

Bauer · Fauser · Otersen

Aktuelles aus der

Bienenforschung für den MINT-Unterricht

Spannende Aufgaben mit Praxisbezug

Biologie | Chemie | Physik

Mathematik | Informatik

Lehrermaterialien | Arbeitsblätter | CD-ROM

Klassenstufen 7 bis 10 mit Differenzierung

Standort: BEF

Uni Göttingen
234 403 543



+ CD 874



Audi
Stiftung für Umwelt



Bildquellennachweis

Umschlag: (Biene) Daniel Prudek, fotolia; **5 oben, 10, 14, 18, 26, 28, 30, 36, 38, 46, 48, 59** Helga R. Heilmann; **5 unten links, 27, 35, 74** Christoph Bauer; **5 unten rechts** Jürgen Tautz; **6, 7, 12, 13** HOBOS; **32** Stephan Pramme; **55** Grecaud Paul, fotolia; **57** sumikophoto, fotolia; **62, 63** Onésime, Wikimedia Commons; **68, 69** Martin Otersen

Illustrationen: **11, 13, 14, 15, 17, 19, 23, 26 unten, 31, 33, 41, 43, 44, 46, 53** Isabelle Bauer; **21, 26 oben, 49, 52, 58, 60, 61** Daniel Scherer

Die verwendeten Logos, Warenzeichen und Schutzmarken sind Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber. Alle Rechte an Logos und Grafiken vorbehalten.

1. Auflage Februar 2015



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 ausgeschlossen. 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) davon in Kenntnis zu setzen, damit beim Nachdruck der Nachweis gelöscht wird.

Eine Zusammenarbeit der Audi Stiftung für Umwelt GmbH, Ingolstadt
und der Klett MINT GmbH, Stuttgart

© Audi Stiftung für Umwelt GmbH, Ingolstadt und Klett MINT GmbH, Stuttgart

Autoren: Christoph Bauer, Höchberg; Dr. Christian Fauser, Taufkirchen; Martin Otersen, Abtswind

Redaktion: Dr. Detlef Eckebrecht, DIDACTIC CONCEPTIONS, Möglingen

Projektkoordination und Herstellung: Petra Wöhner

Wissenschaftliche Beratung: Prof. Dr. Jürgen Tautz, HOBOS-Team, Universität Würzburg

Gestaltung: Bettina Herrmann, Stuttgart

Bildbearbeitung: Till Traub, Bildwerkstatt, Leonberg

Korrektorat: Karin Rossnagel, Stuttgart

Reproduktion und Druck: C. Maurer, Geislingen/Steige

Printed in Germany

Inhalt

Biologie

Die Honigbiene ist ein Klassiker für den Biologieunterricht. Umso spannender ist der Blick auf sie aus neuen Perspektiven.

Sind Bienen mittags faul?	8
Warum fächeln Bienen?	10
Warum ist die Flugmuskulatur warm?	12
Sind Insektenbeine immer gleich?	14
An welche Aufgaben sind Insektenbeine angepasst?	16
Welche Mundwerkzeuge haben Bienen?	18
Welche Aufgaben haben Bienen im Bienenstock?	20
Schafft die Honigbiene ihr eigenes Wohnklima?	22
Wie funktioniert die Temperaturregulation im Bienenstock?	24
Wie unterscheiden sich Honigsorten?	26
Wie funktioniert ein Regelkreis?	28
Wie kommuniziert die Biene mit Artgenossen? I	30
Wie kommuniziert die Biene mit Artgenossen? II	32
Was passiert im Winter im Bienenstock?	34
Was passiert beim Schwärmen?	36

Chemie

Den Honig, den sie sonst auf ihrem Frühstücksbrot essen, können Schülerinnen und Schüler analysieren und dabei eine Reihe von praktischen und theoretischen chemischen Verfahren kennenlernen bzw. anwenden.

Wie viel Energie sammelt die Honigbiene an einem Tag?	38
Wie viel Kohlenstoffdioxid wird beim Schwärmen erzeugt?	40
Kann man die Zuckerarten im Honig unterscheiden?	42
Ist Honig sauer oder basisch?	44
Kann man Bienenwachs in Wasser lösen?	46

Physik

Physikalische Größen werden hier einmal anders betrachtet, nämlich in Zusammenhang mit der Erforschung der Fähigkeiten und der Lebensweise der Honigbiene.

Spüren Bienen die Ankunft eines Gewitters? I	48
Spüren Bienen die Ankunft eines Gewitters? II	50
Wie orientieren sich Bienen bei wolkigem Himmel?	52
Wie weit ist die Biene geflogen?	54
Wie stark ist eine Biene?	56

Mathematik

Anwendungsorientierte Aufgaben haben Tradition im Mathematikunterricht. In den hier vorgestellten Beispielen werden Beiträge der Mathematik zur naturwissenschaftlichen Forschung erkennbar.

Wie groß sind Bienenpuppen?	58
Ändert sich die Zahl der Bienen im Stock?	60
Wie viel Honig befindet sich im Bienenstock?	62
Bei welchen Temperaturen fliegen Bienen?	64
Wie schwer ist ein Bienenstock?	66

Informatik

Die immense Datenfülle bei den Beobachtungen in einem Bienenstock ist ein anschauliches und überaus spannendes Beispiel für den effizienten Einsatz von Computern in den Naturwissenschaften.

Wer ist in der Bienenwelt am größten?	68
Wie heiß wird es maximal im Bienenstock?	70
In and out – wo bleiben die Bienen?	72
Wo stecken die Bienen?	74
Bei welchen Temperaturen verlassen Bienen ihren Stock?	76

Schlagwortregister	78
Abschluss	79

Ideen und Arbeitsblätter für Ihren Unterricht

Die Biene hat als Forschungsobjekt Generationen von Biologen in ihren Bann gezogen. Ihre Schülerinnen und Schüler kennen Bienen aus der direkten Begegnung und aus den verschiedensten Medien. Die Biene wird traditionell im Fach **Biologie** behandelt. Moderne Forschungsmethoden und deren Ergebnisse bieten aber auch für die Fächer **Chemie**, **Physik**, **Mathematik** und **Informatik** eine Vielzahl von Anknüpfungspunkten für Aufgabenstellungen in Ihrem Unterricht. Ihre Schülerinnen und Schüler erkennen bei der Bearbeitung von entsprechenden Aufgaben die Relevanz ihrer theoretisch erworbenen Fähigkeiten.

Module für Ihren Unterricht

In diesem Buch finden Sie Unterrichtsmodule für alle MINT-Fächer, wobei die Biologie dabei die zentrale Rolle einnimmt. Es stehen Ihnen 15 Biologiemodule und jeweils 5 Module aus der Chemie, Mathematik, Physik und Informatik zur Verfügung. Alle Unterrichtseinheiten (mit Ausnahme der Informatikmodule) können ohne den Einsatz eines Computers bearbeitet werden, sodass sie sich auch sehr gut für Vertretungsstunden eignen. Bei verschiedenen Biologie- und Chemiemodulen jedoch bietet es sich an, die Stunden in den jeweiligen Fachräumen durchzuführen, da hierbei fachtypische Materialien (Mikroskope, Chemikalien etc.) benötigt werden.

Die Unterrichtsmodule sind für die Jahrgangsstufen 7 bis 10 konzipiert. Die einzelnen Jahrgangsstufen sind dabei nicht angegeben, da sich die Lehrpläne in den einzelnen Fächern in jedem Bundesland unterscheiden.

Beim Aufbau des Buches wurde darauf geachtet, dass jede Doppelseite einer Unterrichtsstunde entspricht. Die Seiten sind dabei entsprechend den Fächern geordnet. Innerhalb der einzelnen Fächer erfolgt die Ordnung gemäß dem Schüleralter und dem Schwierigkeitsgrad. Je weiter vorn ein Arbeitsmodul steht, desto geringer sind die notwendigen Vorkenntnisse.

Jedes Modul besteht aus einer **Kopiervorlage** und einer **Service-Seite** für Sie. Dazu gehört die Information über die Einstzbarkeit des Materials – als Einführungsstunde oder als Vertiefungsstunde. Diese Angabe soll jedoch nur einen anregenden Charakter haben.

Hinweise zum Unterricht

Hier finden Sie Hinweise zu notwendigen Vorkenntnissen oder zu Sicherheitsaspekten, aber auch methodische Anregungen für Ihren Unterricht oder mögliche Probleme der Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung des Materials.

Lösung zum Arbeitsblatt

Hier sind zu allen Aufgaben die erwarteten Lösungen angegeben.

Mehr Informationen hierzu?

Hier finden Sie interessante Hintergrundinformationen, Details zu Messverfahren oder zusätzliche Ideen für die unterrichtliche Umsetzung.

Literatur / Medien

Die **beiliegende CD-ROM** enthält die Arbeitsblätter, Lehrerinformationen und Lösungen in digitaler Form. Darüberhinaus die Datensätze für die Informatik-Aufgaben, die Bienenberufe als Einzeldateien und das Pollen-Übersichtsblatt.

Literaturhinweise bieten Ihnen die Möglichkeit, sich über ein Thema weitergehend zu informieren.

Die Daten für die Arbeitsmaterialien entstammen der Internetplattform www.HOBOS.de.

Mehr Informationen über HOBOS?

HOBOS ist ein Akronym für HOny Bee Online Studies. Die folgenden Seiten informieren Sie über das Projekt HOBOS, das von einer Arbeitsgruppe an der Universität Würzburg unter Leitung von Prof. Dr. Jürgen Tautz betreut wird.

Spannende Fragen der Bienenforschung im Unterricht

Wie finden Bienen Nahrungsquellen und wie teilen sie deren Lage einander mit? Beherrschen die Bienen die Kunst der Wettervorhersage? Welche Bedeutung hat die Sechseckform der Zellen? Wie kann man über das Verhalten von Tausenden von Bienen an 365 Tagen im Jahr sinnvolle Aussagen machen? Was ist Honig aus der Sicht des Chemikers? Das sind nur einige der Fragen, zu denen Forscher ihren Kenntnisstand ständig erweitern.

Die Bienenforschung nutzt nicht nur Methoden und Erkenntnisse der Biologie, sondern auch der Physik, der Chemie, der Mathematik und der Informatik für ihre Untersuchungen. Die Betrachtung der Forschungsmethoden und ihrer Ergebnisse bietet eine Vielzahl von konkreten Anknüpfungspunkten für unterrichtliche Themen in all diesen Fächern.



Die faszinierende Welt der Bienen live beobachten

Was ist HOBOS?

HOBOS wurde 2006 von einer Arbeitsgruppe um Professor Jürgen Tautz an der Universität Würzburg entwickelt und besteht aus zwei Elementen, einem Bienenstock und einer Homepage. Der Bienenstock ist mit Kameras und einer Vielzahl von Sensoren ausgestattet. In seiner Nähe befindet sich eine Wetterstation. Die Messwerte aus dem Bienenstock und die Klimadaten werden in einer Datenbank gespeichert. Die zweite Säule des Projekts ist eine Website, über die das Geschehen im Bienenstock live beobachtet werden kann, auf der Daten und grafische Darstellungen der Messwerte abgerufen werden können und die Zugang zu Materialien für den Unterricht ermöglicht.

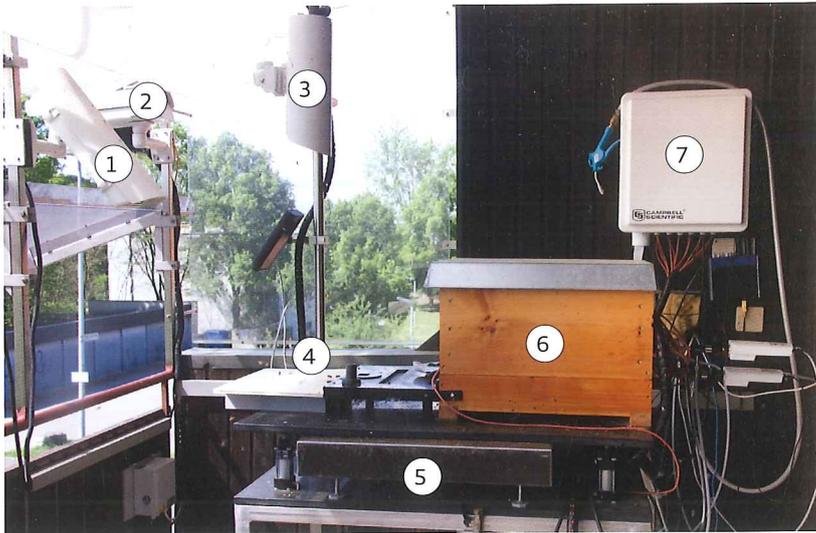
Im HOBOS-Bienenstock lebt seit 2011 ein Bienenvolk der Rasse *Apis mellifera carnica* mit etwa 5000 Tieren. Das Volk lebt in einer Zarge ohne die imkerlich übliche Unterteilung in Brutraum und Honigraum. Die gesamte Anlage

(HOBOS-Bienen mit entsprechender technischer Ausstattung und der Wetterstation) befindet sich auf dem Gelände der Bienenstation der Universität Würzburg. Die HOBOS-Bienen versorgen sich selbst durch den Besuch von Obstbäumen und Wildblumen in der Umgebung.



