusswaffen, wie es bei uns in Deutschland beispielsweise üblich ist, finde ich doch ziemlich grausam – vor allem, weil ich gehört habe, dass bei einem Drittel der abgegebenen Schüsse die Tiere nicht richtig getroffen werden. Da sind uns manche Naturvölker aus Südamerika voraus. Die jagen mit einem natürlichen Gift aus Pflanzen. Das enthält den Wirkstoff Tubocurarin und wird auf die Spitze von Pfeilen aufgetragen. Damit getroffene Tiere spüren bloß einen kurzen Einstich und schlafen dann friedlich ein. Das wäre doch mal etwas zum Nachmachen!*

*Es grüßt herzlich: Janina (22)*

Über ethisch vertretbare Jagdmethoden äußerte sich auch der Deutsche Jagdverband:

Gemäß des deutschen Jagdgesetzes sind bei der Jagdausübung die Grundsätze der deutschen Waidgerechtigkeit zu beachten. Dies beinhaltet das Vermeiden von unnötigem Tierleid, z. B. durch die Verwendung von Patronen mit bestimmter Auftreffenergie. Die Jagdausbildung erfordert eine korrekte Schießtechnik, einschließlich des Blattschusses, der das Tier durch einen gezielten Treffer in die Herzkammer schnell und schmerzlos tötet.

(in Anlehnung an: Deutscher Jagdverband, 2000)

### 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
<b>1</b>	<p>Schematische Darstellung umfasst folgende Strukturen:</p> <p>Präsynaptisches Axon mit Endknöpfchen, <math>\text{Ca}^{2+}</math>-Ionenkanälen, mit Acetylcholin (ACh) gefüllte Vesikel, synaptischer Spalt mit <math>\text{Na}^+</math>-Ionen, postsynaptische Zelle mit <math>\text{Na}^+</math>-Ionenkanälen inkl. ACh-Rezeptoren und ACh-Esterasen in der Zellmembran</p> <p>Darstellung der Erregungsübertragung umfasst folgende Aspekte:</p> <p>Aktionspotenzial (AP) läuft über Axon in Endknöpfen ein → spannungsabhängige <math>\text{Ca}^{2+}</math>-Ionen-Kanäle öffnen sich → Einstrom von <math>\text{Ca}^{2+}</math>-Ionen → Vesikel mit Neurotransmitter (NT) bewegen sich zu präsynaptischer Membran, verschmelzen mit ihr und NT wird in den synaptischen Spalt freigesetzt → NT bindet an postsynaptische Rezeptoren von <math>\text{Na}^+</math>-Ionen-Kanälen der postsynaptischen Membran → Öffnung der ligandengesteuerten <math>\text{Na}^+</math>-Ionenkanäle → Einstrom von <math>\text{Na}^+</math>-Ionen und lokale Depolarisation (EPSP)</p>	9		
<b>2</b>	<p>Auswerten der Daten:</p> <p>Abnahme der Muskelkontraktionsfähigkeit: Konkurrenz von ACh und Tubocurarin um ACh-Rezeptoren; zunehmende Bindung von Tubocurarin an ACh-Rezeptoren der postsynaptischen <math>\text{Na}^+</math>-Ionenkanäle an der neuromuskulären Synapse → Blockade der <math>\text{Na}^+</math>-Ionenkanäle → fehlende Depolarisierung → Lähmung der Muskulatur</p> <p>Kontraktion der Muskeln durch direkte Reizung bestätigt Wirkmechanismus an der neuromuskulären Synapse. Wiedereinsetzen des Kontraktionsvermögens verweist auf reversible Bindung beziehungsweise den Abbau der Wirkstoffmoleküle. Ergebnisse des Kontrollversuchs schließen Einwirkung weiterer Faktoren auf den experimentellen Befund aus.</p> <p>Diskutieren der Eignung als Gegengift:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Blockierung der ACh-Esterase verhindert Abbau von ACh → Ausbleiben der ACh-Spaltprodukte und Anstieg der ACh-Konzentration im synaptischen Spalt → zunehmende und dann anhaltende Depolarisierung durch Natriumioneneinstrom in postsynaptische Zelle → Verdrängung der reversibel gebundenen Tubocurarin-Moleküle von ACh-Rezeptoren durch Erhöhung der ACh-Konzentration im synaptischen Spalt möglich → Eignung als Gegengift vorhanden</li> <li>◆ Einschränkung durch Dosisabhängigkeit: Möglichkeit der Überdosierung gegeben → dauerhafte Depolarisierung mit auftretenden Krämpfen</li> </ul>		8	
			4	2

3	Angeben der mRNA- und Aminosäure-Sequenzen: Mutierte DNA: mRNA: 5' – AUU – GGG – UAG – UCA – CAC – 3' AS-Sequenz: Ile – Gly – Kettenabbruch Nicht mutierte DNA: mRNA: 5' – AUU – GGG – AAG – UCA – CAC – 3' AS-Sequenz: Ile – Gly – Lys – Ser – His  Beurteilen der Verwendbarkeit verschiedener Medikamente:  Frühzeitiger Abbruch der Proteinbiosynthese aufgrund des Einbaus eines Stopp-Codons am Beginn des Gens (Punktmutation an Position 73 von 2400) → keine Bildung von funktionsfähigem BChE → bei Operation müssten Tubocurarin oder Atracurium zur Muskelentspannung eingesetzt werden, weil Mivacurium durch BChE abgebaut wird und dann Gefahr der verlängerten Wirkung besteht.	2	2	
4	Analysieren der Jagdmethoden: <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Bloggerin nimmt an, dass Pfeilgift einen leidfreieren Tod bewirkt → Fehlannahme, da Tiere bei vollem Bewusstsein ersticken.</li> <li>◆ Gemäß deutschem Jagdrecht sind Vorkehrungen zur schnellen und schmerzarmen Tötung getroffen → Nachweis der Schießtechnik in der Jagdausbildung, passende Munition.</li> <li>◆ Nutzung von Tubocurarin als Pfeilgift ist folglich keine waidgerechte Alternative.</li> </ul>			7
	<b>Summe<sup>2</sup></b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>9</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	2		9	
2	3	5, 9	2, 5	
3	4	9	2, 5, 10	
4	2		3	2, 8

## 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.