



empfohlen für  
Klassen 8-10

Stefan Jarau

# DIE CLEVERNESS DER BIENEN

Wie Bienen lernen

Biologie, Chemie, naturwissenschaftlicher Fächerverbund

**Klett** MINT



Eine Initiative von Mellifera e. V.

  
*Aurelia*  
ES LEBE DIE BIENE

# LIEBE LEHRERINNEN UND LEHRER,

© Wolfgang Schmidt



Das Projekt „Bienen und Bildung“ erkundet die vielfältigen Bezüge zwischen Bienen und Bildung und denkt frei über Disziplinen hinweg: Autorinnen und Autoren aus der gesamten Bundesrepublik entwickeln **Unterrichtsentwürfe** und **Bildungsprojekte** in den

Natur- und Geisteswissenschaften, zusätzlich beschäftigt sich ein **Sachbuch** mit der Frage, was wir aus der alltäglichen Auseinandersetzung mit der Biene über den Kosmos und uns selbst lernen können – all das entsteht aus dem Dialog zwischen Naturwissenschaftlern, Philosophen, MINT- und Sprachlehrern, Waldorf-, Reform- und allgemeinbildenden Pädagogen. Die Akteure dieses Projekts gestatten es sich, Grenzen auszuloten, zu überschreiten und zu durchbrechen, große und kleine Fragen zu stellen – und sich dabei nicht vom festen Glauben abbringen zu lassen, dass die Beschäftigung mit der Biene lehrreich, inspirierend und heilsam zugleich sein kann.

Was ist das Besondere? Bei der unterrichtlichen Beschäftigung mit dem Thema Bienen finden Kinder und Jugendliche einen realen Bezug zur lebendigen Natur und einem rätselhaften Naturwesen, dessen spannende Geheimnisse sie nach und nach erobern können. Sie begreifen und berühren einen außerordentlich komplexen und sinnvollen Lebenszusammenhang, der sie herausfordert, verantwortungsvoll zu handeln und dazu ermutigt, immer wieder neue Fragen zu stellen, ohne endgültige Antworten zu erhalten. Und vielleicht geht es ja gar nicht „nur“ um die Bienen? Es scheint mir an der Zeit, unsere Welt viel stärker – auch im Sinne Alexander von Humboldts – als ein lebendiges Gebilde zu betrachten,

Zugunsten einer leichteren Lesbarkeit wird in diesem Heft nicht immer ausdrücklich auch die weibliche Form genannt. Selbstverständlich sind aber immer weibliche und männliche Personen gemeint. Wir bitten für dieses Vorgehen um Ihr Verständnis.

in dem alles mit allem zusammenhängt, in dem auch die Geschicke der Bienen und des Menschen aufs Engste miteinander verquickt sind.

Die Autorinnen und Autoren der Unterrichtsmaterialien entwickeln ihre Ideen auf dem Hintergrund imkerlicher und pädagogischer Praxis und werben für einen holistischen Ansatz im Verständnis der Natur.

## DOWNLOAD

Alle Unterrichtsmaterialien können Sie hier downloaden:  
[www.mint-zirkel.de/Inspiration-Biene](http://www.mint-zirkel.de/Inspiration-Biene)



Einen erfolgreichen Unterricht mit und ohne Bienen wünscht Ihnen herzlichst

Ihr

Thomas Radetzki  
Vorstand Aurelia Stiftung

## STRUKTUR DER LERNEINHEITEN



# DIE CLEVERNESS DER BIENEN

## Wie Bienen lernen

### Leitfragen:

- Wie optimieren Bienen ihren Erfolg bei der Nahrungssuche?
- Welche Lernleistungen können Bienen vollbringen?
- Welche Lernprozesse finden bei der operanten und der klassischen Konditionierung statt?



**Klassen:** 8–10

**Zeitbedarf:** 6 x 45 Minuten (plus optionaler Zusatzstunde)

**Fächer:** Biologie und Chemie, naturwissenschaftlicher Fächerverbund

### BEZUG ZUM LEHRPLAN

**Biologie:** Insekten, Blütenökologie, Koevolution, Verhaltensbiologie, Lernvermögen bei Tieren, klassische und operante Konditionierung

### BEZÜGE ZU WEITEREN FÄCHERN

**Chemie:** Molekulare Struktur und Eigenschaften von Duftstoffen aus verschiedenen Substanzklassen (zum Beispiel Ester, Terpene, Alkohole)

### KOMPETENZEN

- Die Schüler vertiefen ihre Kenntnisse in den Bereichen Ökologie und Evolution: Sie erkennen, dass die Strukturen und Verhaltensweisen von Pflanzen und Tieren als (wechselseitige) Anpassungen an deren jeweilige Lebensweise entstanden sind und können am Beispiel der Bestäubung das Konzept der Koevolution erklären.
- Die Lernenden erlangen Kenntnisse über die neuronalen Grundlagen von Lernprozessen bei Tieren.
- Die Schüler entwickeln methodische Kompetenzen im Bereich der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen: Sie erkennen die Notwendigkeit des genauen Beobachtens und Protokollierens sowie des Einhaltens eines exakten Versuchsprotokolls.

- Die Schüler vertiefen ihre Kompetenzen in der Teamarbeit sowie in der wissenschaftlichen Präsentation und Diskussion von Versuchsergebnissen.
- Die Lernenden können Wege der Erkenntnisgewinnung in der Biologie nachvollziehen.

### MATERIALLISTE



Für diese Unterrichtssequenz werden lebende Bienen benötigt.

- Etwa zehn lebende Bienen pro Gruppe (2–3 Schüler), Anleitung zum Sammeln siehe Arbeitsblatt 2a
- Zehn Eppendorfgefäße (1,5 Milliliter Fassungsvermögen) pro Team, Tapetenmesser zum Abschneiden der Spitzen, festes Klebeband, Watte oder Zellstoff
- Pro Gruppe eine Spritze (20 Milliliter Volumen) und ein kleines Stück Filterpapier, Duftöl (zum Beispiel Lavendelöl, Orangenöl) oder Reinsubstanz (zum Beispiel Geraniol, Linalool, Phenylacetat)
- Zuckerwasserlösung (Zucker : Wasser = 1 : 1)
- Zahnstocher



Weitere Informationen finden Sie im Begleitbuch „Inspiration Biene“

## ◊ ZUR SACHE

# AUCH BIENEN LERNEN DURCH ERFOLG

Das Verhalten von Tieren ist an deren jeweilige Lebensräume und Lebensansprüche angepasst. Da die Bedingungen in der Umwelt jedoch variieren oder sich rasch ändern können, ist eine gewisse Verhaltensflexibilität von großem Vorteil. Hierbei spielt die Lernfähigkeit von Tieren eine bedeutende Rolle. Lernen, das heißt Wissenserwerb aufgrund selbst gemachter Erfahrungen, erlaubt es ihnen, ihr Verhalten auf sinnvolle Art und Weise an die vorherrschenden Umweltbedingungen aktiv anzupassen. Der Überlebenserfolg wird dadurch erhöht.

## Warum Bienen lernen – Blütenkonstanz

Die Sicherstellung der Ernährung eines gesamten Bienenvolks obliegt nur einem Teil der adulten Arbeiterinnen, den so genannten Sammelbienen. Sie müssen so viel zuckerhaltigen Nektar und eiweißreichen Pollen ins Nest bringen, dass damit die Königin, die Stockbienen und die Larven versorgt werden können. Auch der Vorrat für den Winter muss rechtzeitig angelegt werden. Honigbienen haben im Lauf der Evolution daher eine Reihe von Fähigkeiten entwickelt, um Futter möglichst effizient, das heißt unter möglichst geringem Zeit- und Energieverbrauch, zu sammeln.