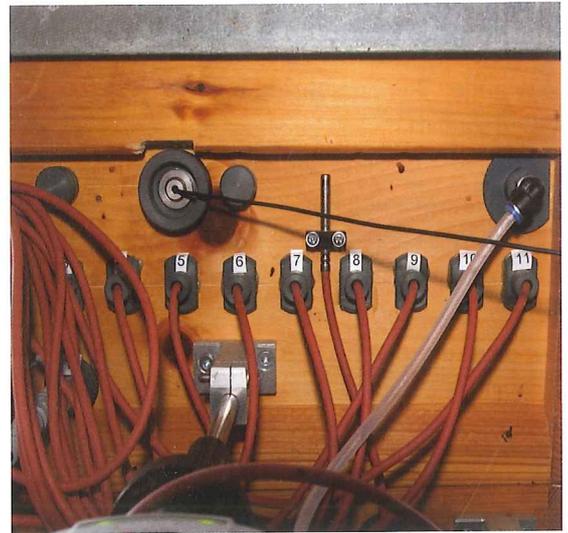
Der HOBOS-Bienenstock und sein Initiator Prof. Tautz





Der HOBOS-Bienenstock mit Sensoren

Einen Überblick über die Ausstattung des Bienenstocks gibt die Abbildung auf der folgenden Seite. Mit der Stockkamera (1) kann man das Einflugloch beobachten. Eine Wärmebildkamera (2) nimmt ebenfalls das Einflugloch und die Plattform davor auf. Eine dritte Kamera (3) filmt das Wetter im HOBOS-Garten. Eine Messeinrichtung (4), mit der die Anzahl der ein- und ausfliegenden Bienen bestimmt werden kann, ist ebenso wie die Stockwaage (5) zu erkennen. Auf der Rückseite des Bienenstocks erkennt man verschiedenste Sensoren, die in ihn hineinragen (rechte Abbildung). Dort werden an verschiedenen Stellen die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit im Bienenstock gemessen.



Auch Infrarotkameras, die bei einer Wellenlänge von ca. 900 nm aufnehmen, sind dort angebracht. Diese Wellenlänge liegt außerhalb des für die Bienen wahrnehmbaren Spektrums. So können die Bienen einerseits beobachtet werden, andererseits ist es dennoch für die Bienen dunkel im Bienenstock. Auch eine Wetterstation gehört (Abb. oben) zum HOBOS-Labor. Dort werden Daten wie beispielsweise die Lufttemperatur, der Luftdruck oder die Niederschlagsmenge aufgezeichnet.

Mithilfe dieser Technik sammeln sich monatlich ca. 460 000 Messdaten und große Mengen an Filmmaterial an. Über einen Datenlogger (7) werden die Daten digitalisiert und gelangen von dort zu einer Speichereinheit.



Die Wetterstation im HOBOS-Garten

Live arbeiten mit HOBOS im Internet

Zugriff auf diese Daten und das Filmmaterial hat jeder, der einen internetfähigen Rechner besitzt, da man über die HOBOS-Homepage jederzeit auf diese Daten zugreifen kann. Das »virtuelle HOBOS-Labor« bietet für alle Schulen die Möglichkeit, mit Schülern wissenschaftlich zu arbeiten.

Über den Button *Lehrer Schüler Eltern* gelangt man ins virtuelle HOBOS-Labor. Über den Reiter *Registrieren/Einloggen* kann man sich beim ersten Arbeiten mit HOBOS mit einer aktuellen E-Mail-Adresse registrieren, um alle Funktionen des virtuellen Labors nutzen zu können.

Über ein selbstgewähltes Passwort loggt man sich danach bei HOBOS ein. Allerdings reicht es zunächst, wenn man sich als Lehrkraft einen allgemeinen Account zulegt. Denn es ist möglich, dass sich mehrere Lernende gleichzeitig in das HOBOS-System einloggen. Sollten die Jugendlichen sich jedoch intensiver mit HOBOS auseinandersetzen wollen, ist es ratsam, einen eigenen Account anzulegen.

In der Abbildung rechts oben sieht man die verschiedenen Reiter, die zu Angeboten des HOBOS-Labors führen. Klickt man auf *Über HOBOS* kann man die Hintergründe und die Entstehung des HOBOS-Projekts nachlesen. Unter *Lehrmaterialien* finden sich Unterrichtsmaterialien, die von Studenten bzw. Lehrern entwickelt wurden. Unter *Aktuelles* kann man sich über mit HOBOS durchgeführte oder laufende Projekte informieren. Auf *HOBOS International* wird das Projekt HOBOS in vielen Sprachen erklärt.

Das Herzstück des HOBOS-Labors ist jedoch »HOBOS Live«. Im Bereich *Arbeitsmöglichkeiten* findet man eine Übersicht, wie man mit HOBOS arbeiten kann. Über *Bienenstock* und *Umweltmessstation* kann man die Livestreams der verschiedenen Kameras aufrufen und den Bienenstock in Echtzeit beobachten. Verschiedene Arbeiten und besondere Vorkommnisse wie beispielsweise ein Schwärmereignis werden unter *Eingriffe/Ereignisse* gespeichert. Die Rubrik *Bienenjahr* liefert einen Überblick über die natürliche Entwicklung eines Bienenstocks im Laufe eines Jahres. Zwei sehr interessante Rubriken sind die Rubriken *Messwerte* und *Videoarchiv*. Auf diese Teilbereiche kann man aber nur zugreifen, wenn man sich bei HOBOS registriert hat und eingeloggt ist.

Über die Rubrik *Messwerte* kann man unterschiedliche Daten abrufen und diese als Diagramm ausgegeben lassen (Abb. rechts unten). Klickt man auf das Steuerrad-Icon links oben, so erscheint ein Auswahlfeld, in dem die gewünschten Daten auswählbar sind. In der ersten Zeile gibt man hierzu den Datenzeitraum ein. Danach können die Sensoren im und um den Bienenstock angesteuert werden. Dabei ist zu beachten, dass maximal sechs verschiedene Graphen mit zwei unterschiedlichen Einheiten als Diagramm ausgegeben werden können. Mithilfe

Der Startbildschirm von www.hobos.de

des zweiten Icons (Stift mit Zeilen) können für den Unterricht spannende Graphen gespeichert und so im Unterrichtskontext schnell aufgerufen und möglicherweise an eine Leinwand projiziert werden. Das Schlüssel-Icon ermöglicht, sich schnell ein- oder auszuloggen, und mithilfe des Drucksymbols können einzelne Graphen ausgedruckt werden.

Spannende Ereignisse kann man im Videoarchiv »nachbeobachten«. In der Regel werden sämtliche Kameraaufnahmen im Zeitraffer (um die Datenmenge etwas zu reduzieren) gespeichert. Fällt bei der Betrachtung der Graphen eine Besonderheit oder Unklarheit auf, bietet es sich an, mithilfe des Videoarchivs die tatsächlichen Vorgänge im und um den Bienenstock zu beobachten.

Der HOBOS-Bienenstock bietet viele, außergewöhnliche und überaus spannende Möglichkeiten, sich digital mit der Bienenbiologie und mit naturwissenschaftlichen Arbeitstechniken auseinanderzusetzen.

Messwerte Würzburg

Das Abrufen von Messwerten

Sind Bienen mittags faul?

Hinweise zum Unterricht

Zur Bearbeitung des Arbeitsblattes sollten die Lernenden mit dem Erstellen und Interpretieren eines Säulendiagramms vertraut sein. Je nach Altersstufe und Kompetenz kann der Maßstab für das Säulendiagramm vorgegeben werden. Auf der y-Achse entsprechen dann 1000 Bienen- ausflüge zwei Kästchen. Auf der x-Achse sollte jede Stunde 3 Kästchen einnehmen. So kann pro Stunde eine Säule in ein Kästchen gezeichnet werden. Zwischen den Stunden bleibt jeweils ein freies Kästchen.

Die Kurven für die Außentemperaturen im Mai und Juli verlaufen ähnlich. Um die Mittagszeit ist es am wärmsten, morgens und abends dagegen kühl. Die Lernenden müssen die Achsen genau vergleichen, denn sie sind unterschiedlich skaliert. Am 06.05.2013 ist ein deutlich kühlerer Tag (Maximaltemperatur etwas über 20°C) im Vergleich zum 23.07.2013 (Maximaltemperatur ca. 35°C). Die Außentemperaturen bestimmen das Ausflugverhalten der Honigbienen erheblich mit.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 siehe Abbildung 1

A2 Am 06.05.2013 steigt die Temperatur auf maximal 21°C. Am 23.07.2013 ist dagegen ein sehr warmer Tag (bis zu 35°C). Mit steigender Temperatur geht die Ausflugszahl zurück. Dies ist im Besonderen um die Mittagszeit am 23.07. zu beobachten.

A3 Mögliche Hypothesen:

- Mittags ist es den Bienen zu warm, weswegen sie nicht mehr ausfliegen.
- Wenn es zu heiß wird, haben die Pflanzen aufgrund des Wassermangels weniger Nektar, daher fliegen die Bienen nicht.
- Im Mai blühen mehr Pflanzen, weswegen die Bienen ein größeres Nahrungsangebot haben und deshalb vermehrt ausfliegen.

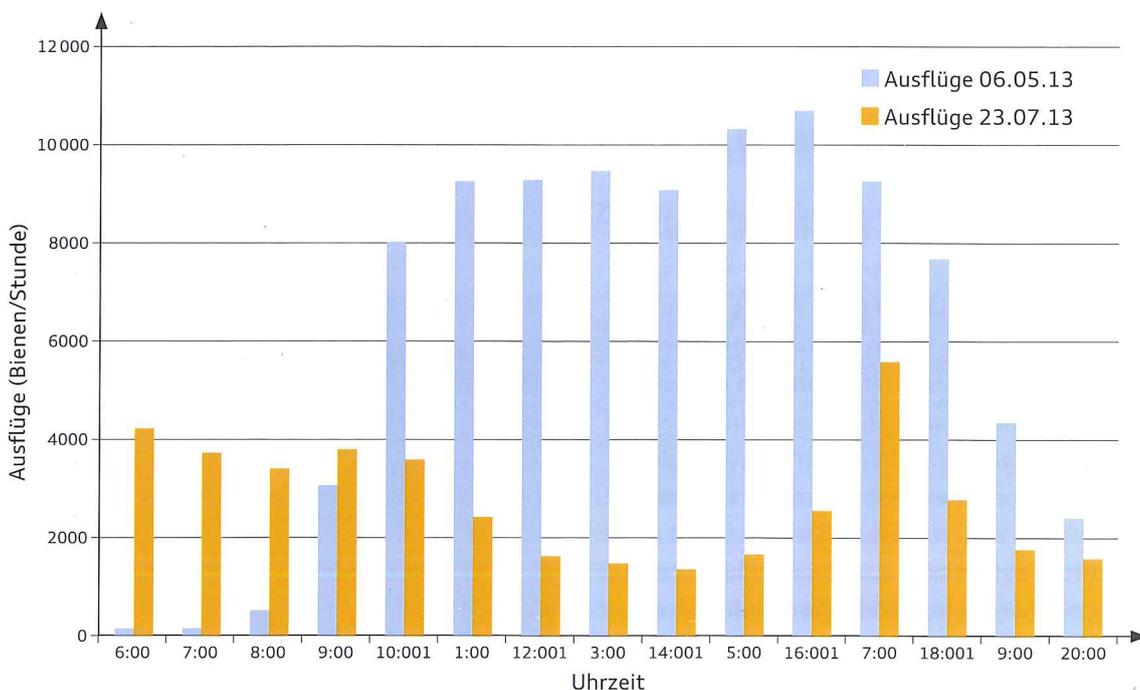
Mehr Informationen hierzu?

Wasserstress der Pflanzen

Ist die Außentemperatur zu hoch, leiden die Blütenpflanzen, die den Nektar für die Honigbienen bereitstellen, unter Wassermangel. Der Wasserstress führt zu einer verminderten Nektarproduktion bei den Blütenpflanzen. Aus diesem Grund sind Blütenbesuche, vor allem um die Mittagszeit, für die Honigbiene nicht attraktiv. Folglich gehen die Ausflüge um die Mittagszeit zurück.

Diagramm- kompetenz
Interpretation von Daten

Tipp
Im virtuellen HOBOS-Labor kann man zum Ausfliegen der Bienen verschiedene Tage und Ereignisse betrachten. Mithilfe dieser Daten könnten nach gleichem Muster wie im Arbeitsauftrag die Idealbedingungen für die Sammelaktivität der Honigbienen erforscht werden. Dabei kann auch untersucht werden, inwiefern weitere Parameter wie Sonneneinstrahlung oder Luftfeuchtigkeit eine Rolle spielen.



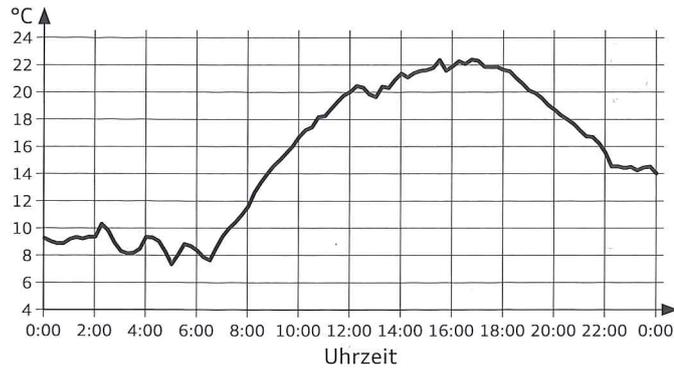
1 Lösung zu Aufgabe 1

Sind Bienen mittags faul?

