

Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2025

Aufgaben für das Fach Biologie

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Katzenminze – erregend und abstoßend zugleich
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Informationsverarbeitung in Lebewesen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Grundlagen der Informationsverarbeitung ◆ Rezeptorpotenzial ◆ Primäre und sekundäre Sinneszelle ◆ Hormone: Hormonwirkung, Verschränkung hormoneller und neuronaler Steuerung ◆ Vielfalt des Lebens <ul style="list-style-type: none"> ◆ Entstehung und Entwicklung des Lebens ◆ Adaptiver Wert von Verhalten: Reproduktive Fitness, Kosten-Nutzen-Analyse
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 Reaktion von Katzen auf Katzenminze ◆ M 2 Reaktion von Mücken auf Katzenminze ◆ M 3 Neurophysiologische Experimente mit dem TRPA1-Ionenkanal ◆ M 4 Ionenfluss durch den TRPA1-Ionenkanal
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 Uenoyama, R. et al. (2021). The characteristic response of domestic cats to plant iridoids allows them to gain chemical defense against mosquitoes. <i>Science Advances</i>, 7(4), Article eabd9135. https://doi.org/10.1126/sciadv.abd9135 ◆ M 2 Melo, N. et al. (2021). The irritant receptor TRPA1 mediates the mosquito repellent effect of catnip. <i>Current Biology</i>, 31(9), p. 1988–1994. https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.02.010 ◆ M 3 Li, T. et al. (2019). Diverse sensitivities of TRPA1 from different mosquito species to thermal and chemical stimuli. <i>Scientific Reports</i>, 9(1), Article 20200. https://doi.org/10.1038/s41598-019-56639-w ◆ M 4 Abb. 3: Melo, N. et al. (2021). The irritant receptor TRPA1 mediates the mosquito repellent effect of catnip. <i>Current Biology</i>, 31(9), p. 1988–1994. https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.02.010

Hilfsmittel	♦ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat ¹
fachpraktischer Anteil	♦ nein
Hinweise	♦ keine

¹ siehe „Hinweise zur Verwendung von Hilfsmitteln“

1 Aufgabe

Katzenminze – erregend und abstoßend zugleich

Viele Katzenarten werden von bestimmten Pflanzen wie Katzenminze angezogen und wälzen sich darin. Dieses Verhalten ist von der Wahrnehmung bestimmter Duftstoffe abhängig. Nun gibt es weitere Erkenntnisse zu den Hintergründen dieses Verhaltens.

	BE
1 Beschreiben Sie den neurophysiologischen Wirkungsmechanismus der Reaktion von Hauskatzen auf Katzenminze nach dem in Material 1 dargestellten Modell.	4
2 Begründen Sie die in Material 2 beschriebene Versuchsdurchführung. Werten Sie die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse im Hinblick auf die Wirkung von Katzenminze auf Gelbfiebermücken aus (M 2).	10
3 Erklären Sie den Kurvenverlauf des in Abbildung 2B dargestellten Rezeptorpotenzials (M 3).	6
4 Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen der Reizstärke und der Schmerzintensität bei Gelbfiebermücken (M 3).	6
5 Fassen Sie die in Abbildung 3 gezeigten Ergebnisse zusammen und erläutern Sie diese im Hinblick auf die Reaktion der Gelbfiebermücken auf Katzenminze (M 2 und M 4).	8
6 Erklären Sie den adaptiven Wert des Verhaltens von verschiedenen Katzenarten in Gegenwart von Katzenminze (M 1 bis M 4).	6

2 Material

Material 1: Reaktion von Katzen auf Katzenminze

In Gegenwart von Katzenminze (*Nepeta cataria*) zeigen viele Hauskatzen (*Felis sylvestris catus*) ein charakteristisches Verhalten. Das Verhalten wird von dem Duftstoff Nepetalacton ausgelöst, der von der Katzenminze und anderen Pflanzen abgegeben wird. Sie reiben ihr Gesicht und ihren Kopf an den Pflanzen und rollen sich mit dem Körper über sie. Dieses Verhalten ist auch bei vielen weiteren Katzenarten zu beobachten, wie zum Beispiel beim Eurasischen Luchs (*Lynx rufus*), beim Löwen (*Panthera leo*) in Afrika, beim Amurleoparden (*Panthera pardus orientalis*) in Asien und beim Jaguar (*Panthera onca*) in Amerika.