Die Grundherausforderung für die Bienen basiert dabei auf der Tatsache, dass sich die Blüten verschiedener Pflanzenarten nicht nur in Form, Farbe und Duft stark unterscheiden können, sondern auch in der Menge und im Zuckergehalt des abgegebenen Nektars. Löwenzahnblüten etwa produzieren in 24 Stunden über sieben Milligramm Nektar; mit einem Zuckergehalt von 3,7 Mil-

ligramm. Die Blüten des Steinklees geben in der gleichen Zeit nur 0,1 Milligramm Nektar und 0,04 Milligramm Zucker ab. Zudem ist der Nektar in manchen Blüten leicht zugänglich, wohingegen er bei anderen nur durch aufwändige Manipulationen der einzelner Blütenstrukturen gesammelt werden kann.

Eine Honigbiene muss daher zunächst folgende Lernleistung erbringen: Sie muss aus dem vorhandenen Angebot verschiedener Blütenarten die lohnendste herausfinden. Aufgrund dieses Erfahrungsprozesses wird sie dann über einen längeren Zeitraum ausschließlich an Blüten dieser einen Pflanzenart sammeln; die anderen Blütenarten ignoriert sie. Diese Verhaltensweise der Bienen, die man auf einer Blumenwiese leicht beobachten kann, wird als Blütenstetigkeit beziehungsweise Blütenkonstanz bezeichnet.



Blütenvielfalt auf einer artenreichen Blumenwiese

## Was Bienen lernen – Düfte, Formen und Farben von Blüten

Das Lernvermögen von Honigbienen ist – insbesondere im Hinblick auf ihre Sinnesleistungen beim Blütenbesuch – gut erforscht. Hierbei spielen der Geruchssinn und der Sehsinn eine herausragende Rolle.

Wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass Bienen sehr schnell lernen, einen bestimmten Duft mit einer Belohnung zu assoziieren. Im Experiment wird Zuckerwasser als Belohnung angeboten, in einer Blüte ist es dann analog der Nektar. Nach nur zwei oder drei positiven Erfahrungen – im Sinne von „Duft wird kombiniert mit Belohnung“ – entscheiden sich Bienen in Folge für den gelernten Duft und wählen diesen fehlerfrei aus dem Duftangebot heraus. Auch verschiedene Formen und Farben, ebenfalls wichtige Unterscheidungsmerkmale von Blüten, werden von den Bienen nach nur wenigen positiven Erfahrungen gelernt und die entsprechenden Blüten gezielt angefliegen.

### SCHON GEWUSST?

Die Fähigkeit von Bienen, bestimmte chemische Stoffe mit einer Belohnung oder Bestrafung zu assoziieren, wird auch genutzt, um zum Beispiel Landminen, Sprengstoffe oder Drogen aufzuspüren! Entsprechend trainierte Bienen reagieren dabei erstaunlicherweise auf geringste Mengen der gesuchten Substanz.

Neben Blütenmerkmalen, die optisch oder riechend erkannt werden, lernen Honigbienen auch, an welchen Orten sie ihre Nahrungspflanzen finden können und zu welchen Tageszeiten diese den meisten Nektar produzieren. Erfahrene Bienen sparen Zeit und Energie, indem sie gezielt und zur richtigen Zeit an die ihnen bekannten Bestände der Futterpflanzen fliegen.

Das Lernvermögen von Honigbienen geht sogar so weit, dass sie abstrakte Merkmale, also Unterschiede, die zunächst keinen offensichtlichen biologischen Nutzen für sie haben, lernen können. In Experimenten konnte sogar gezeigt werden, dass Honigbienen dazu fähig sind, verschiedene Muster, die nicht an Blüten erinnern – und sogar abstrakte Konzepte wie „mehr oder weniger“, „gleich oder verschieden“, „oben oder unten“, „rechts oder links“ –, mit einer Futterbelohnung zu assoziieren.

#### LITERATURTIPPS



Darwin, C. (1859). *Die Entstehung der Arten*. Hamburg: Nikol Verlag.

Droege, G. (1984). *Das Imkerbuch*. Hannover: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.

Menzel, R. (1984). *Das Experiment: Lernversuche mit Bienen im Klassenzimmer*. *Biologie in unserer Zeit*, 1984 (2), 53–55.

Menzel, R. (1989). *Lernen und Gedächtnis. Studien an Wirbellosen*. *Praxis der Naturwissenschaften – Biologie*, 1989 (6), 7–13.

Menzel, R. & Echoldt, M. (2016). *Die Intelligenz der Bienen: Wie sie denken, planen, fühlen und was wir daraus lernen können*. München: Knaus.

Sprengel, C. K. (1793). *Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen*. Bremen: Europäischer Hochschulverlag.

Tautz, J. (2007). *Phänomen Honigbiene*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

## Wie Bienen lernen – die Feinstruktur ihres Gehirns

Das Gehirn einer Honigbiene ist in etwa einen Kubikmillimeter groß und beinhaltet „nur“ knapp eine Million Nervenzellen. Trotz der Winzigkeit ihrer Gehirne können die Bienen – aufgrund der komplexen Feinstrukturen der Hirnbereiche und der Vernetzungen zwischen den Nervenzellen – Erstaunliches leisten. Die für das Lernen besonders wichtigen Areale, die so genannten Pilzkörper, nehmen einen relativ großen Anteil im Bienenhirn ein – in ihnen befinden sich in etwa ein Drittel der Nervenzellen. In den Pilzkörpern werden

die Informationen, die von den verschiedenen Sinnesorganen aus der Umwelt aufgenommen werden, miteinander verknüpft. Aufgrund der vielfältigen Erfahrungen, die eine Biene im Verlauf ihres Lebens macht, verändert sich die Feinstruktur der Pilzkörper und ihr Volumen nimmt zu. Die Lerneffekte werden sozusagen im Gehirn sichtbar.

Das Gehirn der Honigbienen ist in der Lage, verschiedene Lernprozesse mit unterschiedlicher Komplexität durchzuführen. Werden die Bienen zum Beispiel wiederholt einem Reiz ausgesetzt, der keine Konsequenzen nach sich zieht, bleibt eine Reaktion auf diesen Reiz schließlich aus. Man spricht hierbei von Gewöhnung oder **Habituation**. Eine **Sensibilisierung**, ausgelöst durch starke Reizung, hingegen führt zu einer Erhöhung der allgemeinen Reaktionsbereitschaft auf Reize. Bei solchen einfachen Lernvorgängen werden keine neuen Reaktionen durch einen bestimmten Reiz ausgelöst. Hierbei wird lediglich die Bereitschaft des Tieres verändert, auf einen Reiz mit der angeborenen Reaktion zu antworten.

Im Gegensatz dazu wird beim **assoziativen Lernen** die Reaktion auf einen bestimmten Reiz auf einen anderen Reiz übertragen; es werden neue Reiz-Reaktionsbeziehungen hergestellt. Der ursprünglich reaktionsauslösende Reiz ist in diesem Fall ein Schlüsselreiz, da die Reaktion auf ihn angeboren ist und nicht erst erlernt werden muss.