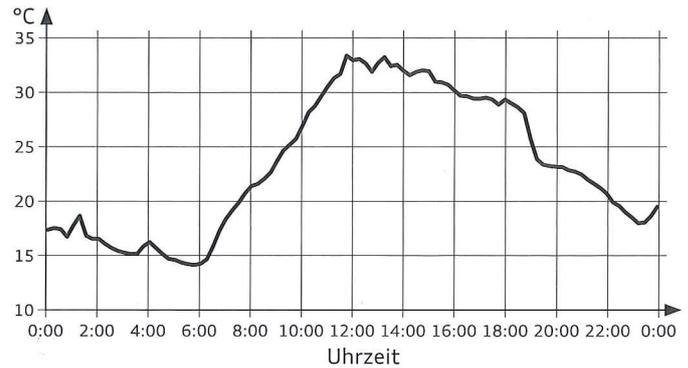
Sommer, Sonne, kühle Erfrischungsgetränke, so können wir den Sommer genießen. Doch was machen eigentlich Bienen, wenn im Sommer die Temperaturen steigen?

Zeit	6:00-6:59	7:00-7:59	8:00-8:59	9:00-9:59	10:00-10:59	11:00-11:59	12:00-12:59	13:00-13:59	14:00-14:59	15:00-15:59	16:00-16:59	17:00-17:59	18:00-18:59	19:00-19:59	20:00-20:59
Ausflüge 06.05.13	513	3068	8026	9260	9292	9475	9085	9675	9863	9267	7688	4355	2408	1792	1515
Ausflüge 23.07.13	3410	3798	3590	2425	1628	1484	1362	1664	2561	5590	2779	1766	1584	823	305

1 Anzahl aus dem Bienenstock ausfliegender Bienen

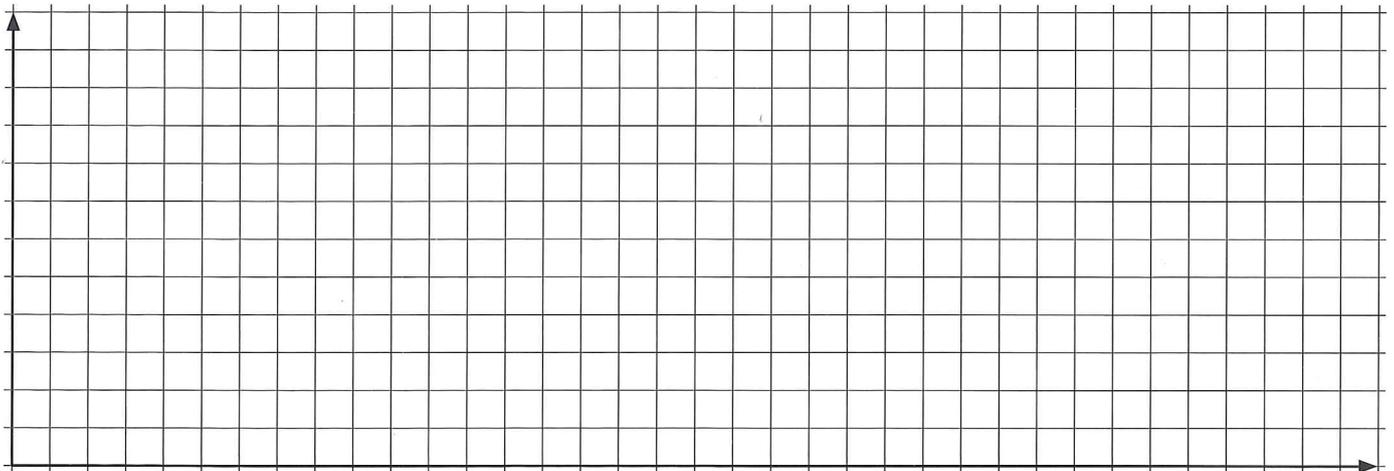


2 Außentemperaturen am 06.05.2013



3 Außentemperaturen am 23.07.2013

A1 Erstelle mithilfe der Ausflugsdaten aus Abbildung 1 ein beschriftetes Säulendiagramm.



A2 Vergleiche die in Aufgabe 1 dargestellten Ausflugsdaten mit den Temperaturdaten in den Abbildungen 2 und 3.

A3 Formuliere eine begründete Hypothese, die deine Ergebnisse aus Aufgabe 2 erklären könnte.

Warum fächeln Bienen?

Hinweise zum Unterricht

Auswertung von
Diagrammen
Regulation
Verdunstungskälte

Um die Aufgaben zu bearbeiten, sollten die Lernenden das Abkühlen beim Schwitzen bereits kennen. Auch der Begriff der Verdunstungskälte sollte ihnen geläufig sein.

Als Zarge oder Magazinbeute bezeichnet der Imker die künstliche Behausung der Honigbiene. Die Wabengasse 6 befindet sich im HOBOS-Bienenstock zwischen der fünften und sechsten Wabe. Dort brütet der beobachtete Bienenstock (siehe Arbeitsblatt).

Nach der Bearbeitung der Aufgaben bietet sich ein Unterrichtsgespräch über den Zweck des aufwendigen Fächelns an, ebenso wie über die Bedeutung der annähernd konstanten Temperatur in Wabengasse 6 für die Entwicklung der Larven.



Vertiefend kann auch das Verhalten der wasseraufnehmenden Biene (Abbildung 1) thematisiert werden. Hierbei ist folgende Zusatzaufgabe zur Binnendifferenzierung möglich:

Wenn es sehr heiß ist, tragen die Bienen zusätzlich Wasser in den Bienenstock ein

und streichen einen dünnen Wasserfilm auf den Waben aus. Erkläre den dadurch zustande kommenden Kühleffekt im Bienenstock und vergleiche dies mit der Temperaturregulation durch Schwitzen.

Die Antwort hierzu lautet: Durch das Fächeln verdunstet der dünne Wasserfilm auf den Waben. Dies führt zu einem Kühleffekt durch die Verdunstung von Wasser. Genau der gleiche Kühleffekt tritt beim Schwitzen des Menschen auf. Der Schweiß verdunstet und kühlt den Körper ab.

1 Wassersammlerin an Wasserstelle

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Die x-Achse ist die Zeitachse. Es gibt zwei y-Achsen. Die rechte gehört zur schwarzen Kurve und beschreibt die Zahl der Fächlerbienen. Die linke gehört zu der hell- und dunkelgrauen Kurve und beschreibt die Temperatur im Bienenstock (dunkelgrau) und am Holz vor dem Bienenstock (hellgrau). Die Temperatur in Wabengasse 6 ist annähernd konstant. Die Temperatur des sonnenbeschienenen Holzes sowie die Anzahl der Fächlerbienen schwankt dagegen.

A2 Mögliche Hypothesen sind:

- Die Fächlerbienen erzeugen einen Luftstrom, der die Ventilation der Luft im Bienenstock sicherstellt.
- Aufgrund der hohen Außentemperatur sind die Bienen erschöpft und fächeln sich gegenseitig Luft zu.

A3 Wenn die Temperatur am Holz der Zarge steigt, steigt auch die Anzahl der Fächlerbienen, und zwar so lange, bis die Temperatur wieder abnimmt. Aus diesem Grund müssen die Fächlerbienen an der Abkühlung des Bienenstocks beteiligt sein.

Mehr Informationen hierzu?

Nutzung der HOBOS-Aufzeichnungen

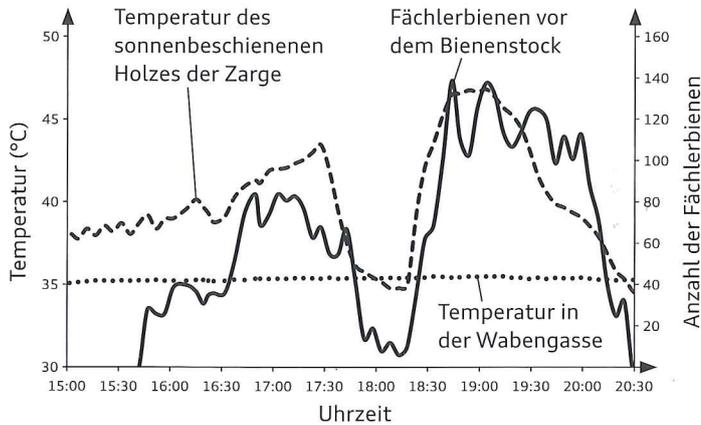
Sehr heiße Tage können mithilfe der HOBOS-Wetterdaten ermittelt werden. Dann kann man am HOBOS-Bienenstock Fächlerbienen in Echtzeit beobachten oder auf entsprechende Archivaufnahmen zurückgreifen (s. u.). Dabei kann auch die Position der einzelnen Bienen bestimmt werden. So erkennt man, dass der Luftstrom auf den Stockeingang gerichtet ist, wodurch die Luftventilation im Bienenstock gewährleistet wird.

Die Honigbiene zieht die Larven bei einer annähernd konstanten Temperatur von ca. 35 °C auf. Nur dann ist eine vollständige Entwicklung der Bienenlarven sichergestellt.

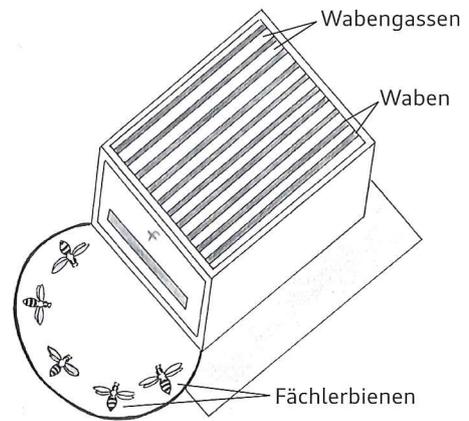
Werden Beobachtungen mithilfe des HOBOS-Archivs gemacht, ist zu beachten, dass die Videos aus dem HOBOS-Archiv im Zeitraffer aufgenommen worden sind.

Warum fächeln Bienen?

Das kennt jeder: Ein Besuch in der Sauna, ein heißer Sommertag – und schon ist klar, was passiert: Wir schwitzen und fächeln uns Luft zu. Auch Tiere können ihre Körpertemperatur regulieren. Hunde z. B. hecheln, wie übrigens Vögel auch. Auch Bienen können ihre Körpertemperatur und vor allem die Temperatur im Bienenstock regulieren.



1 Temperatur und Zahl der Fächlerbienen eines Bienenstocks



2 Bienenstock mit Fächlerbienen

A1 Beschreibe den Verlauf der drei Graphen in Abbildung 1. Beachte die beiden Achsen.

A2 Stelle eine Hypothese auf zur Bedeutung des Flügelschlagens der Bienen am Stockeingang (Fächlerbienen in Abbildung 2).

A3 Interpretiere den Zusammenhang zwischen »Anzahl der Fächlerbienen« und »Temperatur sonnenbeschienenes Holz der Zarge«.

Warum ist die Flugmuskulatur warm?

Hinweise zum Unterricht

Gegenstromprinzip
Wärmeproduktion
im Stoffwechsel
Wechselwarme
Tiere

Wechselwarme und gleichwarme Tiere sowie das Gegenstromprinzip sollten im Unterricht bereits besprochen worden sein. Die Lernenden sollten die Vor- und Nachteile der gleichwarmen bzw. wechselwarmen Tiere kennen.

Im Arbeitsauftrag wird lediglich von wechselwarmen und gleichwarmen Tieren gesprochen. Dies ist eine vereinfachte Darstellung. Betrachtet man die Einteilung der Tiere bezüglich ihrer Thermoregulation, kann folgende Einteilung vorgenommen werden:

Endotherme Tiere sind in der Lage, mithilfe ihrer Stoffwechselvorgänge Wärme zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur zu erzeugen, exotherme Tiere können dies nicht.

Poikilotherme Lebewesen sind bezüglich ihrer Körpertemperatur von der Umgebungstemperatur abhängig (wechselwarm). Homoiotherme Tiere dagegen halten eine konstante Temperatur (gleichwarm).

Die Biene nimmt in dieser Einordnung eine Zwischenstellung ein. Sie kann zur Erhöhung der Körpertemperatur Wärme erzeugen (endotherm), ist aber grundsätzlich als Insekt auch poiklotherm (wechselwarm). Daher werden Bienen in der Literatur als temporär endotherm (heterotherm) bezeichnet. Das Gegenstromprinzip kann hier wirksam werden, weil die Taille der Biene so eng ist.

Tipp

Zum Vergleich mit den Bienen können Wärmebilder gleichwarmer Tiere betrachtet werden. Beispiele findet man im Internet.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Im Brustbereich ist die Biene viel wärmer (ca. 39 °C) als die Umgebung. Im Hinterleib und im Kopfbereich ist die Biene nur geringfügig wärmer als die Umgebung. Daher kann die Biene weder den gleichwarmen Tieren noch den wechselwarmen Tieren zugeordnet werden.

A2 Beschriftung der Grafik: Wärmeaustausch (beim Pfeil) kalt (schwarze Teilchen), warm (weiße Teilchen)

A3 Im Herzschlauch wird kalte Hämolymphe vom Hinterleib in Richtung Brust gepumpt und von der Flugmuskulatur aufgewärmt. Im Bereich der Verengung zwischen Brust und Hinterleib (Taille) fließen kalte und warme Hämolymphe in entgegengesetzter Richtung, sodass die in den Hinterleib fließende warme Hämolymphe von der in Richtung Kopf strömenden kalten Hämolymphe abgekühlt wird, wohingegen die kalte Hämolymphe von der vorbeiströmenden warmen Hämolymphe erwärmt wird. Folglich ist der Brustbereich wärmer und der Hinterleib kälter.