Der Wirkmechanismus des Duftstoffs Nepetalacton wurde bei Hauskatzen genauer untersucht. Das daraus resultierende Modell ist in Abbildung 1 dargestellt. β -Endorphine zählen zu den körpereigenen Stoffen, die Euphorie und andere positive Empfindungen bewirken. Sie werden im Gehirn ausgeschüttet und binden dort an μ -Opioidrezeptoren in postsynaptischen Membranen.

(in Anlehnung an: Uenoyama et al., 2021).

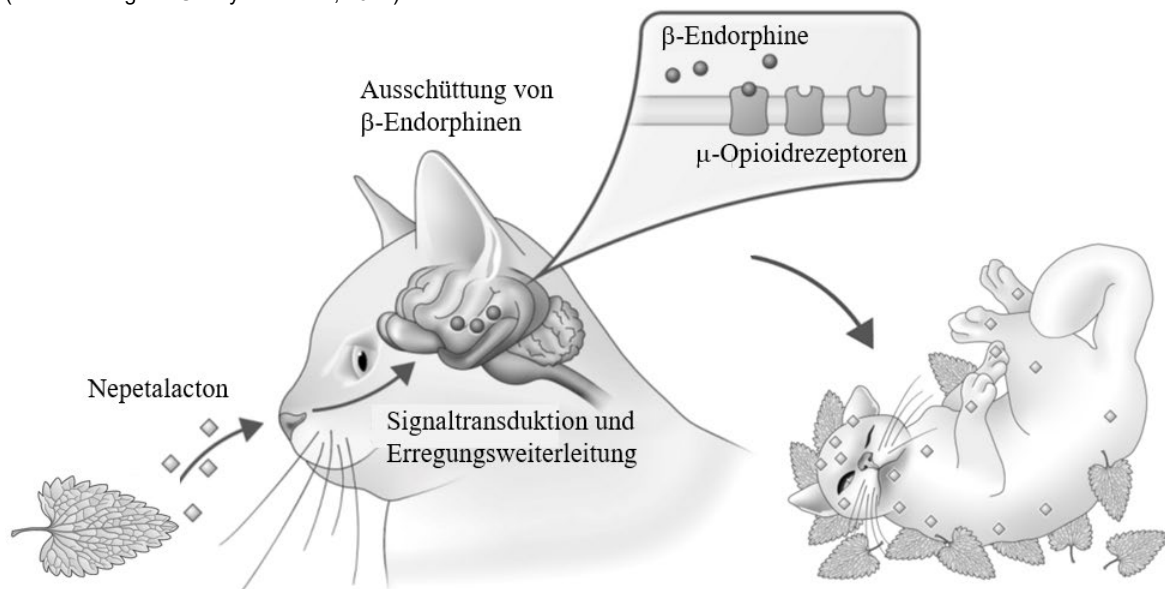


Abb. 1: Modell zum Wirkmechanismus von Nepetalacton bei Hauskatzen

(verändert nach: Uenoyama et al., 2021, Abb. 6, S. 7)

Material 2: Reaktion von Mücken auf Katzenminze

Die Wirkung von Katzenminze wurde auch bei weiteren Tierarten untersucht, unter anderem bei der Gelbfiebermücke (*Aedes aegypti*), die weltweit in den Tropen und Subtropen verbreitet ist. Die weiblichen Mücken ernähren sich durch Blutsaugen an lebenden Tieren und Menschen. Dabei können sie verschiedene Krankheitserreger übertragen. Sie nehmen die Anwesenheit ihrer Wirte mithilfe von Duftstoffen wahr, die zum Beispiel über den Schweiß abgegeben werden.

Zur Untersuchung der Wirkung von Katzenminze auf Gelbfiebermücken wurden folgende Versuche durchgeführt: Weibliche Mücken konnten zwischen zwei Glasgefäßen mit Blut wählen. Das 37 °C warme Blut war jeweils mit einer künstlichen Membran abgedeckt, über die eine 12 Stunden lang von Menschen getragene Socke gespannt wurde. Zwischen die Membran und die Socke wurde entweder 1 g Katzenminze oder kein zusätzlicher Stoff gegeben. Über

45 Minuten wurde alle fünf Minuten gezählt, wie viele Mücken auf der jeweiligen Socke gelandet waren. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Wahlverhalten von Gelbfiebermücken.