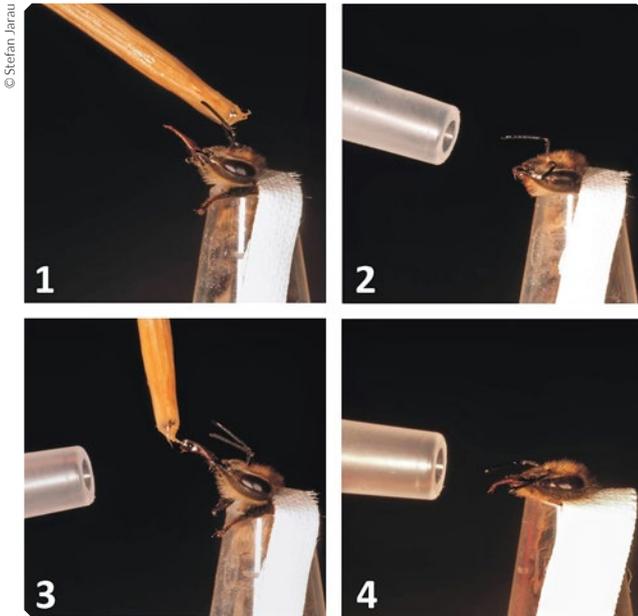
Assoziatives Lernen findet zum Beispiel bei der **klassischen Konditionierung** von Honigbienen auf bestimmte Duftstoffe statt. Die Verhaltensreaktion der Bienen ist dabei der Rüsselstreckreflex, der automatisch ausgelöst wird, wenn die Antennen der Tiere mit Zuckerwasser berührt werden. Das Zuckerwasser fungiert hierbei als Schlüsselreiz und wird unconditionierter Stimulus (US) genannt. Der Rüsselstreckreflex ist die unconditionierte Reaktion (UR). Wird eine Biene unmittelbar vor dem Auslösen des Reflexes durch den US mit einem Duft gereizt und daraufhin mit Zuckerwasser belohnt, dann

#### VIDEOTIPP



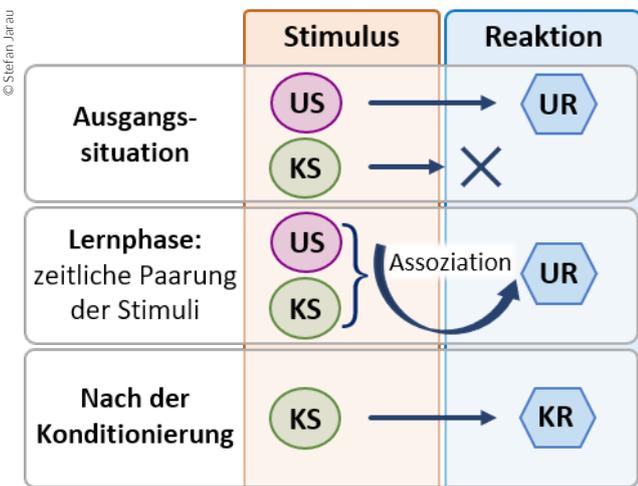
Brückner, D. (1993). *Das Rüsselreflexverhalten der Honigbiene – Die Konditionierung von Gerüchen und ihre Verarbeitung im Gehirn*. Lehrfilm des Instituts für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen (auch zum Download) <https://av.tib.eu/media/18218>

assoziiert sie den Duft mit dem Zuckerwasser (US). Die Bedeutung des US kann so auf den Duft übertragen werden. Der Duftstimulus selbst, der vor der Assoziation mit dem US keine Reaktion hervorgerufen hat, wird dadurch zum konditionierten Stimulus (KS) und löst den Rüsselstreckreflex als konditionierte Reaktion (KR) aus.



Duftexperiment bei der Honigbiene als Beispiel der klassischen Konditionierung. (1) Zuckerwasser als unconditionierter Stimulus (US) löst den Rüsselstreckreflex als unconditionierte Reaktion (UR) aus; (2) ein Duftreiz als zu konditionierender Stimulus (KS) ruft bei der Biene zunächst keine Reaktion hervor; (3) durch zeitliche Paarung des KS mit dem US wird die Zuckerwasserbelohnung mit dem Duftreiz assoziiert; (4) nach erfolgter Konditionierung löst der Duft alleine den Rüsselstreckreflex als konditionierte Reaktion (KR) aus

Die folgende Grafik fasst die Zusammenhänge zwischen den Reizen (Stimuli) und Reaktionen bei der klassischen Konditionierung zusammen.



Schema der Vorgänge bei der klassischen Konditionierung. Die Abkürzungen sowie der Ablauf des Lernvorgangs werden im Text erläutert.

Von klassischer Konditionierung spricht man, wenn dem Lernvorgang keine aktive Bewegung des Tieres zugrunde liegt. Die Biene wird im Experiment in einer Haltevorrichtung temporär festgehalten und dem unconditionierten Stimulus sowie dem zu konditionierenden Stimulus passiv ausgesetzt. Im Gegensatz dazu bewerten die Tiere bei der **operanten Konditionierung** die Folgen ihres eigenen, aktiven Verhaltens als positiv oder negativ. Verhaltensweisen mit positivem Effekt werden in Folge vermehrt gezeigt, wohingegen ein Verhalten mit negativen Folgen aktiv vermieden wird. Der Anpassung im Verhalten des Tieres geht also ein Lernen durch Versuch und Irrtum voraus. Frei fliegende Honigbienen lernen zum Beispiel sehr schnell zwei Futterquellen zu differenzieren, die sich in ihrer Farbe sowie im Futterangebot unterscheiden. Sie fliegen dann gezielt zu der Farbe, an der es das bessere Futter gibt.

### Exkurs: Christian Konrad Sprengel und die Blütenökologie

Der Gymnasiallehrer und Botaniker Christian Konrad Sprengel erkannte bereits im 18. Jahrhundert, dass die leuchtend gefärbten Blütenblätter sowie der Duft der Blüten als Anlockungsmittel für Insekten – und somit der Blütenbestäubung – dienen. Sein 1793 publiziertes Werk mit dem Titel „*Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen*“ gilt noch heute als grundlegend für die Blütenökologie.

Sprengels Zeitgenossen jedoch konnten sich eine derart ausgeklügelte Partnerschaft zwischen Pflanzen und Insekten, die damals schlichtweg als „dumm“ galten, nicht vorstellen. Erst Charles Darwin würdigte Sprengels geniale Beobachtungen und Schlussfolgerungen 1859 in seinem Buch „*Die Entstehung der Arten*“ („*On the Origin of Species*“). Die gegenseitigen Anpassungen von Blüten und Bestäubern sind ein Paradebeispiel für die Koevolution zwischen verschiedenen Lebewesen.