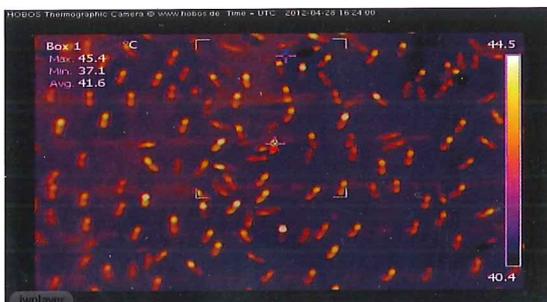
A4 Im warmen Brustbereich befindet sich die Flugmuskulatur. Bei höherer Temperatur laufen dort die für das Fliegen notwendigen Stoffwechselvorgänge schneller ab bzw. die optimale Temperatur wird schneller erreicht.

Mehr Informationen hierzu?

Wärmebild-Aufnahmen

Zur Vertiefung des Themas können Aufnahmen der Wärmebildkamera am HOBOS-Bienenstock betrachtet werden. Mithilfe von Screenshots kann die Temperaturverteilung der einzelnen Bienen beobachtet und interpretiert werden (siehe Abbildung 1).

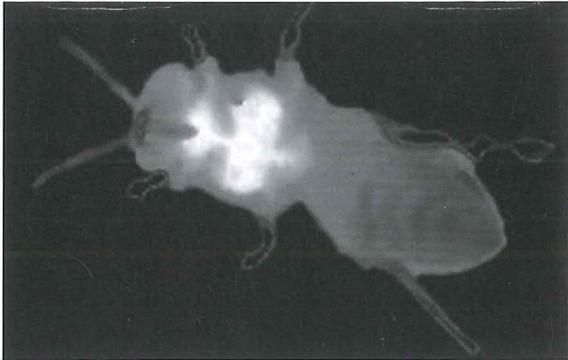
Bei Benutzung des HOBOS-Archivs muss beachtet werden, dass die Videos aus dem HOBOS-Archiv im Zeitraffer aufgenommen worden sind.



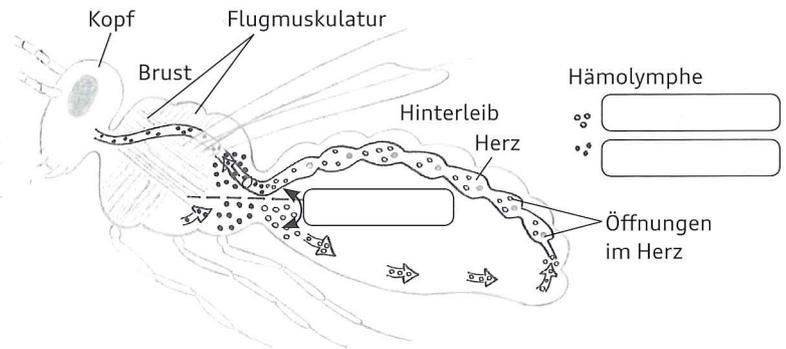
1 Aufnahmen mit einer Wärmebildkamera

Warum ist die Flugmuskulatur warm?

Tiere unterscheiden sich bezüglich ihrer Fähigkeiten zur Temperaturregulation. Viele Tiere können ihre Körpertemperatur mehr oder weniger unabhängig von der Umgebungstemperatur regulieren. Man bezeichnet sie als gleichwarme Tiere, da sie durch eigene Wärmeproduktion ihre Körpertemperatur regulieren können. Im Gegensatz dazu ist die Körpertemperatur von wechselwarmen Tieren vollständig von der Umgebungstemperatur abhängig.



1 Aufnahme einer Biene mit der Wärmebildkamera



2 Fluss der Hämolymphe im Bienenleib

A1 Beschreibe die Temperaturverteilung in der Biene (Abbildung 1) und erläutere, ob die Biene den gleichwarmen bzw. wechselwarmen Tieren zugeordnet werden kann.

A2 Die Hämolymphe, das Blut der Insekten, transportiert unter anderem auch Wärme. Trage mithilfe der Informationen aus Abbildung 1 passende Wörter in die Kästchen in Abbildung 2 ein.

A3 Erkläre die Temperaturunterschiede im Bienenkörper mithilfe des Gegenstromprinzips unter Verwendung von Abbildungen 1 und 2.

A4 Bilde eine Hypothese zum Nutzen der unterschiedlichen Temperaturverteilung in Bezug auf den Stoffwechsel der Biene und begründe sie.

Sind Insektenbeine immer gleich?

Hinweise zum Unterricht

Dauerpräparate
Mikroskopieren
Insektenbein

Zur Bearbeitung des Arbeitsblattes sollten die Lernenden mit der Technik des Mikroskopierens bereits vertraut sein. Möglicherweise haben die Lernenden Insekten, insbesondere den Aufbau des Insektenbeins, schon kennengelernt. Das Arbeitsblatt kann dann dazu eingesetzt werden, vorhandenes Wissen über Insektenbeine zu vertiefen.

Tipp

Falls Binokulare zur Verfügung stehen, erleichtern diese das Positionieren der Insektenbeine auf den Objektträgern. Das Betrachten der Beine unter dem Binokular bietet einen besseren Überblick als das Mikroskop. Details können jedoch mit dem Mikroskop besser erkannt werden.

Beim Einbetten in das Binokular ist es wichtig, gerade so viel Einbettmedium zu verwenden, dass die Fläche unter dem Deckgläschen vollständig benetzt ist. Anschließend drückt man das Deckgläschen vorsichtig mit einem Stift fest. Unter dem Deckgläschen dürfen sich keine Luftblasen bilden, die den Blick auf das Präparat erschweren. Sollte ein Einbettmedium über den Deckglasrand hinausfließen, lässt man diesen Rest trocknen und versiegelt ihn mit dem Nagellack. Zu wenig Einbettmedium hingegen führt in jedem Fall zu Blasenbildung.

Jedes Insektenbein gliedert sich in Coxa (Hüfte), Trochanter (Schenkelring), Femur (Schenkel), Tibia (Schiene), Tarsus (Fuß) und Prätarsus (Krallenglied). Je nach Insekt und Funktion des jeweiligen Beines variieren die einzelnen Segmente. Sie sind weitgehend ihrer Funktion angepasst.

Das vordere Bein der Biene dient vor allem zum Putzen. Tibia und Tarsus weisen kleine Vertiefungen auf, den sogenannten Sporn und den Putzkamm. Beine und Fühler können durch die Ver-

tiefungen gezogen werden und werden so von Pollen gereinigt. Das Hinterbein ist das Sammelbein. Das Tarsenglied ist hier stark verbreitert und trägt auf der Innenseite Borsten. Mit diesem »Bürstchen« kann die Biene die Pollen, die an ihrem Körper hängen bleiben, abbürsten. Die Pollen werden dann ihrerseits mit dem Pollenkamm der Tibia aus dem »Bürstchen« gekämmt und auf dem sogenannten »Körbchen« (längere Haare auf der Tibia-Außenseite, die eine kleine Vertiefung umgeben) positioniert und festgedrückt. So entstehen die »Höschen«, die als gelbe Krümel auch mit bloßem Auge an den Bienenhinterbeinen entdeckt werden können (Abbildung 2).

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Erstellung des Dauerpräparats entsprechend der Anweisung auf dem Arbeitsblatt

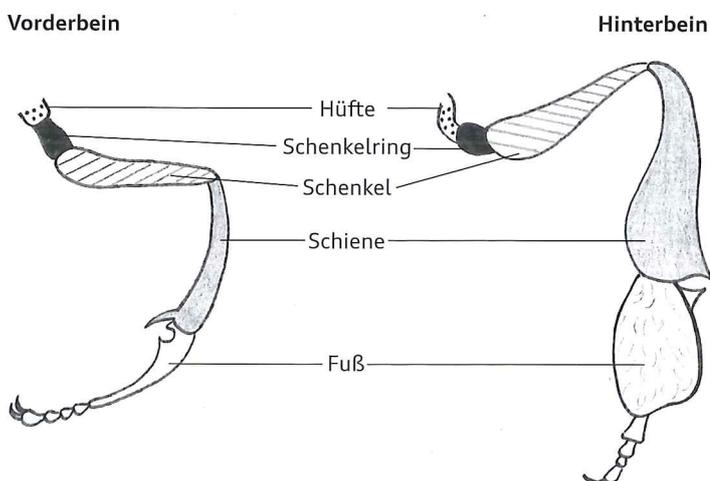
A2 Mögliche Zeichnung: siehe Abbildung 1.

Mehr Informationen hierzu?

Hilfreiche Materialien

Es können verschiedene Klebstoffe oder Einbettmedien verwendet werden. Als Einbettmedium hat sich der Klebstoff UHU Kraft bewährt. Wichtig ist jedoch, dass der Klebstoff oder das Einbettmedium Glas klebt und transparent ist.

Die Verwendung von Objektträgern mit Schliff ist sinnvoll, da so die Gefahr geringer ist, dass das Deckgläschen beim Aufsetzen zerbricht. Auch können in der Vertiefung die Bienenbeine besser positioniert werden. Außerdem wird das Präparat mit dem Klebstoff so sicherer luftdicht abgeschlossen.



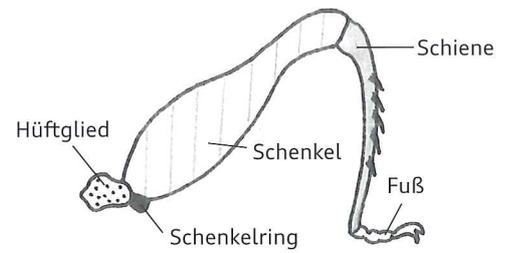
1 Vorderes und hinteres Bein der Biene



2 Biene mit gefülltem Höschen

Sind Insektenbeine immer gleich?

Eine Honigbienenarbeiterin ist 11–13 mm groß. Heimische Wildbienen sind viel kleiner. Doch wenn die Tiere so klein sind, wie groß ist dann ein Bienenbein? Und wie will man gar Details erkennen? Das Mikroskopieren, eine für Biologen typische Arbeitstechnik, hilft hier weiter.



1 Das Sprungbein einer Heuschrecke

Bisher hast du Präparate hergestellt, diese mikroskopiert und dann nicht mehr verwenden können. Doch Präparate kann man auch so herstellen, dass man sie langfristig aufbewahren kann. Dies ist dann sinnvoll, wenn man beispielsweise verschiedene Beine von Insekten miteinander vergleichend untersuchen will. Die verschiedenen Teile werden bei allen Insektenbeinen übereinstimmend benannt – das erleichtert den Vergleich.

Material:

Tote Bienen, Objektträger, Deckgläschen, Klebstoff, Federstahlpinzette, Binokular/Mikroskop, Stecknadel, Spiritus, Aufkleber zur Beschriftung, Nagellack (klar), spitze Schere, Küchenpapier

Arbeitsanweisung:

1. Schneide von einer toten Biene ein vorderes und ein hinteres Bein direkt an der Brust ab.
2. Reinige die vorgesehenen Objektträger und Deckgläschen mit Spiritus.
3. Lege beide Beine mit etwas Abstand auf einen Objektträger.
4. Tropfe auf die Bienenbeine Klebstoff, sodass sie vollständig bedeckt sind. Mithilfe einer Stecknadel kannst du sie richtig anordnen.
5. Setze das Deckgläschen vorsichtig auf und drücke es mit einem Stift etwas herunter.
6. Nach einer kurzen Trocknungszeit von 10 Minuten kannst du das Präparat mit Nagellack am Rand des Deckgläschens versiegeln. Streiche dazu den Nagellack rundum über den Rand des Deckgläschens. Beschrifte anschließend dein Dauerpräparat.

A1 Stelle ein Dauerpräparat von einem hinteren und einem vorderen Bienenbein her.

A2 Betrachte die Bienenbeine unter dem Mikroskop und fertige jeweils eine detaillierte Zeichnung mit Beschriftung an. Orientiere dich für die Beschriftung an Abbildung 1.

Vorderes Bein

Hinteres Bein

An welche Aufgaben sind Insektenbeine angepasst?

Hinweise zum Unterricht

- Insektenbein Vor dem Einsatz des Arbeitsblatts müssen die Lernenden den Aufbau eines Insektenbeins kennen, ebenso Abwandlungen bei verschiedenen Insekten.
- Homologie
- Analogie
- Angepasstheit Die Begriffe der Homologie und Analogie können im Rahmen des Arbeitsblattes durchaus behandelt oder wiederholt werden. Weiterführend kann das Insektenbein dabei mit den Säugetierextremitäten verglichen werden.

Tipp

Im HOBOS-Labor können die Bienen in verschiedenen Videos beobachtet werden. Dabei sieht man auch die Höschen am dritten Beinpaar.

Jedes Insektenbein gliedert sich in Coxa (Hüfte), Trochanter (Schenkelring), Femur (Schenkel), Tibia (Schiene), Tarsus (Fuß) und Prätarsus (Krallenglied). Je nach Insekt und Funktion des jeweiligen Beines variieren die einzelnen Segmente – sie sind an ihre Funktion angepasst. Dies wird dann auch an der Struktur des jeweiligen Beines deutlich. So ist beispielsweise das Sprungbein einer Heuschrecke sehr kräftig und lang, wohingegen das Sammelbein der Honigbiene mit dichten Haaren besetzt ist, zwischen denen viele Pollen hängen bleiben.

Die Strukturen sind im Bau homolog, d. h. sie gehen alle – verwandtschaftlich (oder genetisch) bedingt – auf denselben Grundbauplan zurück. Dies trifft z. B. auch für die Extremitäten der Wirbeltiere zu, denn sie weisen trotz starker Differenzierungen und Anpassungen an die Lebensbedingungen des jeweiligen Tieres ebenfalls alle denselben Grundbauplan auf.