	Zeit in Minuten								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Anteil von Mücken auf mit Katzenminze behandelter Socke in Prozent	22	23	16	12	16	11	10	9	8
Anteil von Mücken auf Socke in Prozent	78	77	84	88	84	89	90	91	92

(in Anlehnung an: Melo et al., 2021)

Material 3: Neurophysiologische Experimente mit dem TRPA1-Ionenkanal

Mücken meiden Oberflächen, deren Temperaturen über denen ihrer bevorzugten Wirte liegen. In den Membranen primärer Sinneszellen von Insekten kommt der Kationenkanal TRPA1 (Transient receptor potential ankyrin 1) vor. In Experimenten wurde nachgewiesen, dass der TRPA1-Ionenkanal bei der Gelbfiebermücke eine Rolle bei der Wahrnehmung schmerzauslösender Reize spielt. In einem Experiment wurde die intrazelluläre Calciumionen-Konzentration bei unterschiedlichen Temperaturen in gentechnisch veränderten Zellen gemessen, die in ihren Zellmembranen den TRPA1-Ionenkanal der Gelbfiebermücke enthielten (Abb. 2A). Außerdem wurde ein Rezeptorpotenzial abgeleitet (Abb. 2B).

(in Anlehnung an: Li et al., 2019)

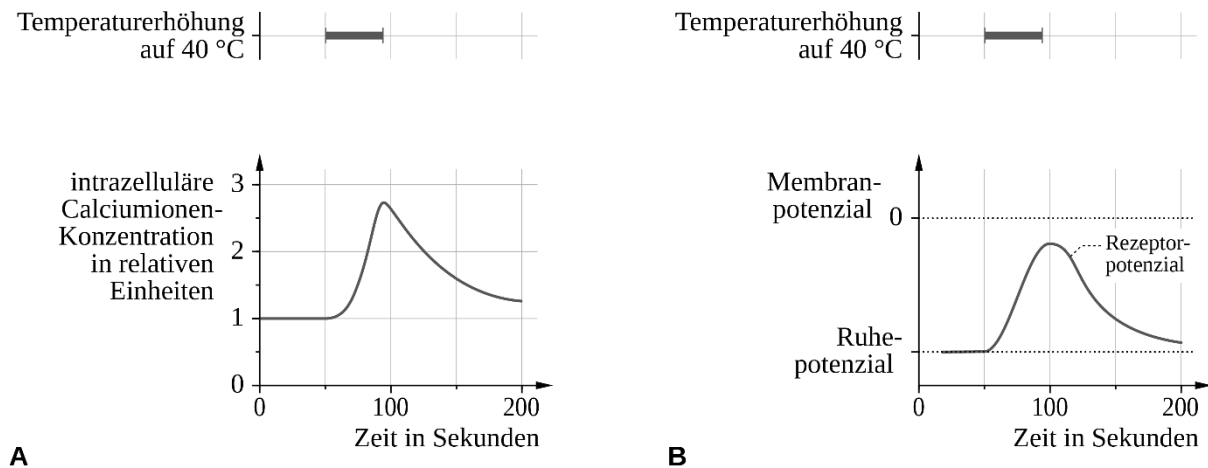


Abb. 2: Effekte einer Temperaturerhöhung auf 40 °C auf A: intrazelluläre Calciumionen-Konzentration und B: Rezeptorpotenzial einer primären Sinneszelle mit TRPA1-Ionenkanal. Die Dauer der Reizung ist jeweils durch Balken gekennzeichnet.

(verändert nach: Li et al., 2019, Abb. S3a, Supplement S. 11)

Material 4: Ionenfluss durch den TRPA1-Ionenkanal

In einem weiteren Experiment wurden erneut Zellen verwendet, die in ihren Zellmembranen den TRPA1-Ionenkanal der Gelbfiebermücke enthielten. Diese Zellen wurden mit unterschiedlichen Konzentrationen von Katzenminze-Extrakt oder als Kontrolle mit Temperaturerhöhung behandelt und der Kationenfluss durch TRPA1-Ionenkanäle gemessen (Abb. 3). Katzenminze-Extrakt enthält den Duftstoff Nepetalacton (vgl. M 1).