◊ ZUM UNTERRICHT – DER VERLAUF IM ÜBERBLICK

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p><b>1. Stunde</b><br/>Einführung/<br/>Problemstellung<br/>im Plenum<br/>35 Minuten</p> <p>Plenum<br/>10 Minuten</p>  | <p>Klassengespräch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Warum sind Blumen bunt? Warum duften sie?</li> <li>● Worin könnten sich die Blüten verschiedener Pflanzenarten noch unterscheiden?</li> <li>● Was bedeuten diese Unterschiede für Insekten, die in den Blüten Nahrung sammeln?</li> <li>● Welche Strategien zur Problemlösung könnten sich im Lauf der Evolution bei den Insekten entwickelt haben?</li> </ul> <p>Unterrichtsgespräch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Ausblick auf das weitere Programm</li> <li>● Besprechung zum Umgang mit den Bienen im Experiment</li> </ul>                         | <p>Brainstorming, Sammeln von Hypothesen und Vermutungen</p> <p>▶ <b>Folie 1 und 2</b> veranschaulichen die Unterschiede in Farbe und Gestalt von Blüten, in der Nektar-/Zuckersekretion sowie in der Erreichbarkeit des Nektars</p>  |
| <p><b>2. bis 3. Stunde</b><br/>Gruppen- und Einzelarbeit<br/>70 Minuten</p> <p>Plenum<br/>20 Minuten</p>   | <p>Außerschulischer Lernort „Blumenwiese“</p> <p>Hinweg (10 Minuten)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Beobachtung des Sammelverhaltens von Honigbienen auf einer geeigneten Blumenwiese, auf der verschiedene Pflanzenarten blühen (30 Minuten)</li> </ul> <p>Rückweg (10 Minuten)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Recherche/Bestimmung der Pflanzenarten und Auswertung der Beobachtungsdaten (20 Minuten)</li> </ul> <p>Plenum</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Präsentation und Diskussion der Beobachtungsergebnisse (20 Minuten)</li> </ul>  | <p>▶ <b>AB 1a</b> Beobachtungsauftrag</p> <p>▶ <b>AB 1b</b> Beobachtungsprotokoll</p> <p>▶ <b>AB 1b</b> Bestimmungsbücher, Internet, App zur Pflanzenbestimmung auf dem Smartphone</p> <p>▶ <b>AB 1b</b> Auswertung und Interpretation</p>  |
| <p><b>4. bis 6. Stunde</b><br/>Gruppenarbeit<br/>20 Minuten</p> <p>Unterrichtsgespräch<br/>25 Minuten</p> <p>Gruppenarbeit<br/>60 Minuten</p> <p>Plenum<br/>30 Minuten</p> | <p>Experimente zur klassischen Konditionierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Experiment mit lebenden Bienen vorbereiten (Versuchsapparatur)</li> <li>● Sachliche Klärung der Vorgänge bei der klassischen Konditionierung</li> <li>● Durchführung des Versuchs, Protokollieren der Ergebnisse, Anfertigung und Interpretation der Lernkurve, Reflexion in der Gruppe</li> </ul> <p>Plenum</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Präsentationen der Gruppenergebnisse, Diskussion der Ergebnisse und gegebenenfalls auch der möglichen Gründe für unterschiedliche Ergebnisse in den einzelnen Gruppen</li> </ul> | <p>▶ <b>AB 2a</b> beschreibt die Versuchsdurchführung, diese sollte zunächst gemeinsam besprochen werden, Arbeit dann in Gruppen von 2–3 Schülern</p> <p>▶ <b>AB 2b</b> enthält eine Tabelle zum Protokollieren der Versuchsergebnisse</p> <p>▶ <b>AB 2c</b> dient der Auswertung und Interpretation der Versuchsergebnisse</p> |
| <p><b>Optionaler Zusatz</b><br/>Weitere Unterrichtsstunde oder Hausaufgabe</p>   | <p>Weiterführung oder Hausaufgabe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Welche weiteren Experimente zur klassischen Konditionierung von Honigbienen könnten durchgeführt werden? Was können Honigbienen noch lernen?</li> <li>● Wie könnte ein Experiment zur operanten Konditionierung der Honigbienen durchgeführt werden?</li> </ul>   | <p>▶ <b>AB 3</b> enthält Anregungen für eine weiterführende Beschäftigung mit der Konditionierung von Honigbienen und deren wissenschaftlicher Untersuchung</p>   |

## ERLÄUTERUNGEN DES UNTERRICHTSVERLAUFS

Hinweis zur Differenzierung: Die auf den folgenden Arbeitsblättern gestellten Aufgaben können einzeln oder in Kombination bearbeitet werden. Sie eignen sich für einen differenzierten Unterricht. Die Unterrichtseinheit kann auch als Praktikum an ein oder zwei Vormittagen durchgeführt werden – dabei soll selbstständiges, entdeckendes Lernen gefördert werden.

Am Anfang der Unterrichtseinheit wird die Frage aufgeworfen, warum es so viele Blüten gibt, die sich in ihrer Form, Farbe und im Duft unterscheiden. ▶ **Folie 1** zeigt eine artenreiche Blumenwiese sowie Detailansichten verschiedener Blütenarten. Auf ▶ **Folie 2** ist ersichtlich, dass sich verschiedene Blütenarten auch hinsichtlich der Qualität und Quantität des angebotenen Nektars beziehungsweise Zuckers stark unterscheiden. In einer Klassendiskussion wird herausgearbeitet, vor welchen Herausforderungen eine Honigbiene auf ihrem Sammelflug in einer Blumenwiese steht und wie sie ihre Sammeltätigkeit möglichst effizient ausführen kann. Im Anschluss daran wird eine Blumenwiese im Freien aufgesucht, auf der sich das blütenstete Sammelverhalten von Honigbienen sehr gut beobachten lässt (▶ **Arbeitsblätter 1a, 1b**). Die Gestaltung dieser Unterrichtssequenz wird stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängen. Tipp: Vielleicht lassen Sie sich von dieser Unterrichtseinheit zur Anlage einer artenreichen Blumenwiese (mit regionaltypischen Pflanzen) auf dem Schulgelände inspirieren?

Die Schüler sollen ihre Verhaltensbeobachtungen und Vermutungen, wie Honigbienen möglichst effizient Futter sammeln können, im Klassenverband diskutieren.

Die ▶ **Arbeitsblätter 2a bis 2c** beschreiben die Vorgehensweise für die Untersuchung der klassischen Konditionierung auf Duftstoffe bei der Honigbiene. Für die Beschaffung der Bienen muss gegebenenfalls Kontakt mit einem Imker aufgenommen werden. Die Schüler können im Experiment die Vorgänge, die der besprochenen Lernform bei Bienen zugrunde liegen, handelnd nachvollziehen. Durch das exakte Arbeiten, das Protokollieren der Ergebnisse in einer Tabelle, das Erstellen eines Diagramms (Lernkurve) und das Bewerten der Ergebnisse erlangen sie wesentliche Kenntnisse über die wissenschaftliche Methodik bei der Erforschung einer biologischen Fragestellung. Die Schüler sollen ihre Gruppenergebnisse im Plenum vorstellen und Unter-

schiede zwischen den Gruppen diskutieren. Hierbei sollen die Regeln einer wissenschaftlichen Diskussion eingehalten werden: Vom Anhören von Argumenten und Gegenargumenten über den Gebrauch einer fachlich korrekten Sprache bis hin zu einer sachlichen Argumentation.

Das ▶ **Arbeitsblatt 3** ist für den optionalen Einsatz gedacht. Es beinhaltet Fragen, die das Thema Lernen durch Konditionierung bei Honigbienen weiter vertiefen. Es eignet sich für den differenzierten Einsatz für besonders leistungsstarke Schüler oder zur weiteren Vertiefung des Themas in der gesamten Klasse. Ziel des Arbeitsblattes ist es, dass sich die Schüler selbstständig mit der Frage befassen, welche weiteren Lernversuche mit Honigbienen gemacht werden können beziehungsweise welche wissenschaftlichen Fragestellungen dadurch beantwortet werden können. Dazu kann ihnen Literatur zur Verfügung gestellt werden (zum Beispiel Menzel, 1984, 1989; siehe Literaturtipps). Die Arbeit kann auch in Kleingruppen durchgeführt werden. Des Weiteren können die Schüler dazu angeregt werden, die im Arbeitsblatt 2 gelernten und praktizierten Methoden in ein neues Versuchsprotokoll zu übertragen. Die zweite Frage auf dem Arbeitsblatt 3 ermöglicht es den Schülern eigenständig, ein Experiment zu planen und – sofern zusätzliche Zeit dafür zur Verfügung gestellt werden kann – dieses durchzuführen, auszuwerten und zu diskutieren.



© Stefan Jarauf

Experiment zur Untersuchung der klassischen Konditionierung bei Honigbienen

Folie 1

# VIELFALT AUF DER BLUMENWIESE

Farbe, Form und Duft von Blüten



Auf einer artenreichen Blumenwiese finden wir viele verschiedene Pflanzenarten, deren Blüten sich in Farbe, Form und Duft stark voneinander unterscheiden können. Tipp: Bei einem Spaziergang kannst du die Vielfalt mit deinem Smartphone festhalten.