Insekt	Laufkäfer	Heuschrecke	Laus	Maulwurfsgrille	Biene
Funktion	Laufen	Springen	Festhalten	Graben	Sammeln
Lebensraum	Auf dem Erdboden	Feld und Gras	Haarkleid eines Säugetiers	Im Erdboden	Bienenstock

1 Lösung Aufgabe 2

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 1: Laufbein des Laufkäfers, 2: Sprungbein der Heuschrecke, 3: Klammerbein der Kopflaus, 4: Grabbein der Maulwurfsgrille, 5: Sammelbein der Honigbiene

A2 Vergleiche Abbildung 1.

A3 Die Unterschiede in der Struktur der verschiedenen Insektenbeine sind begründet in der unterschiedlichen Funktion, die das Bein des jeweiligen Insekts hat (siehe folgende Beispiele). Heuschrecke: Das Bein ist lang und kraftvoll, ideal zum Springen. Honigbiene: Das Bein ist kurz und verbreitert, ideal zum Sammeln von Pollen. Kopflaus: Das Bein hat vorne einen Haken, ideal zum Festhalten. Laufkäfer: Das Bein ist schlank und lang, ideal zum Laufen. Maulwurfsgrille: Das Bein hat vorne eine schaufelförmige Verbreiterung und ist sehr kurz, ideal zum Graben.

A4 Das Vorderbein hat einen wesentlich schlankeren Fuß und ist im Gegensatz zum Hinterbein nicht behaart. Zusätzlich hat es noch einen weiteren Haken an der Schiene. Das Vorderbein dient dem Laufen und Festhalten an der Blüte. Die behaarte Verdickung am Hinterbein ermöglicht es, Pollen (und Propolis) zu sammeln.

Mehr Informationen hierzu?

Analogie und Homologie

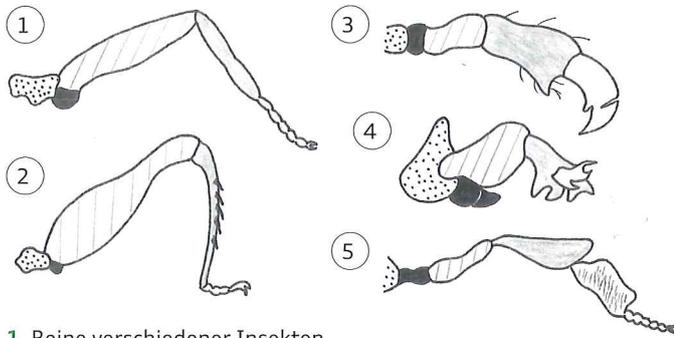
Analogien sind ähnliche Strukturen oder Verhaltensweisen, die aufgrund vergleichbarer Strukturen bei nicht näher miteinander verwandten Arten entstanden sind.

Die Entwicklung, die zu Analogien führt, nennt man Konvergenz.

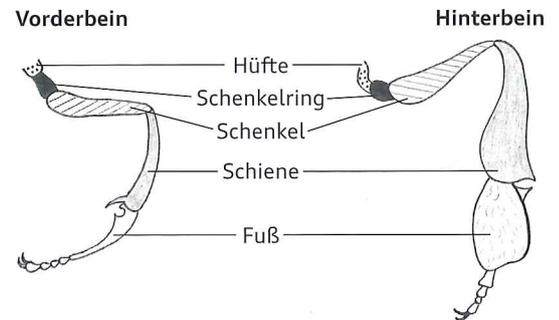
Homologien sind Übereinstimmungen im Aufbau, die nicht durch Angepasstheit, sondern durch gemeinsame Erbinformationen aufgrund gemeinsamer Vorfahren erklärt werden können.

An welche Aufgaben sind Insektenbeine angepasst?

Jedes Insektenbein besteht aus den gleichen Grundsegmenten: Hüftglied, Schenkelring, Schenkel, Schiene und Fuß. Doch bei genauem Hinsehen erkennt man deutliche Unterschiede im Bau der Beine verschiedener Insekten. Bei Heuschrecken sind sie eher dünn und lang, bei der Biene hingegen kürzer und etwas dicker und bei der Maulwurfsgrille sind sie ganz kurz und gedrunen.



1 Beine verschiedener Insekten



2 Beine der Biene

A1 Ordne die verschiedenen Insektenbeine aus Abbildung 1 folgenden Insekten und Bezeichnungen zu:
 Insekten: *Heuschrecke, Honigbiene, Kopflaus, Laufkäfer, Maulwurfsgrille*
 Bezeichnungen: *Grabbein, Klammerbein, Laufbein, Sammelbein, Sprungbein*

A2 In Abbildung 1 sind unterschiedliche Insektenbeine dargestellt. Ordne den Insekten die Funktion der Beine und den idealen Lebensraum für die Ausprägung ihrer Beine zu.

Insekt					
Funktion					
Lebensraum					

A3 Begründe die unterschiedlichen Beinstrukturen an zwei Beispielen.

A4 Vergleiche die beiden in Abbildung 2 gezeigten Bienenbeine und erkläre die Unterschiede.

Welche Mundwerkzeuge haben Bienen?

Hinweise zum Unterricht

Mundwerkzeuge der Insekten
Mikroskopieren
Präparieren
Angepasstheit

Damit die Lernenden das Arbeitsblatt bearbeiten können, sollten sie vorher die verschiedenen Insektenordnungen kennengelernt haben. Die Mundwerkzeuge müssen allerdings noch nicht explizit besprochen worden sein. Das Arbeitsblatt kann zu deren Einführung verwendet werden. Die Bearbeitung wird leichter, wenn die Lernenden Fotos von Insekten beim Gebrauch ihrer Mundwerkzeuge (z. B. aus dem Internet) zur Verfügung gestellt bekommen.

Ebenso wie das Insektenbein (siehe Seite 14/15) gehen auch die Mundwerkzeuge der Insekten auf einen Grundbauplan zurück. Die Mundwerkzeuge sind also homolog. Sie bestehen generell aus Oberkiefer, Unterkiefer, Oberlippe und Unterlippe. Diese sind aber bei den Insekten unterschiedlich ausgeprägt und an die Lebens- und Ernährungsweise des jeweiligen Insekts angepasst. Generell unterscheidet man verschiedene Typen, nämlich beißend-kauende, stechend-saugende, tastend-saugende, leckend-saugende und saugende Mundwerkzeuge. Man nimmt an, dass der beißend-kauende Typ die ursprüngliche Form der Mundwerkzeuge darstellt. Im Verlauf der Evolution entstanden dann die unterschiedlich abgeleiteten Funktionstypen.

Honigbienen haben leckend-saugende Mundwerkzeuge. Charakteristisch ist die lange Zunge. Sie endet in dem sogenannten »Löffelchen«, einer löffelartigen Verbreiterung. Die Ränder sind seitlich eingeschlagen und bilden das Speichelrohr. Unter der Zunge liegen die Lippentaster, die sie unten umschließen und so Decke und Seiten des Rüssels bilden. Die Oberkiefer sind relativ kräftig und dienen der Bearbeitung nicht allzu harter Objekte.

Die Lernenden können entsprechend der Anleitung zur Herstellung eines Dauerpräparats für die Insektenbeine ein Dauerpräparat für die Mundwerkzeuge herstellen (siehe Seite 15).

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Zeichnung der Mundwerkzeuge

A2 1: Heuschrecke: beißend-kauende Mundwerkzeuge

Nahrung: hartes Pflanzenmaterial → kräftige Oberkiefer

2: Fliege: tastend-saugende Mundwerkzeuge
Nahrung: Nahrungsreste, die sie durch Speichelabgabe vorverdaut → Tupf- / Saugrüssel

3: Schmetterling: saugende Mundwerkzeuge
Nahrung: Nektar, der sich in Blütenkelchen befindet → langes Saugrohr

4: Honigbiene: leckend-saugende Mundwerkzeuge

Nahrung: Nektar und Pollen → löffelartige Zunge

5: Stechmücke: stechend-saugende Mundwerkzeuge

Nahrung: Blut → Stechborsten und Saugrüssel



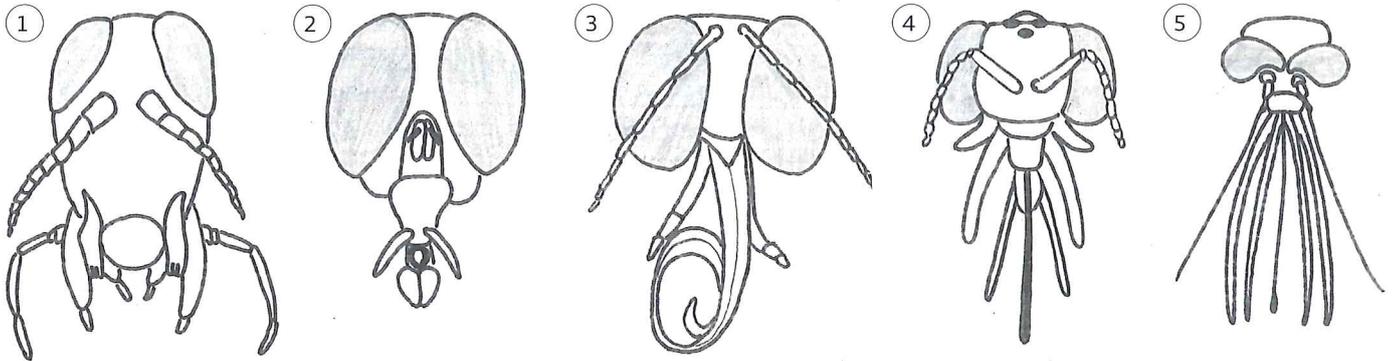
1 Honigbiene füttert ihre Schwester

Tipp

Im virtuellen HOBOS-Labor können die Bienen bei verschiedenen Aktivitäten beobachtet werden, bei denen sie ihre Mundwerkzeuge einsetzen. Beim Schlüpfen beißen sich die Bienen z. B. durch die Waben.

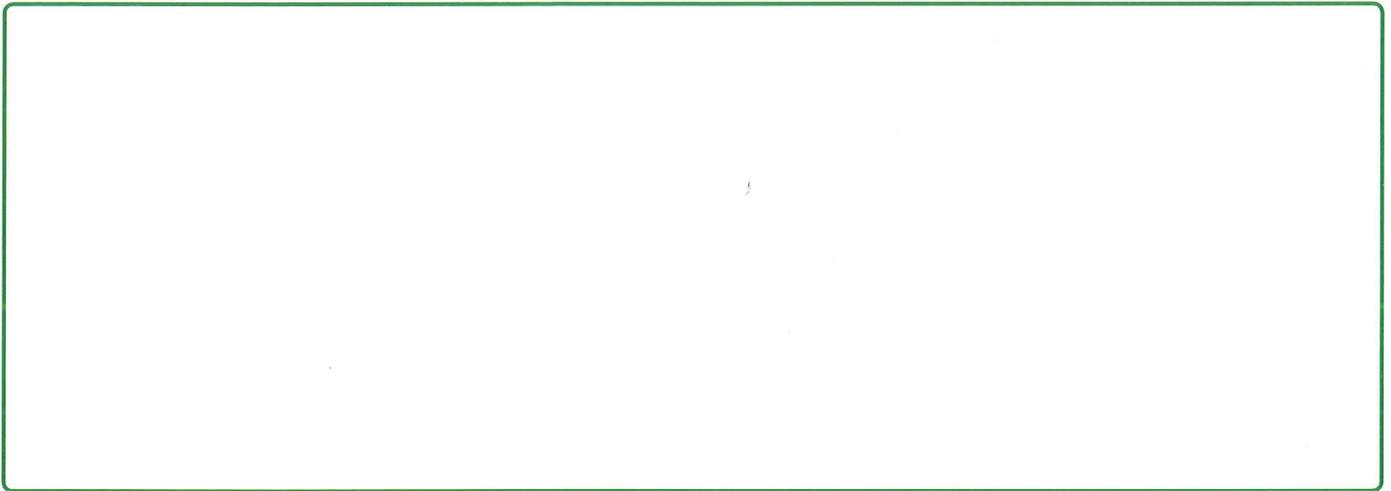
Welche Mundwerkzeuge haben Bienen?

Die Mundwerkzeuge aller Insekten gehen auf denselben Grundbauplan zurück, sind aber der Lebensweise und dem Speiseplan der jeweiligen Insekten optimal angepasst. Die Mundwerkzeuge bestehen aus Oberkiefer, Unterkiefer, Oberlippe und Unterlippe. Dieser Grundbauplan ist der jeweiligen Ernährungsweise eines Insekts perfekt angepasst. Je nach Insekt unterscheidet man beißend-kauende, stechend-saugende, tastend-saugende, leckend-saugende und saugende Mundwerkzeuge.



1 Mundwerkzeuge verschiedener Insekten

A1 Mikroskopiere und zeichne die Mundwerkzeuge der Honigbiene.



A2 Ordne die Mundwerkzeuge in Abbildung 1 folgenden Insekten zu: Honigbiene, Stechmücke, Heuschrecke, Schmetterling, Stubenfliege. Erläutere jeweils kurz den Zusammenhang zwischen dem Bau der Mundwerkzeuge und der Ernährungsweise des Insekts und gib den jeweiligen Mundwerkzeugtyp an.

Welche Aufgaben haben Bienen im Bienenstock?

Hinweise zum Unterricht

»Bienenberufe«
Organfunktionen
beim Menschen

Zur Bearbeitung des Arbeitsblattes sollten die Lernenden die Funktionen von Organen im menschlichen Körper kennen. Dann können sie diese mit den unterschiedlichen Tätigkeiten der Bienen vergleichen.

Bienen erfüllen in ihrem Leben verschiedene Aufgaben im Bienenstock bzw. seiner Umgebung. Abhängig von ihrem Alter und der Temperatur, bei der sich ihr Gehirn entwickelt hat, übernehmen sie verschiedene Tätigkeiten.