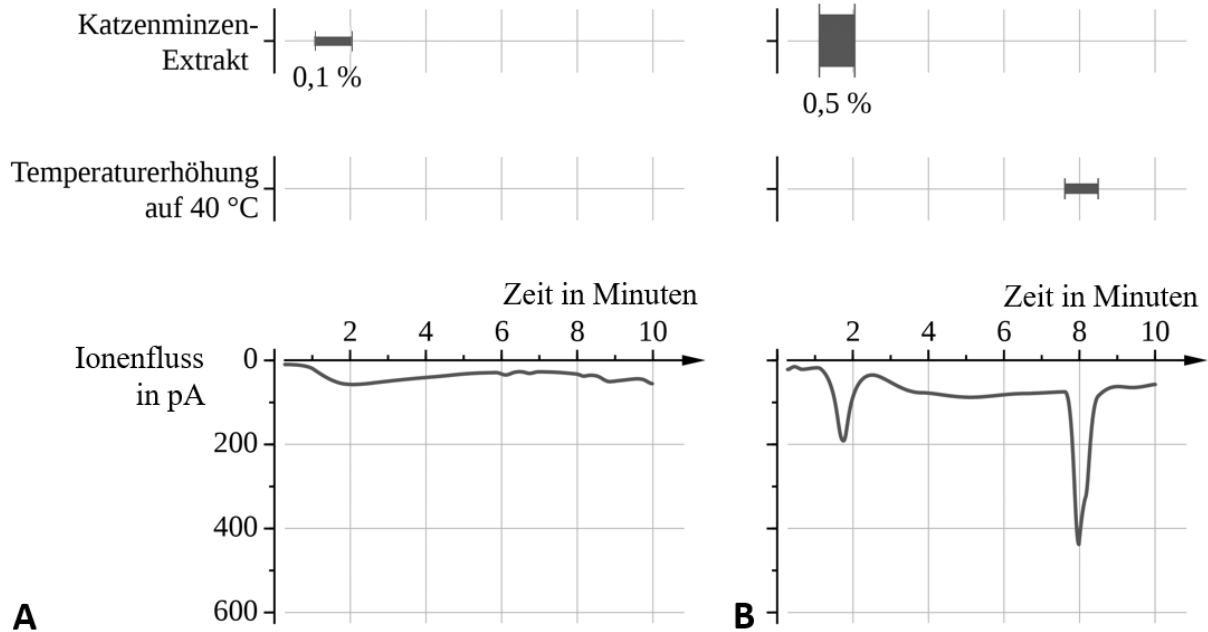


Abb. 3: Effekte verschiedener Konzentrationen von Katzenminze-Extrakt und von Temperaturerhöhung auf den Ionenfluss durch den TRPA1-Ionenkanal der Gelbfiebermücke. A Katzenminzen-Extrakt 0,1-prozentig, keine Temperaturerhöhung; B Katzenminze-Extrakt 0,5-prozentig, Temperaturerhöhung. Die Dauer der jeweiligen Reizung ist durch Balken gekennzeichnet.

(verändert nach: Melo et al., 2021, Abb. 2G, S. 1991)