© Stefan Jarau

Blumenwiese mit zahlreichen verschiedenen Pflanzenarten



© Stefan Jarau

Saat-Luzerne



© Stefan Jarau

Wegwarte



© Stefan Jarau

Margerite



## Folie 2

# BLÜTENNEKTAR IST NICHT GLEICH BLÜTENNEKTAR

## Artspezifische Unterschiede in Nektarmenge und Zuckergehalt

Die Blüten der verschiedenen Pflanzenarten produzieren zuckerhaltigen Nektar, um ihre Bestäuber anzulocken. Die abgegebene Nektarmenge sowie der Zuckergehalt im Nektar (und somit die abgegebene Zuckermenge pro Blüte) können sich zwischen verschiedenen Arten stark unterscheiden.

| Pflanzenart        | Nektarmenge<br>(Milligramm/Blüte/24 h) | Zuckergehalt<br>(Prozent im Nektar) | Zuckermenge<br>(Milligramm/Blüte/24 h) |
|--------------------|--|-------------------------------------|--|
| Ackersenf          | 0,30                                   | 73                                  | 0,2                                    |
| Borretsch          | 8,10                                   | 52                                  | 4,2                                    |
| Espарsette         | 0,90                                   | 45                                  | 0,4                                    |
| Gemeiner Löwenzahn | 7,40                                   | 51                                  | 3,7                                    |
| Hornklee           | 0,20                                   | 40                                  | 0,08                                   |
| Natternkopf        | 8,80                                   | 43                                  | 3,7                                    |
| Ochsenszunge       | 4,40                                   | 58                                  | 2,6                                    |
| Phazelle           | 0,85                                   | 43                                  | 0,4                                    |
| Raps               | 2,70                                   | 59                                  | 1,6                                    |
| Rotklee            | 0,90                                   | 57                                  | 0,5                                    |
| Steinklee          | 0,10                                   | 35                                  | 0,04                                   |
| Weißklee           | 0,40                                   | 52                                  | 0,2                                    |

Angaben nach Gisela Droege, *Das Imkerbuch* (VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1984)

**Der Nektar kann für Bienen leicht erreichbar oder tief in der Blüte verborgen sein.**

Auch der Aufwand, den eine Biene betreiben muss, um den Nektar einer Blüte aufnehmen zu können, unterscheidet sich stark zwischen den Blüten der verschiedenen Pflanzenarten.



© Stefan Jarau

Das Sammeln von Nektar auf Kleeblüten (links) ist zeit- und energieaufwändiger als auf der Wegwarte (rechts), da die Biene dabei ihren Kopf tief in jede Einzelblüte stecken muss.



## Arbeitsblatt 1a – Beobachtungsauftrag

# DAS SAMMELVERHALTEN VON HONIGBIENEN

## Die Blütenstetigkeit der Honigbienen

### Wie viele und welche Blütenarten besucht eine Honigbiene auf einem Sammelflug?

Eine artenreiche Blumenwiese bietet eine Vielzahl an verschiedenen Blüten, die sich in Farbe und Form, aber auch bezüglich des Zuckergehalts und der Menge des angebotenen Nektars, unterscheiden. Die Blumenwiese gleicht somit einem Markt, auf dem eine Honigbiene „das beste Angebot“ aussuchen muss, um möglichst effizient Futter sammeln und in ihr Nest transportieren zu können.

Hat eine Biene durch Ausprobieren verschiedener Blütenarten die für sie beste herausgefunden, sammelt sie bevorzugt Nektar oder Pollen an Blüten dieser Art; während sie die Blüten anderer Pflanzenarten außer Acht lässt. Da sie von nun an gezielt von Blüte zu Blüte der gleichen Pflanzenart fliegt, wird ihr Sammelverhalten als Blütenstetigkeit beziehungsweise Blütenkonstanz bezeichnet.

Beobachte Honigbienen während ihres Sammelfluges. Zur Bestimmung der Pflanzenarten, auf deren Blüten die Bienen Nahrung sammeln, kannst du Bestimmungsbücher oder eine App zur Pflanzenbestimmung auf deinem Smartphone benutzen (z. B. die App „PlantNet“). Fertige dazu gegebenenfalls Fotos der Blüten an.



© Stefan Jarcu

Honigbiene auf einer Blüte des Wiesen-Storchnabels



Arbeitsblatt 1b – Protokollblatt und Auswertung

# DAS SAMMELVERHALTEN VON HONIGBIENEN

## Die Blütenstetigkeit der Honigbienen

**1. Beobachte das Sammelverhalten von Honigbienen auf einer Blumenwiese, auf der verschiedene Pflanzenarten wachsen.**

Beobachte insgesamt fünf Individuen der Honigbiene auf ihren Sammelflügen und notiere in der nachfolgenden Tabelle, zu welcher Pflanzenart sechs nacheinander besuchte Blüten gehören (beginne mit der Blüte, auf der du die Biene zuerst siehst).

| Biene<br>Nr. | Reihenfolge der besuchten Blüten und die jeweils zugehörige Pflanzenart |   |   |   |   |   |
|--------------|---|---|---|---|---|---|
|              | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1            |   |   |   |   |   |   |
| 2            |   |   |   |   |   |   |
| 3            |   |   |   |   |   |   |
| 4            |   |   |   |   |   |   |
| 5            |   |   |   |   |   |   |

**2. Beschreibe deine Beobachtung in eigenen Worten. Wie viele verschiedene Blütenarten hat eine einzelne Honigbiene aufgesucht, um Futter zu sammeln? Zeigen die Bienen beim Nektarsammeln blütenstetes Verhalten?**

.....

.....

.....

.....

.....

**3. Begründe, warum ein blütenstetes Verhalten während eines Sammelfluges für die Bienen vorteilhaft ist.**

.....

.....

.....

.....



## Arbeitsblatt 2a – Versuchsdurchführung

# KLASSISCHE KONDITIONIERUNG VON HONIGBIENEN

## Können Honigbienen einen bestimmten Duft mit einer Belohnung (Futter) assoziieren?

Bienen lernen durch Versuch und Irrtum, welche Blütenart besonders guten oder besonders viel Nektar produziert. Dabei assoziieren sie die Farbe und den Duft einer Blütenart mit dem angebotenen Nektar und suchen auf ihrem Sammelflug gezielt die lohnendsten Blüten auf.

Im Experiment sollen Honigbienen auf Duftreize konditioniert werden. Dadurch kann gezeigt werden, dass Bienen lernen können, einen Duft, der zunächst keine Bedeutung für sie hat, mit einer Futterbelohnung zu assoziieren. Nach erfolgter Konditionierung reagieren die Bienen auf diesen Duft in der Erwartung auf eine Futtergabe.

### 1. Vorbereitung der Honigbienen

#### 1.1 Bienen einsammeln

Zunächst werden Honigbienen am Eingang eines Bienenvolkes abgefangen. Dazu wird ein Marmeladenglas, dessen Boden mit etwas Zellstoff ausgestopft wurde, mit der Öffnung so vor den Eingang gehalten, dass die ausfliegenden Bienen darin landen. Befinden sich etwa zehn Bienen im Glas, wird es mit einem durchlöcherten Deckel verschlossen. Auf diese Art und Weise können mehrere Gläser mit Bienen gesammelt und anschließend im Dunklen (zum Beispiel in einem Karton gelagert) in das Schulgebäude gebracht werden.

#### 1.2 Kühlung

Anschließend werden die Bienen im Kühlschrank gekühlt bis sie regungslos im Glas sitzen. Für die Konditionierung auf einen Duftstoff müssen die Bienen nun in Halterungen fixiert werden. Die Halterungen bestehen aus Eppendorfgefäßen (Fassungsvermögen 1,5 Milliliter), von denen zunächst der Deckel mit einem scharfen Messer abgetrennt wird. Damit der Kopf einer Biene an der Spitze des Eppendorfgefäßes herausblicken kann, muss diese Spitze des Gefäßes ebenfalls abgeschnitten werden. Der Durchmesser der Öffnung sollte etwa vier Millimeter betragen.