Das Basiskonzept »Struktur-Funktion« wird bei diesem Arbeitsblatt gut erkennbar und kann im anschließenden Unterrichtsgespräch auf weitere Beispiele aus der Biologie übertragen werden.

Mehr Informationen hierzu?

Einzelheiten zu den Bienenberufen

Ammenbienen sind in der Lage, sogenannte Schwesternmilch zu erzeugen. Schwesternmilch dient zur Ernährung der Larven.

Wächterbienen tragen auch Propolis zum Schutz vor Mikroorganismen ein. Propolis ist eine Masse mit harzartiger Konsistenz, die häufig am Stockeingang angebracht ist und antibiotisch, antimykotisch und antiviral wirkt.

Baubienen erzeugen Wachs mithilfe von Drüsen auf ihrer Bauchseite.

Die Pollenstampferbiene und die Honigmacherbiene sind vor allem an der Konservierung und Verarbeitung der Nahrung beteiligt.

Durch Muskelzittern können die Heizerbienen zusammen mit den Kühlerbienen die Stocktemperatur im Brutbereich konstant bei 35 °C halten.

Literatur / Medien

Video über das Leben in einem Bienenstock mit vielen Wärmebildaufnahmen: Thelma Society:
<http://www.youtube.com/watch?v=iYr158rwLBI>

Tipp

Auf HOBOS kann das Treiben der Bienen im Stock live und im Archiv beobachtet werden. Im Idealfall können die Berufe einzelner Bienen aus Beobachtungen erschlossen werden. Dies ist auch im YouTube Video von Barret Klein (vgl. Literatur) möglich.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Heizerbiene (7), Putzerbiene (4), Pollenstampferbiene (1), Honigmacherbiene (5), Wächterbiene (2), Ammenbiene (8), Sammelbiene (3), Baubiene (6), Fächlerbiene (9).

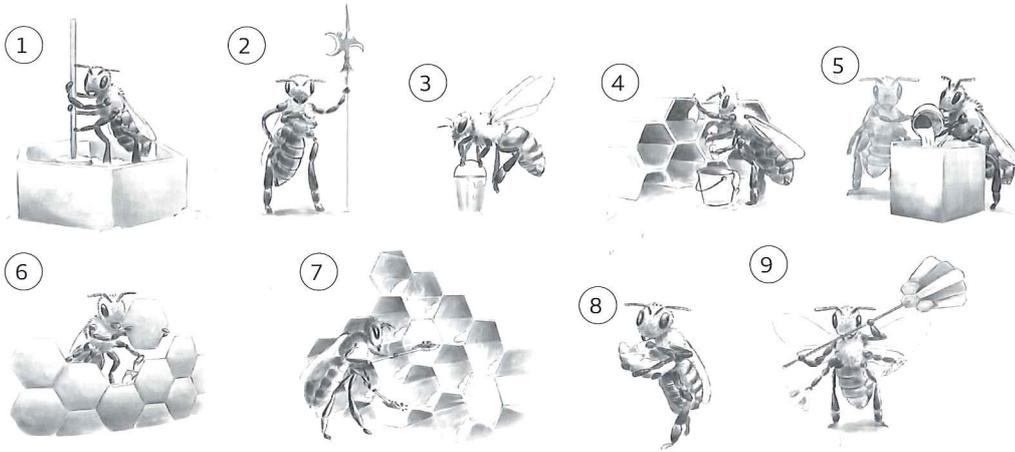
Die Bienenberufe finden Sie als Einzelabbildungen auf der CD-ROM. 

A2 siehe Abbildung 1

Mensch		Superorganismus Bienenstaat	
Struktur	Funktion	Struktur	Funktion
Niere	Ausscheidung von Giftstoffen und Harnstoff	Putzerbiene	Sie säubert den Bienenstock.
Milchdrüsen	Produktion von Muttermilch für Säuglinge	Ammenbiene	Sie füttert den Bienennachwuchs.
Weißer Blutkörperchen	Gehören zum Immunsystem und dienen der Bekämpfung von Krankheitserregern	Wächterbiene	Sie verteidigt den Stock vor Feinden und Eindringlingen.
Blut	Transport von Nährstoffen im Körper	Sammelbiene	Sie sammelt Nektar und Pollen und bringt sie in das Bienennest.
Knochenmark	Produktion von Blutkörperchen	Baubiene	Sie produziert Wachs und baut damit die Waben im Bienenstock.
Verdauungsapparat (Zähne, Speichel, Magen, Darm, Bauchspeicheldrüse)	Nahrungsverarbeitung	Pollenstampferbiene und Honigmacherbiene	Die Pollenstampferbiene stampft die Pollen ein. Die Honigmacherbiene wandelt den Nektar in Honig um.
Muskeln	Temperaturregulation (Muskelzittern zur Wärmezeugung)	Heizerbiene und Fächlerbiene	Sie erzeugt Wärme und reguliert die Stocktemperatur.

Welche Aufgaben haben Bienen im Bienenstock?

Damit der menschliche Organismus als Ganzes funktioniert, übernehmen die verschiedenen Organe unterschiedliche Aufgaben. Auch im Bienenstaat haben die einzelnen Bienen ganz bestimmte Aufgaben. So wird gewährleistet, dass der Bienenstaat als Superorganismus überlebt. Im Laufe ihres Lebens geht eine Biene verschiedenen »Berufen« nach.



1 Darstellung verschiedener Bienenberufe

Bienenberufe:

- Heizerbiene
- Putzerbiene
- Pollenstampferbiene
- Honigmacherbiene
- Wächterbiene
- Ammenbiene
- Sammelbiene
- Baubiene
- Fächlerbiene

A1 Ordne den Bienenberufen die jeweils passende Zeichnung aus Abbildung 1 zu.

Schreibe dazu die entsprechende Ziffer in die Klammer hinter den jeweiligen Bienenberuf.

A2 Vergleiche den menschlichen Organismus mit dem Superorganismus Bienenstaat. Fülle dazu die Tabelle aus. Verwende für die Spalte Struktur beim Bienenstaat die in Abbildung 1 gezeigten Bienenberufe.

Mensch		Superorganismus Bienenstaat	
Struktur	Funktion	Struktur	Funktion
Niere	Ausscheidung von Giftstoffen und Harnstoff	Putzbiene	Sie säubern den Bienenstock.
Milchdrüsen			
Weißer Blutkörperchen	Sie gehören zum Immunsystem und dienen der Bekämpfung von Krankheitserregern.		
Blut			Sie sammeln Pollen und Nektar und bringen sie in das Bienen-nest.
Knochenmark			
Verdauungs-apparat		Pollenstampferbiene und Honig-macherbiene	
Muskeln			

Wie schafft die Honigbiene ihr eigenes Wohnklima?

Hinweise zum Unterricht

Liniendiagramm
Diagrammkompetenz

Mit dem Arbeitsblatt üben die Lernenden, Daten aus einer Wertetabelle in einem Diagramm darzustellen.

Temperaturregulation

Eine erste Herausforderung stellt der entsprechende Wertebereich dar. Bei der Temperatur sollte der Wertebereich von 16°C–36°C auf der y-Achse reichen. In diesem Fall entsprechen zwei Kästchen 1°C. Auf der x-Achse entspricht idealerweise eine Stunde zwei Kästchen (0:00 Uhr bis 24:00 Uhr). Wählt man diesen Maßstab und den angegebenen Wertebereich aus, reicht der Platz auf dem Arbeitsblatt. In Abhängigkeit vom Kenntnisstand der Lernenden können Maßstab und Wertebereich vorgegeben oder den Lernenden überlassen werden.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Die Lösung in Abbildung 1 trifft für den Fall zu, dass die Lernenden das Diagramm bei 16°C beginnen. Andere Lösungen sollten auch akzeptiert werden.

A2 Je tiefer im Stockinneren die Temperatur gemessen wird, desto weniger schwankt sie. Sie beträgt in etwa 35°C. Die Honigbiene schafft also unabhängig von der Außentemperatur ein konstantes Wohnklima. Der zu erwartende Kurvenverlauf für Wabengasse 3 liegt zwischen denen von Wabengassen 2 und 5.

Mehr Informationen hierzu?

Ausnahmetemperaturen im Stockinneren

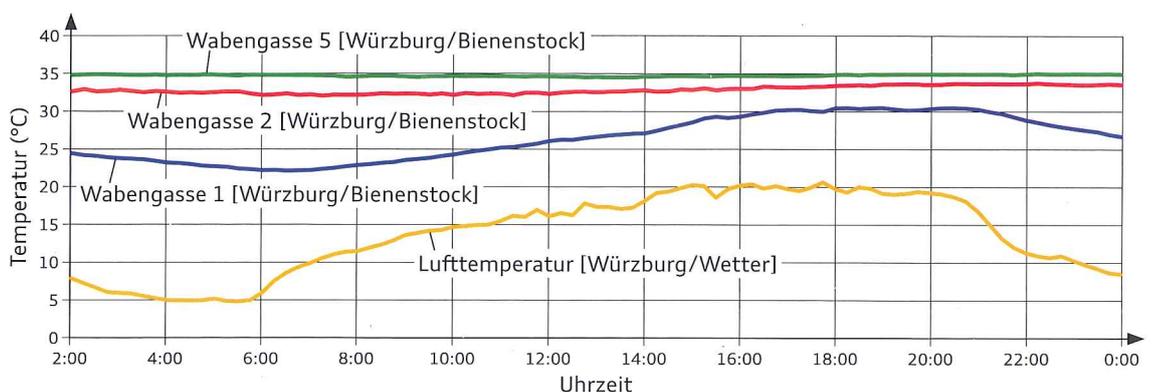
In den HOBOS-Daten findet man teilweise stärkere Temperaturabweichungen in zentralen Wabengassen (Wabengasse 5 oder 6). Diese können in der Regel mit besonderen Ereignissen erklärt werden.

Ein Beispiel dafür ist das Schwärmereignis am 18.05.2013 gegen 14.00 Uhr. Man findet es im HOBOS-Labor über den Button »Ereignisse«. Dabei steigt die Temperatur auch in Wabengasse 5 kurze Zeit auf über 35°C an.

Ähnliche Grafiken wie für Aufgabe 1 können für beliebige Zeiträume (seit Juni 2011) im HOBOS-Labor unter »Messwerte« abgerufen werden. Es ist jedoch aus technischen Gründen nicht möglich, mehr als sechs Temperaturkurven in einem Diagramm aufzurufen.

Tipp

Im HOBOS-Labor kann der Temperaturverlauf in den verschiedenen Wabengassen über Tage, Wochen oder Monate hinweg untersucht werden. Ein jahreszeitlicher Vergleich bietet sich ebenso an.

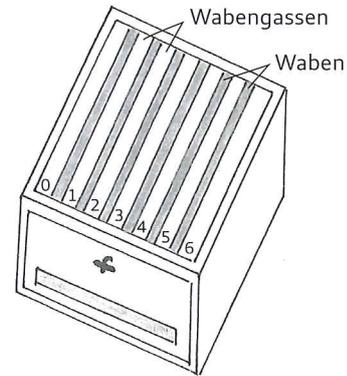


1 Lösung zu Aufgabe 1

Wie schafft die Honigbiene ihr eigenes Wohnklima?

Die ideale Umgebungstemperatur für den Menschen liegt bei ca. 21 °C. Ist es uns zu kalt, ziehen wir entweder warme Kleidung an oder heizen unsere Wohnung. Ist es uns zu heiß, beginnen wir zu schwitzen oder schalten eine Klimaanlage ein. Auch die Honigbiene besitzt ein Zuhause – nämlich ihren Bienenstock. Doch hängt die Temperatur im Bienenstock von der Umgebung ab oder schafft sie es, ein eigenes Klima zu erzeugen?