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	<p>Beschreiben: Der Duftstoff Nepetalacton wird von Blättern der Katzenminze abgegeben. Entsprechend des dargestellten Modells können Hauskatzen diesen Duftstoff wahrnehmen. Nach Signaltransduktion an den Geruchszellen und Erregungsleitung zum Gehirn wird dort die Freisetzung von β-Endorphinen angeregt. β-Endorphine binden an Opioidrezeptoren an postsynaptischen Membranen und aktivieren neuronale Steuerungsprozesse, die positiven Empfindungen und so letztlich das Verhalten der Katzen auslösen.</p>	4		
2	<p>Begründen: Die beiden im Versuch verwendeten Gefäße enthielten Blut, weil sich die weiblichen Gelbfiebermücken von tierischem oder menschlichem Blut ernähren. Da die Mücken lebende Wirte anfliegen, wurde das Blut auf 37 °C erwärmt. Die Mücken finden ihre Wirte mithilfe von Duftstoffen. Um sie anzulocken, wurde daher die Membran im Versuch mit einer getragenen Socke überdeckt. Der Unterschied zwischen den beiden Ansätzen ist das Vorhandensein bzw. Fehlen von Katzenminze unter der Socke. Der Ansatz ohne Katzenminze diente dabei als Kontrolle. Die Anzahl der Landungen der Mücken auf den beiden Ansätzen ermöglicht Rückschlüsse auf die Wirkung der Katzenminze.</p> <p>Auswerten: Im Versuch befanden sich die weiblichen Gelbfiebermücken überwiegend auf den Socken, die nicht mit Katzenminze behandelt wurden. Die Mücken nahmen offenbar in der Katzenminze enthaltene Stoffe wahr. Diese Stoffe hatten eine abstoßende Wirkung auf die Mücken, sodass sie bevorzugt und mit der Zeit zunehmend auf der Kontroll-Socke landeten.</p>	1	6 3	
3	<p>Erklären: Durch den Temperaturreiz öffnen sich die TRPA1-Ionenkanäle in den Membranen der primären Sinneszellen. Calciumionen strömen in die Zelle, es kommt zu einer lokalen Depolarisation an der Zellmembran. Bei Abkühlung schließen die TRPA1-Ionenkanäle wieder. Die Calciumionen werden aus der Zelle heraustransportiert. Dadurch erreicht das Membranpotenzial allmählich den Wert des Ruhepotenzials.</p>		2	4
4	<p>Erläutern: Schmerzauslösende Reize erzeugen in primären Sinneszellen, die den TRPA1-Kanal besitzen, ein Rezeptorpotenzial. Je stärker ein schmerzauslösender Reiz ist, desto höher ist die Amplitude und desto länger ist die Dauer der Depolarisation. Bei stärkerer und längerer Depolarisation wird am Axonhügel das Schwellenwertpotenzial länger erreicht, sodass</p>	2	4	

	eine höhere Frequenz von Aktionspotenzialen ausgelöst wird. Starke schmerzauslösende Reize lösen daher eine hohe Aktionspotenzialfrequenz und in Folge eine stärkere Schmerzwahrnehmung aus.			
5	<p>Zusammenfassen: Eine geringe Konzentration von Katzenminzen-Extrakt (0,1 %) führt zu einem sehr geringen Ionenfluss. Bei höherer Konzentration (0,5 %) ist ein stärkerer Ionenfluss messbar, der allerdings schwächer ist als bei einer Temperatureinwirkung von 40 °C.</p> <p>Erläutern: Katzenminzen-Extrakt ist demnach ebenfalls in der Lage den TRPA1-Ionenkanal zu öffnen. Dies geschieht unabhängig von einer Temperatureinwirkung. Der Extrakt löst daher vermutlich ebenfalls eine Schmerzwahrnehmung aus. Die Aktivierung der TRPA1-Ionenkanäle durch Katzenminze-Extrakt führt daher genauso wie Hitzeeinwirkung zu einer Vermeidungsreaktion bei Gelbfiebermücken.</p>	4	4	
6	<p>Erklären: Von den Katzenminze-Blättern wird der Stoff Nepetalacton abgegeben. Wenn die Katzen Nepetalacton durch das Rollen auf der Katzenminze auf sich verteilt haben, werden sie vermutlich von den Mücken gemieden und seltener gestochen. Die Gelbfiebermücke kommt in den Tropen und Subtropen vor und kann in diesen Regionen vorkommende Katzenarten, wie etwa Löwen oder Leoparden, stechen und dabei Krankheiten übertragen. Tiere mit Infektionskrankheiten haben aufgrund geringerer Lebenserwartung eine geringere reproduktive Fitness. Durch das Rollen in Katzenminze oder ähnlichen Pflanzen wird eine Ansteckung durch Mückenstiche unwahrscheinlicher und die reproduktive Fitness steigt.</p>		2	4
	Summe²	11	21	8

² 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 Standardbezug³

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1, 6		9	
2	1, 4	1, 6, 9	5, 9	
3	1, 4		5, 9	
4	1, 4		5, 9	
5	1, 4, 6	1, 9	5, 14	
6	4, 7		7, 14	

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 Bewertungsraster⁴ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

³ 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.

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