#### 1.2 Festmachung

Zum Festmachen einer Biene in der Halterung wird diese mit dem Kopf nach vorne in die große Öffnung des Eppendorfgefäßes geschoben, bis der Kopf an der kleinen Öffnung herausragt. Die gekühlten, regungslosen Bienen können dabei problemlos mit den Fingern an den Flügeln gehalten werden. Gegebenenfalls kann eine Biene vorsichtig mit einem stumpfen Zahnstocher im Röhrchen nach oben geschoben werden. Ein Watte- oder Zellstoffkügelchen wird unter die Biene geschoben, so dass diese im Eppendorfgefäß nicht mehr zurück rutschen kann. Ein schmaler Streifen Klebeband wird abschließend so platziert, dass er hinter dem Kopf der Biene (im „Nacken“) verläuft und an den Seiten der Halterung festgeklebt wird. Hinweis: Der vorsichtige Umgang mit den Lebewesen sollte unbedingt vorab besprochen werden.

Bei der Platzierung der Bienen ist darauf zu achten, dass der Rüssel außen am Eppendorfgefäß zu liegen kommt (gegebenenfalls mit einer Nadel oder einem spitzen Zahnstocher von der Seite her vorsichtig herausklappen). Die fixierten Bienen werden in einer Reihe in einem Abstand von etwa 15 Zentimetern aufgestellt und sollten mindestens 30 Minuten in Ruhe stehen gelassen werden, bevor der Versuch beginnen kann. Um ein Umfallen der Halterungen zu verhindern, können diese mit ein wenig Knetmasse auf dem Tisch festgemacht werden.



Biene in einer Halterung

## 2. Versuchsdurchführung

### 2.1 Rüsselreflex testen

Alle Bienen werden zuerst auf den Rüsselreflex hin getestet, indem die Antennen kurz mit Zuckerwasser berührt werden (die Bienen werden dabei nicht gefüttert). Dazu wird ein kleiner Tropfen Zuckerwasser mit einem Zahnstocher aufgenommen und an die Antennen der Bienen gehalten. Zeigt eine Biene keine Reaktion auf den Zuckerwasserreiz, eignet sie sich nicht für den Versuch.

### 2.2 Reaktion auf Duftreize im Vorfeld

Im nächsten Schritt werden alle Bienen auf das Vorhandensein einer spontanen Reaktion auf Duftreize untersucht, indem ein sanfter, bedufteter Luftstrom aus einer Spritze für maximal drei Sekunden an die Antennen geblasen wird. Ein kleines Stückchen Filterpapier wird dazu mit ein bis zwei Tropfen Duftöl beträufelt und in der Spritze platziert. Das gesamte Luft-Volumen der Spritze (20 Milliliter) wird dann durch gleichmäßiges Hineinschieben des Kolbens über die Antennen der Bienen geblasen. Die Spritzenspitze sollte dabei circa drei Zentimeter vor den Kopf der Biene gehalten werden. Tiere, die bereits jetzt einen deutlichen Rüsselreflex zeigen sind schon auf diesen Duft konditioniert und eignen sich ebenfalls nicht für das Experiment.

### 2.3 Konditionierung

Es sollen nun acht bis zehn Bienen für den Versuch zur Verfügung stehen. Des Weiteren wird eine Stoppuhr benötigt.

Der Konditionierungsvorgang läuft folgendermaßen ab: Die Antennen einer Biene werden wie oben beschrieben dem zu konditionierenden Duft (KS) für circa fünf Sekunden ausgesetzt. Zwei Sekunden nach Beginn des Duftreizes wird eine Antenne mit Zuckerlösung (US) berührt und damit der Rüsselstreckreflex (UR) ausgelöst. Daraufhin wird das Tier mit dem Zuckerwasser belohnt, indem man den Zahnstocher mit dem Zuckerwassertropfen an den Rüssel hält und das Tier zwei Sekunden lang saugen lässt (Dressurakt). Alle Tiere werden auf diese Weise konditioniert.

Nach fünf Minuten folgt der nächste Durchgang, der dann auch gleichzeitig der erste Test ist. Eine Biene nach der anderen wird mit dem Duft angeblasen. Streckt eine Biene bereits aufgrund des Duftreizes den Rüssel aus, wird dies als positive Reaktion gewertet (KR) und sie wird erneut mit einer kurzen Zuckerwassergabe belohnt. Die Antennen müssen dazu nicht erst mit dem Zuckerwasser berührt werden, da der Rüssel ja bereits ausgestreckt ist. Reagiert eine Biene in den ersten zwei bis drei Sekunden nicht auf den Duftreiz (negative Reaktion), wird durch Berührung einer Antenne mit dem Zuckerwassertropfen der Reflex ausgelöst und das Tier belohnt. Wichtig ist, dass die Zuckerwassergabe während der circa fünf Sekunden langen Duftstimulation erfolgt.

### 2.4 Erinnerungstest und Protokollierung

Die Reaktion jeder Biene wird fünf Mal getestet, wobei zwischen den einzelnen Durchgängen jeweils fünf Minuten Zeit vergehen sollte. Im Anschluss an den fünften Testdurchgang folgt eine Pause von 15 Minuten bevor erneut ein bedufteter Luftstrom an die Antennen der Bienen geblasen wird. Dieser letzte Test ist ein Erinnerungstest. Die Ergebnisse aller Testdurchgänge werden in der Tabelle auf dem Protokollblatt (Arbeitsblatt 2b) eingetragen.

### 2.5 Erstellung einer Lernkurve

Nach Beendigung der Konditionierungstests können die Bienen vorsichtig aus den Halterungen befreit und im Freien fliegen gelassen werden.

Aus den Daten der Ergebnistabelle soll nun eine Lernkurve der Honigbienen erstellt werden (Arbeitsblatt 2c). Dazu wird für jeden Testdurchgang (Test 1–5, Erinnerungstest) der prozentuale Anteil jener Bienen berechnet, die mit der konditionierten Reaktion auf den Duftreiz reagiert haben. Die entsprechenden Werte sowie die daraus resultierende Lernkurve werden in die dafür vorgesehene Grafik eingetragen. Abschließend sollen die Ergebnisse des Versuchs in eigenen Worten beschrieben und interpretiert werden.





Arbeitsblatt 2b – Protokollblatt

# KLASSISCHE KONDITIONIERUNG VON HONIGBIENEN

Können Honigbienen einen bestimmten Duft mit einer Belohnung (Futter) assoziieren?