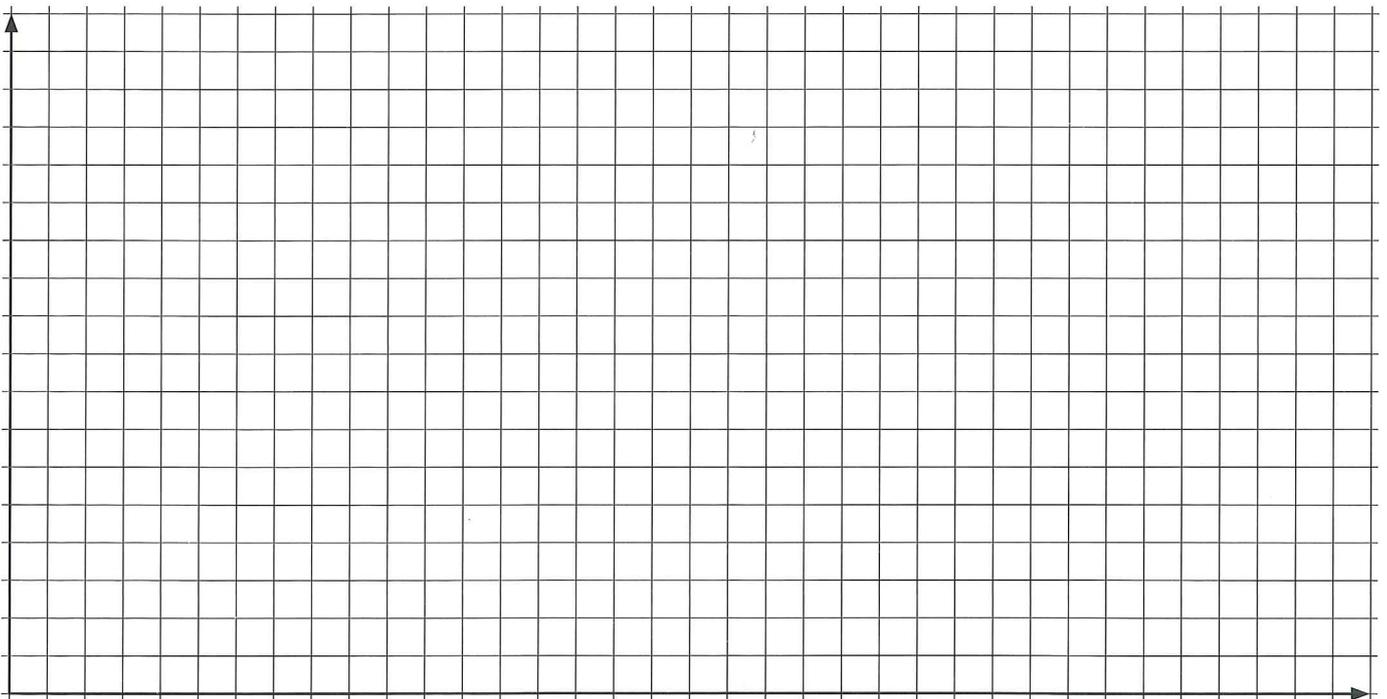
Uhrzeit am 26.06.2014	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00
T (Lufttemperatur) (°C)	19,3	17,2	16,0	17,2	18,9	21,4
T (Wabengasse 1) (°C)	24,2	23,2	22,1	22,8	24,1	25,9
T (Wabengasse 2) (°C)	32,4	32,6	32,0	31,9	32,0	32,5
T (Wabengasse 5) (°C)	34,8	34,8	34,6	34,5	34,6	34,6
Uhrzeit am 26.06.2014	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00
T (Lufttemperatur) (°C)	23,2	26,2	28,3	28,6	26,2	23,2
T (Wabengasse 1) (°C)	26,9	29,3	30,2	30,3	28,8	27,0
T (Wabengasse 2) (°C)	32,6	33,0	33,3	33,7	33,5	33,5
T (Wabengasse 5) (°C)	34,5	34,7	34,8	34,9	34,9	35,0



1 Temperaturdaten aus einem Bienenstock

2 Wabengassen

A1 Stelle die vier Messreihen mit unterschiedlichen Farben in einem Liniendiagramm dar. Achte dabei auf einen geeigneten Maßstab und Wertebereich (x-Achse: Zeit, y-Achse: Temperatur).



A2 Zeichne den von dir vermuteten Temperaturverlauf in Wabengasse 3 mit einer weiteren Farbe in das Diagramm ein. Begründe deine Entscheidung.

Wie funktioniert die Temperaturregulation im Bienenstock?

Hinweise zum Unterricht

Temperaturregulation
Flussdiagramm

Die Lernenden sollten bereits in einem früheren Unterrichtskontext ein Flussdiagramm erstellt haben. Ist dies nicht der Fall, sollte diese Methode den Lernenden an einem einfachen Beispiel vorgestellt werden.

Zum Einstieg kann das Flussdiagramm in Abbildung 2 gezeigt werden. Daran können einzelne Elemente geklärt bzw. wiederholt werden.

In diesem Heft wurden verschiedene Arbeitsblätter zur Temperaturregulation im Bienenstock vorgestellt. Mit Arbeitsaufträgen auf diesen Arbeitsblättern kann die Erstellung eines Flussdiagramms kombiniert werden.

Inhaltlich sollten die Lernenden wissen, dass beim Abbau von Honig im Stoffwechsel Wärme entsteht und der Bienenstock durch fächernde Bienen gekühlt werden kann. Ist dies aus früheren Unterrichtseinheiten noch nicht bekannt, so sollte dies in einem einführenden Unterrichtsgespräch erörtert werden.

- Im Winter befinden sich Winterbienen im Bienenstock, die nicht so gut heizen können.
- Im Winter ist die Temperatur so niedrig, dass die Bienen nicht genügend Energie aufbringen können, um den Bienenstock zu heizen.

Mehr Informationen hierzu?

Die Flussdiagramm-Methode

Begründer der Flussdiagramm-Methode ist Frank Gilberth (1868–1924). Anfangs wurde die Methode in den Ingenieurwissenschaften verwendet, um Arbeitsabläufe darzustellen und zu analysieren. Dabei werden für unterschiedliche Prozesse einheitliche Symbole (siehe Arbeitsblatt) genutzt. Auf dem Arbeitsblatt ist nur eine kleine, jedoch für den Arbeitsauftrag ausreichende Auswahl der möglichen Symbole dargestellt.

Flussdiagramme können auch mit verschiedenen Textverarbeitungsprogrammen oder Präsentationsprogrammen erstellt werden. Weitere Informationen können mithilfe der Literaturangabe recherchiert werden.

Literatur / Medien

Eine Übersicht zu Symbolen und Bedeutung von Elementen in Flussdiagrammen findet man unter:

<http://www.ibim.de/pl+orga/3-3.htm>

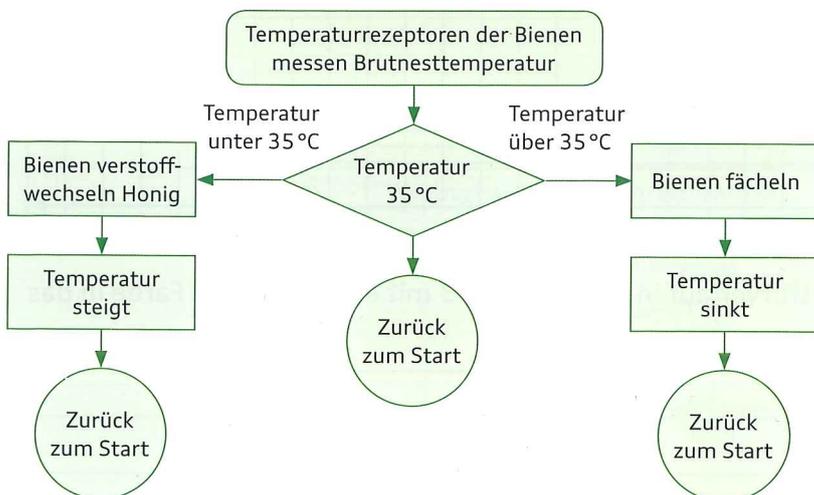
Tipp
Als Sozialform für die Erstellung des Flussdiagramms eignet sich die Partnerarbeit.

Lösungen zum Arbeitsblatt

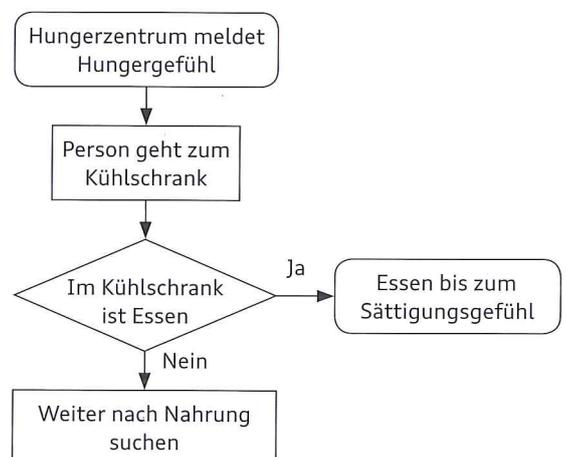
A1 siehe Abbildung 1

A2 Mögliche Hypothesen sind:

- Die Temperatur im Bienenstock muss nicht konstant sein, weil die Bienen nur im Sommer brüten.



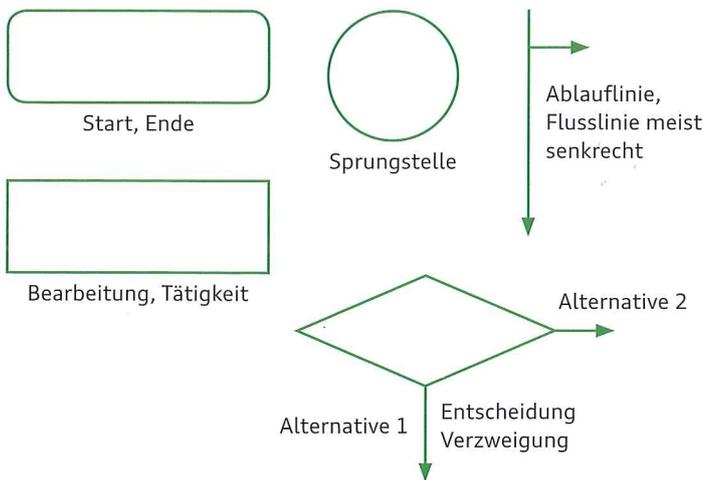
1 Flussdiagramm zur Temperaturregulation



2 Beispiel eines Flussdiagramms

Wie funktioniert die Temperaturregulation im Bienenstock?

Bienen können das Bienennest klimatisieren. Diese Fähigkeit nutzen sie von März bis September, da eine konstante Temperatur von 35 °C wichtig für die Entwicklung ihrer Larven ist. Die Temperaturregulation im Bienennest unterliegt einem Regelkreis. Solche Systeme können mit einem Flussdiagramm dargestellt werden.



1 Symbole für das Erstellen eines Flussdiagramms

Temperatur 35 °C
Temperatur über 35 °C
Temperatur unter 35 °C
Temperaturrezeptoren messen Brutnesttemperatur
Bienen fächeln
Bienen verstoffwechseln Honig
Temperatur steigt
Temperatur sinkt

2 Begriffe zur Temperaturregulation

A1 Erstelle ein Flussdiagramm für die Temperaturregulation im Brutnest. Nutze dafür die Symbole aus Abbildung 1 und die Begriffe aus Abbildung 2.

A2 Im Winter sinkt die Temperatur im Bienenstock. Außerdem ist er stärker von der Außentemperatur abhängig als im Frühling und im Sommer. Formuliere eine Hypothese, die diesen Sachverhalt erklären kann.

Wie unterscheiden sich Honigsorten?

Hinweise zum Unterricht

Präparate für die Mikroskopie herstellen
Mikroskopieren
Pollenanalyse
Honigsorten

Die Angaben zur Menge der Honiglösung im Zentrifugenglas muss an die vorhandene Zentrifuge angepasst werden. Bei einer Eppendorf-Zentrifuge beispielsweise reicht es, wenn in jedes Eppendorf-Reaktionsgefäß 1 ml gefüllt wird. Wichtig ist, dass mit der Maximalgeschwindigkeit zentrifugiert wird.

Hat man mehrere Honigsorten zur Verfügung, können die Präparate auch in arbeitsteiligen Gruppen erstellt und später zum Mikroskopieren ausgetauscht werden. Mithilfe der Pollenanalyse kann idealerweise Sommerhonig vom Frühlingshonig unterschieden werden. Lindenblütenhonig ist eine häufig verkaufte Honigsorte und Lindenpollen sind gut zu erkennen. In diesem Fall sollte das Etikett überklebt werden, sodass die Lernenden nicht wissen, welche Honigsorte sie analysieren.

Die drei Waschvorgänge sind notwendig, da die im Honig gelösten Zucker herausgewaschen werden müssen. Beim unsauberen Arbeiten bilden die Zuckermoleküle Schlieren auf den Präparaten.

Falls gewünscht kann auch ein Dauerpräparat erstellt werden (siehe Seite 15).

Die Pollenkörner sind sehr klein, daher muss mit der größtmöglichen Vergrößerung mikroskopiert werden. Es erfordert Geduld und Geschick, eine gute Einstellung mit dem Mikroskop zu finden. Gelingt dies einer Gruppe von Lernenden, können die Mitschüler einen Blick auf das Präparat werfen.

Die Fotos auf dem Arbeitsblatt zeigen beispielhaft Pollen, die mit der dort beschriebenen Methode im Unterricht aufgenommen wurden.

Die Biene sammelt Pollen in den Höschen, die sich am dritten Beinpaar befinden (siehe Abbildung 1).

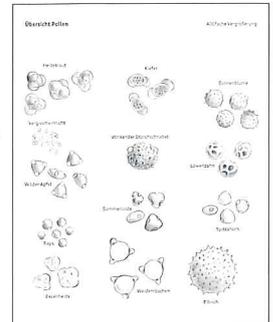


2 Pollenkornwand aus 2 Schichten

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 In Abhängigkeit von der Honigsorte und dem Standort der Honigbienen unterscheiden sich die Pollen.

Mithilfe des Übersichtsblatts (siehe CD-ROM) können die gezeichneten Pollen bestimmt und beschriftet werden.



A2 Mögliche Interpretationen sind:

- In einer Honigsorte befinden sich vor allem Pollen von Frühblühern, daher handelt es sich bei der Honigsorte um einen Frühlingshonig.
- In einer Honigsorte befinden sich vor allem Pollen von Spätblühern, daher handelt es sich bei der Honigsorte um einen Sommerhonig.
- In einer Honigsorte überwiegt der Anteil an Lindenblütenpollen, daher handelt es sich bei der Honigsorte um Lindenblütenhonig.

Mehr Informationen hierzu?

Die Pollen der Blütenpflanzen haben einen grundlegend ähnlichen Bau (siehe Abbildung 2), zeichnen sich jedoch auch durch eine sehr große Formenvielfalt aus. Die Formen sind auf die unterschiedliche Anzahl, Anordnung und Form der Aperturen zurückzuführen. Als Aperturen bezeichnet man Dünnstellen in der Exine (äußere Pollenwand), die man als »Sollbruchstellen« für den austretenden Pollenschlauch bezeichnen kann (Abbildung 2). Durch die unterschiedliche und artspezifische Form der Pollen kann man sie der jeweiligen Pflanzenart zuordnen. Folglich stammt auch der Nektar im Honig von den entsprechenden Pflanzen.