## Ergebnistabelle der klassischen Konditionierung der Honigbienen

Tabelle 1. Duftexperiment der Honigbiene. Für jede positiv reagierende Biene wird bei dem entsprechenden Testdurchgang ein „X“ eingetragen. Die Anzahl der Bienen, die bei einem Testdurchgang positiv reagiert haben, wird addiert und in der letzten Zeile eingetragen.

| Biene Nummer    | Positive Reaktion auf den Duftreiz (= konditionierte Reaktion, KR) |        |        |        |        | Erinnerungstest |
|-----------------|--|--------|--------|--------|--------|-----------------|
|                 | Test 1   | Test 2 | Test 3 | Test 4 | Test 5 |                 |
| 1               |  |        |        |        |        |                 |
| 2               |  |        |        |        |        |                 |
| 3               |  |        |        |        |        |                 |
| 4               |  |        |        |        |        |                 |
| 5               |  |        |        |        |        |                 |
| 6               |  |        |        |        |        |                 |
| 7               |  |        |        |        |        |                 |
| 8               |  |        |        |        |        |                 |
| 9               |  |        |        |        |        |                 |
| 10              |  |        |        |        |        |                 |
| <b>Summe KR</b> |  |        |        |        |        |                 |



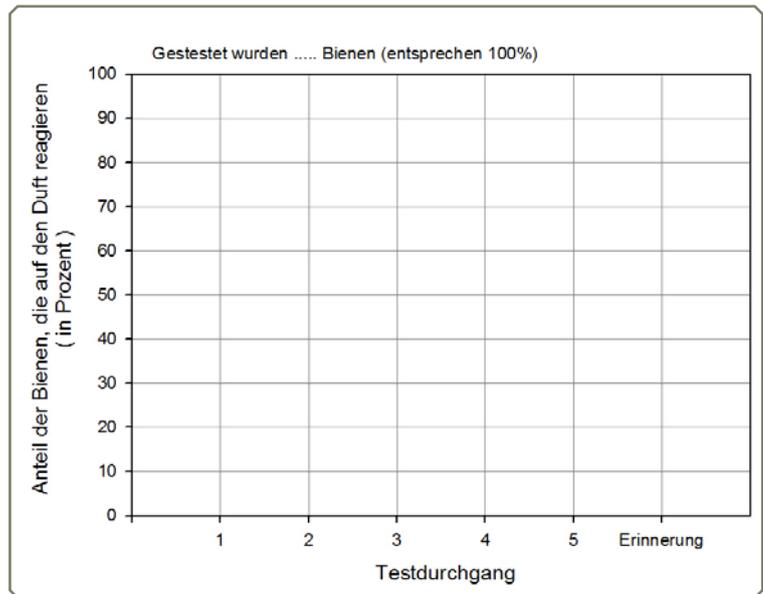
Arbeitsblatt 2c – Auswertung

# KLASSISCHE KONDITIONIERUNG VON HONIGBIENEN

Können Honigbienen einen bestimmten Duft mit einer Belohnung (Futter) assoziieren?

## 1. Lernkurve der Honigbiene

Aus den in der Tabelle im Protokollblatt eingetragenen Ergebnissen wird nun eine Lernkurve erstellt. Für jeden Testdurchgang (x-Achse) wird der prozentuale Anteil der Bienen eingezeichnet, die positiv auf den Duftreiz reagiert haben. Dabei entsprechen 100 Prozent der Gesamtzahl der Bienen, die im Versuch untersucht wurden.



## 2. Beschreibe und interpretiere die Ergebnisse der Duftdressur in eigenen Worten. Welche Schlussfolgerungen lassen die Ergebnisse zu?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Die Cleverness der Bienen



Arbeitsblatt 1b – Protokollblatt und Auswertung

## DAS SAMMELVERHALTEN VON HONIGBIENEN

### Die Blütenstetigkeit der Honigbienen

1. Beobachte das Sammelverhalten von Honigbienen auf einer Blumenwiese, auf der verschiedene Pflanzenarten wachsen.

Beobachte insgesamt fünf Individuen der Honigbiene auf ihren Sammelflügen und notiere in der nachfolgenden Tabelle, zu welcher Pflanzenart sechs nacheinander besuchte Blüten gehören (beginne mit der Blüte, auf der du die Biene zuerst siehst).

| Biene Nr. | Reihenfolge der besuchten Blüten und die jeweils zugehörige Pflanzenart |                  |                  |                  |                   |                  |
|-----------|---|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
|           | 1   | 2                | 3                | 4                | 5                 | 6                |
| 1         | Wiesen-<br>klee   | Wiesen-<br>klee  | Wiesen-<br>klee  | Wiesen-<br>klee  | Wiesen-<br>klee   | Wiesen-<br>klee  |
| 2         | Wiesen-<br>salbei   | Saat-<br>Luzerne | Saat-<br>Luzerne | Saat-<br>Luzerne | Wiesen-<br>salbei | Saat-<br>Luzerne |
| 3         | Löwen-<br>zahn  | Löwen-<br>zahn   | Löwen-<br>zahn   | Löwen-<br>zahn   | Löwen-<br>zahn    | Löwen-<br>zahn   |
| 4         | Wiesen-<br>klee   | Wiesen-<br>klee  | Wiesen-<br>klee  | Wiesen-<br>klee  | Wiesen-<br>klee   | Wiesen-<br>klee  |
| 5         | Margelite   | Margelite        | Margelite        | Margelite        | Margelite         | Margelite        |

2. Beschreibe deine Beobachtung in eigenen Worten. Wie viele verschiedene Blütenarten hat eine einzelne Honigbiene aufgesucht, um Futter zu sammeln? Zeigen die Bienen beim Nektarsammeln blütenstetiges Verhalten?

Jede Biene ist von Blüte zu Blüte geflogen, um Nahrung zu sammeln. Die Bienen mit den Nummern 1, 3, 4, 5 haben jeweils nur eine einzige Blütenart besucht. Sie zeigten ein blütenstetiges Verhalten. Die Biene Nummer 2 hat zwei verschiedene Blütenarten besucht, wobei sie viermal die gleiche Art besucht hat und zweimal eine andere.

3. Begründe, warum ein blütenstetiges Verhalten während eines Sammelfluges für die Bienen vorteilhaft ist. Die Bienen können dadurch gezielt diejenigen Blumen besuchen, in denen sie den besten oder den meisten Nektar finden können. Sie lernen auch, wie sie den Nektar am besten aus der Blüte saugen können. Dadurch können sie sehr effizient Nahrung sammeln und in ihr Nest bringen.

Die Cleverness der Bienen



Arbeitsblatt 2b – Protokollblatt

## KLASSISCHE KONDITIONIERUNG VON HONIGBIENEN

Können Honigbienen einen bestimmten Duft mit einer Belohnung (Futter) assoziieren?

Ergebnistabelle der klassischen Konditionierung der Honigbienen

Tabelle 1. Duftexperiment der Honigbiene. Für jede positiv reagierende Biene wird bei dem entsprechenden Testdurchgang ein „X“ eingetragen. Die Anzahl der Bienen, die bei einem Testdurchgang positiv reagiert haben, wird addiert und in der letzten Zeile eingetragen.

| Biene Nummer | Positive Reaktion auf den Duftreiz (= konditionierte Reaktion, KR) |        |        |        |        | Erinnerungstest |
|--------------|--|--------|--------|--------|--------|-----------------|
|              | Test 1   | Test 2 | Test 3 | Test 4 | Test 5 |                 |
| 1            | X  | X      | X      | X      | X      | X               |
| 2            |  |        |        | X      | X      |                 |
| 3            |  | X      | X      | X      | X      | X               |
| 4            |  |        |        | X      | X      | X               |
| 5            |  | X      | X      | X      | X      | X               |
| 6            |  |        | X      | X      | X      | X               |
| 7            |  |        |        |        | X      |                 |
| 8            |  |        | X      | X      | X      | X               |
| 9            | X  | X      | X      | X      | X      | X               |
| 10           |  | X      | X      | X      | X      | X               |
| Summe KR     | 2  | 5      | 7      | 9      | 9      | 8               |

Die Cleverness der Bienen

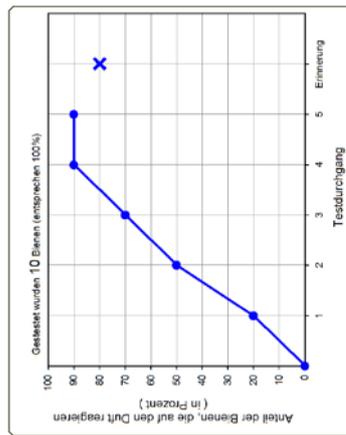


Arbeitsblatt 2c – Auswertung

## KLASSISCHE KONDITIONIERUNG VON HONIGBIENEN

Können Honigbienen einen bestimmten Duft mit einer Belohnung (Futter) assoziieren?

1. **Lernkurve der Honigbiene**  
Aus den in der Tabelle im Protokollblatt eingetragenen Ergebnissen wird nun eine Lernkurve erstellt. Für jeden Testdurchgang (x-Achse) wird der prozentuale Anteil der Bienen eingezeichnet, die positiv auf den Duftreiz reagiert haben. Dabei entsprechen 100 Prozent der Gesamtzahl der Bienen, die im Versuch untersucht wurden.



2. **Beschreibe und interpretiere die Ergebnisse der Duftdressur in eigenen Worten. Welche Schlussfolgerungen lassen die Ergebnisse zu?**

Die untersuchten Bienen konnten im Verlauf des Experiments den angebotenen Duft mit der Zuckerwasserbelohnung assoziieren. Die Lernkurve zeigt, dass der Anteil der Bienen, die bereits auf den Duft alleine mit dem Rüsselstreckreflex reagierten, mit jedem Testdurchgang zunahm. In den Tests 4 und 5 wurde ein Maximum von 90 Prozent erreicht. Bei dem Erinnerungstest, der 15 Minuten nach dem 5. Testdurchgang durchgeführt wurde, haben noch 80 Prozent der Bienen auf den Duftreiz reagiert.

Aus der Ergebnistabelle ist erkennbar, dass der Lernerfolg einzelner Bienen sehr unterschiedlich ist. Biene Nummer 9 hat nach dem Dressurakt bei allen 5 Testdurchgängen und beim Erinnerungstest positiv auf den Duft reagiert. Sie hat sehr schnell gelernt. Im Gegensatz dazu hat zum Beispiel Biene Nummer 7 nur bei einem einzigen Test reagiert. Sie konnte keine deutliche Assoziation zwischen dem Duft und der Zuckerwasserbelohnung herstellen.

© Als Kopiervorlage freigegeben. Aurelia Stiftung und Kurt MIT GmbH

16

Biologie, Chemie, naturwissenschaftlicher Fächerverbund | Klassen 8-10

Die Cleverness der Bienen



Arbeitsblatt 3 (optional)

## WAS KÖNNEN HONIGBIENEN NOCH LERNEN?

Wie kann das Lernvermögen der Honigbienen weiter untersucht werden?

Zur Beantwortung der folgenden Fragen kannst du die Literatur verwenden, die dein Lehrer oder deine Lehrerin ausgeteilt hat; oder auch selbst im Internet recherchieren. Aufgrund deiner Kenntnisse, die du in Bezug auf die klassische Konditionierung der Honigbienen bereits erlangt hast, kannst du selbstständig weiterführende Experimente planen.

1. Welche weiteren Lernversuche zur klassischen Konditionierung könnten mit Honigbienen durchgeführt werden?

- Es könnte zum Beispiel untersucht werden, ob Honigbienen verschiedene Duftstoffe mit Futter assoziieren können – oder es könnten verschiedene Konzentrationen eines Duftstoffes (= verschieden starke Reize) getestet werden.
- Es könnte getestet werden, ob die Bienen lernen, dass der eine Duft mit Futter belohnt wird und ein anderer Duft nicht –, das heißt ob sie lernen können zwischen verschiedenen Düften zu unterscheiden. Des Weiteren könnte man untersuchen, ob die Biene lernen kann, dass ein Duft, der zunächst eine Zuckerwassergabe vorhersagt, dann im Experiment nicht mehr belohnt wird.

2. Überlege dir ein Versuchsdesign, mit dem die operante Konditionierung frei fliegender Honigbienen untersucht werden könnte.

Die Honigbienen müssten lernen, dass eine Futterquelle, zu der sie selber hinfliegen, eine Belohnung bereithält. Man könnte dazu Bienen trainieren, an ein Futtergefäß mit Zuckerwasser zu fliegen, um dort Nahrung zu sammeln. Das Futtergefäß (Glasschälchen, Petrischale) soll einen bestimmten Duft (oder eine bestimmte Farbe) haben. Ein zweites, „baugleiches“ Schälchen wird in 20 Zentimetern Entfernung aufgestellt. Dieses enthält kein Futter (zum Beispiel nur Wasser ohne Zucker) und unterscheidet sich von dem Futterschälchen im Duft (oder in der Farbe). Wenn die Bienen lernen, dass ihr Verhalten, also das Hinfliegen zu dem Futterschälchen mit dem Duft (oder der Farbe), eine Zuckerwasserbelohnung bringt, sollten sie ausschließlich dorthin fliegen und das andere Schälchen ignorieren.

© Als Kopiervorlage freigegeben. Aurelia Stiftung und Kurt MIT GmbH

17

Biologie, Chemie, naturwissenschaftlicher Fächerverbund | Klassen 8-10



© privat

Prof. Dr. Stefan Jarau

Dr. Stefan Jarau ist Biologe und passionierter Hobbyimker. Von 2003 bis 2017 hat er an der Universität Ulm über tropische und einheimische Wild- und Honigbienen geforscht sowie Lehrveranstaltungen unter anderem für Studierende des höheren Lehramts an Gymnasien abgehalten.

Seit 2017 ist er Professor für die Didaktik des Sachunterrichts in der Primarstufe an der Pädagogischen Hochschule Vorarlberg in Feldkirch, Österreich. In verschiedenen Lehrveranstaltungen und Projekten befassen sich seine Studierenden auch mit der Biologie von Honig- und Wildbienen sowie mit deren Leistungen für die Natur und für uns Menschen. Dabei lernen die Lehramtsstudierenden Möglichkeiten der Einbindung von

Bienen in die didaktische Arbeit mit Kindern kennen. Im Frühjahr 2019 hat er auf dem Gelände der Pädagogischen Hochschule einen Bienenstand eingerichtet, um den Studierenden einen direkten Zugang zur originären Begegnung mit den Bienen zu ermöglichen.

„Kindern und Jugendlichen Möglichkeiten zur Beschäftigung mit der Natur zu eröffnen, erachte ich als essentiell, um sie zu einem verantwortungsbewussten und nachhaltigen Verhalten in der Gesellschaft hinzuführen. Honigbienen sind dafür besonders gut geeignet, da diese Insekten und ihre Produkte bei den allermeisten Kindern und Jugendlichen positive Emotionen hervorrufen – und ihre faszinierende und facettenreiche Lebensweise Neugierde und Staunen weckt.“

## IMPRESSUM

2. Auflage Januar 2020

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis §52a UrhG: Weder das Werk, noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

Auf verschiedenen Seiten dieses Heftes befinden sich Verweise (Links) auf Internetadressen. Haftungsnotiz: Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle wird die Haftung für die Inhalte der externen Seiten ausge-

schlossen. Für den Inhalt dieser externen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich. Sollten Sie daher auf kostenpflichtige, illegale oder anstößige Seiten treffen, so bedauern wir dies ausdrücklich und bitten Sie, uns umgehend per E-Mail ([p.woehner@klett-mint.de](mailto:p.woehner@klett-mint.de)) davon in Kenntnis zu setzen, damit bei Nachdruck der Nachweis gelöscht wird.

Redaktion und Autorenkoordination: Frank Haß, Kirchberg, Jörg Schmidt, Andernach, Dr. Sandra P. Thurner, Ebersbach/Fils  
Projektkoordination und Herstellung: Petra Wöhner, Klett MINT GmbH  
Satz: Tanja Bregulla, Aachen

Eine Zusammenarbeit der Aurelia Stiftung und der Klett MINT GmbH  
© Aurelia Stiftung, Berlin, und Klett MINT GmbH, Stuttgart