Literatur / Medien

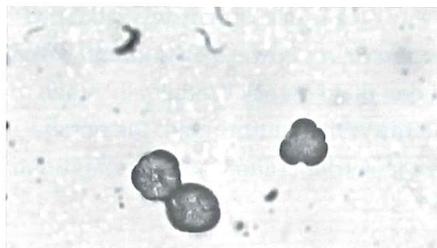
- Lüttge U., Kluge M., Bauer G. (2005), Botanik, Wiley-VCH Verlag, Weinheim
- Beiliegende CD-ROM: Übersichtsblätter Pollen



1 Gefüllte Höschen einer Biene

Wie unterscheiden sich Honigsorten?

Neben Nektar sammeln die Bienen auch die eiweißreichen Pollen der Pflanzen. Die winzigen Pollenkörner verschiedener Pflanzen unterscheiden sich in Größe und Gestalt. Man kann die Jahreszeit und den Ort der Honigentstehung mithilfe einer sogenannten Pollenanalyse nachweisen.



1 Lindenpollen (Sommer)



2 Maispollen (Sommer)



3 Buchenpollen (Frühling)

Material:

Verschiedene Honigsorten, destilliertes Wasser, Zentrifugengläser, Objektträger, Deckgläser, Waage, Spatel, Glasstäbe, Mikroskop, Bechergläser (100 ml), Zentrifuge, Pipette

Durchführung:

1. Wiege von den Honigsorten je 5 g in Bechergläser ab und beschrifte die Bechergläser.
Die folgenden Schritte gelten für jede Honigsorte.
2. Gib 10 ml warmes dest. Wasser dazu und rühre, bis eine homogene Lösung entsteht.
3. Fülle aus jedem Becherglas 3 ml der Lösung in je ein Zentrifugenglas.
4. Zentrifugiere 3 min auf der höchsten Stufe. Dekantiere den Überstand ab. Gib 2 ml warmes Wasser zum Pellet und zentrifugiere erneut 3 min. Wiederhole diesen Schritt zweimal.
5. Dekantiere wiederum und nimm die sichtbare Pollenablagerung mit wenig dest. Wasser auf.
6. Tropfe die Pollenlösung auf einen Objektträger und beschrifte den Objektträger.
7. Lege den Objektträger auf eine Heizplatte und warte, bis das Wasser vollständig verdampft ist.
8. Mikroskopiere das Präparat.

A1 Bestimme bei den beiden Präparaten mithilfe der Übersichtsblätter verschiedene Pollenarten, zeichne zu jedem Präparat ein charakteristisches Pollenkorn und beschrifte die Zeichnung entsprechend.

A2 Interpretiere deine Pollenanalyse (Sommer- oder Frühlingshonig? Überwiegt eine spezielle Pollensorte? Entdeckst du Widersprüche?).

Wie funktioniert ein Regelkreis?

Hinweise zum Unterricht

Regelkreis
Temperatur-
regulation

Die Lernenden sollten an einem anderen Beispiel den Regelkreis bereits kennengelernt haben. Dann gelingt den Lernenden der Transfer zum Regelkreis »Temperaturregulation« im Bienenstock.

Regulation spielt bei vielen physiologischen Prozessen eine wichtige Rolle. Im menschlichen Körper werden der Blutzuckerspiegel, der Blutdruck, die Atemfrequenz, die Körpertemperatur und viele weitere Stoffwechselprozesse reguliert.

Mehr Informationen hierzu?

Temperaturregulation im Bienenstock

Die Fächlerbienen erzeugen einen Luftstrom, der dazu führt, dass der Bienenstock abkühlt. Unterstützt wird der Prozess noch, wenn weitere Bienen in den Bienenstock Wasser eintragen und es auf die Waben aufbringen. Die daraus resultierende Verdunstungskälte verstärkt den Kühleffekt.

Für Heizerbienen werden in den Brutwaben einzelne Zellen freigelassen (Abbildung 1). Die Heizerbienen erzeugen in diesen Zellen durch Muskelzittern Wärme, die über das Wachs auf die umliegenden Zellen übertragen wird. Die Tätigkeit ist für die Heizerbienen so anstrengend, dass sie selbst nicht mehr aus den Zellen kriechen können, bevor sie nicht von sogenannten Tankstellenbienen gefüttert wurden.

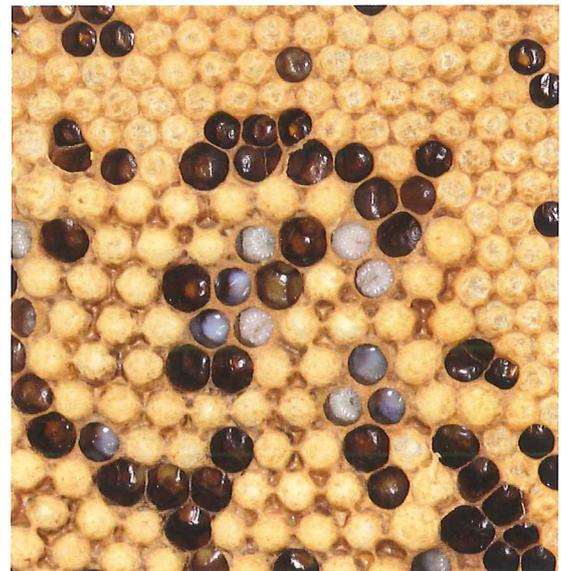
Tipp

Abweichungen von der Brutnesttemperatur können im HOBOS-Labor bei einem Schwärmerereignis beobachtet werden. Im Anschluss an ein Schwärmerereignis erkennt man Fächlerbienen, durch deren Tätigkeit das Brutnest wieder abgekühlt wird.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 siehe Abbildung 1

A2 Bsp.: Blutzucker, Körpertemperatur, Blutdruck. Für die Spalte Mensch wurde in der Tabelle (Abbildung 1) exemplarisch die Regulation des Blutdrucks gewählt. Verschiedenste Prozesse sind hier möglich.



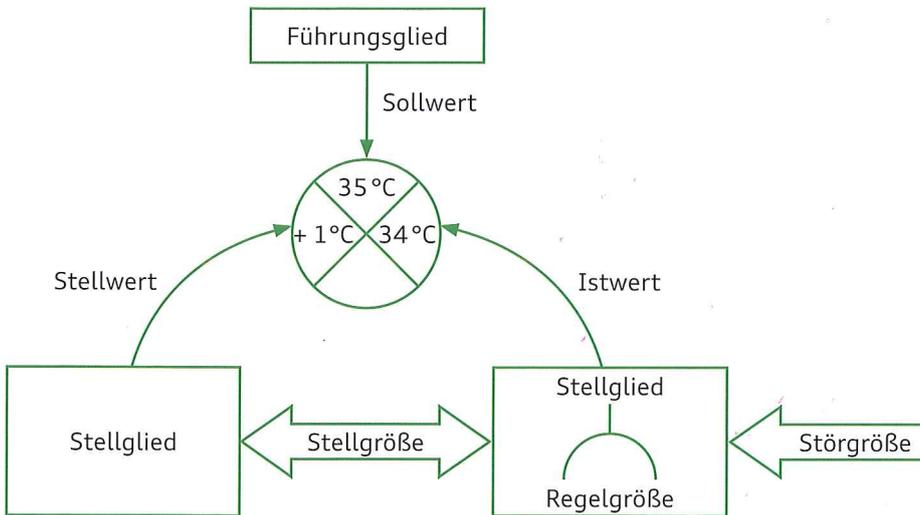
2 Brutwabe mit leeren Zellen für Heizerbienen

Regelkreis	Bienenstaat (Temperatur Brutnest)	Mensch
Regelkreis	Bienenstaat (Temperatur Brutnest)	Mensch (Blutdruck)
Stellgröße	Wärmetransport	Hormonausschüttung
Stellglied	Heizerbienen und Fächlerbienen	Herz: Schlagkraft und Frequenz, Gefäßweite
Regelgröße	Brutnesttemperatur	Blutdruck in den Blutbahnen
Istwert	Beispielsweise: 34 °C	Beispielsweise 150/100 mmHg
Sollwert	35 °C	120/80 mmHg
Führungsglied	Schwarmintelligenz	Gehirn (Hypothalamus)
Messglied	Temperaturrezeptoren der Bienen	Pressrezeptoren in den Blutbahnen
Störgröße	Sonneneinstrahlung, Wetter, Lufttemperatur	Lebenswandel, Cholesterin etc.

1 Lösung zu Aufgabe 1 und 2

Wie funktioniert ein Regelkreis?

Wenn wir frieren, zittern unsere Muskeln. Wenn es uns zu warm ist, schwitzen wir. Wenn unser Blutzuckerspiegel zu niedrig oder zu hoch ist, wird das entsprechende Hormon ausgeschüttet, durch das der Blutzuckerspiegel wieder in den idealen Bereich reguliert wird. Auch in einem Bienenstaat findet Regulation statt. So darf es beispielsweise im Brutbereich nicht zu warm oder zu kalt sein. Regulation ist ein äußerst wichtiger Prozess und dieser kann mithilfe des Regelkreismodells nachvollzogen werden.



35 °C
Bsp.: 34 °C
Bsp.: Erhöhung um 1 °C
Brutnesttemperatur
Fächlerbienen
Heizerbienen
Schwarmintelligenz
Sonneneinstrahlung
Temperaturrezeptoren der Bienen
Umgebungstemperatur
Wärmetransport
Wetter

2 Beschriftung Regelkreis

1 Der Regelkreis

A1 Fülle mithilfe von Abbildung 1 die erste Spalte der Tabelle aus und trage in die zweite Spalte passende Begriffe aus Abbildung 2 ein (mehr als ein Begriff pro Kästchen ist möglich).

Regelkreis	Bienenstaat (Temperatur Brutnest)	Mensch

A2 Nenne drei Regelkreise des menschlichen Körpers und vergleiche an einem Beispiel die Regulation beim Menschen mit der Regulation im Bienenstock, indem du die dritte Spalte in der Tabelle entsprechend ergänzt.

Wie kommuniziert die Biene mit Artgenossen? I

Hinweise zum Unterricht

Tanzsprache der Bienen
Schwänzeltanz
Fundtanz

Die Lernenden sollten in Grundzügen den Schwänzeltanz bereits kennen und diesen dann mit Abbildung 1 nachvollziehen können. Dabei sollte ihnen schon klar sein, wie die Information über die Ergiebigkeit und die Entfernung zur Futterquelle übermittelt wird.

Der Schwänzeltanz besteht aus einer geraden Linie, auf der die Späherin schwänzelt und zwei Rundbögen. Tanzt die Späherin auf einer waagerechten Wabe, tanzt sie einfach in Richtung der Futterquelle. Im Bienenstock muss die Biene jedoch auf einer senkrecht hängenden Wabe tanzen. Dann schwänzelt sie im gleichen Winkel zur Senkrechten, der vom Bienenstock aus zwischen Sonne und Futterquelle liegt. Dabei können die Bienen dank ihrer inneren Uhr sogar im dunklen Bienenstock den sich verändernden Sonnenstand berücksichtigen.

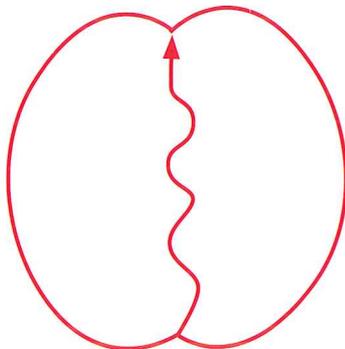
Tip

Der Schwänzeltanz eignet sich auch für die Methode des szenischen Lernens.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Der Sonnenstand wird auf der senkrecht hängenden Wabe durch das senkrechte Lot symbolisiert. Mit der Richtung der Schwänzelstrecke zwischen den Halbkreisen wird die Richtung zur Trachtquelle (= Winkel zum Lot) angegeben. Hinweis: Je größer die Entfernung zur Futterquelle ist, desto länger ist der Schwänzellauf auf der Mittellinie. Die Geschwindigkeit der Rundläufe gibt die Ergiebigkeit der Futterquelle an. Lläuft die Späherin schnell, ist die Futterquelle gut.

Zeichnung:



A2 Der Schwänzeltanz in Abbildung 1 zeigt eine klare Mittellinie und klare Bögen. In Abbildung 2 dagegen ist die Form des Schwänzeltanzes nur zu erahnen. Die zwei Mittellinien zeigen nicht klar in eine Richtung und die Bögen weisen viele Unregelmäßigkeiten auf.

A3 Abbildung 2 zeigt eine natürliche Messung, Abbildung 1 dagegen eine schematische Grafik. Der Schwänzeltanz in Abbildung 2 ist für uns Menschen schwerer auswertbar. Für die Richtung der Futterquelle ergibt sich keine eindeutige Angabe.

Mehr Informationen hierzu?

Lügende Bienen

In einem Experiment flogen Sammelbienen durch einen schmalen, sechs Meter langen Tunnel. Auf den Seitenwänden des Tunnels befand sich ein Muster, das die Bienen über die wahre Entfernung zum Futterort täuschte (siehe Abbildung 1).

Je mehr optische Veränderungen die Bienen auf ihrem Flug registrieren, desto größer ist die Entfernung in ihrer Wahrnehmung. So flogen die Tunnelbienen zwar nur wenige Meter, zeigten aber im Tanz an, dass die Futterquelle in einer Entfernung von mehreren hundert Metern läge. Die Sammlerinnen täuschten demzufolge ihre Schwestern. Die Bezeichnung »Lügen« für dieses Phänomen kann missverständlich sein, da die tanzenden Bienen selbst Opfer einer Täuschung sind.

Literatur / Medien

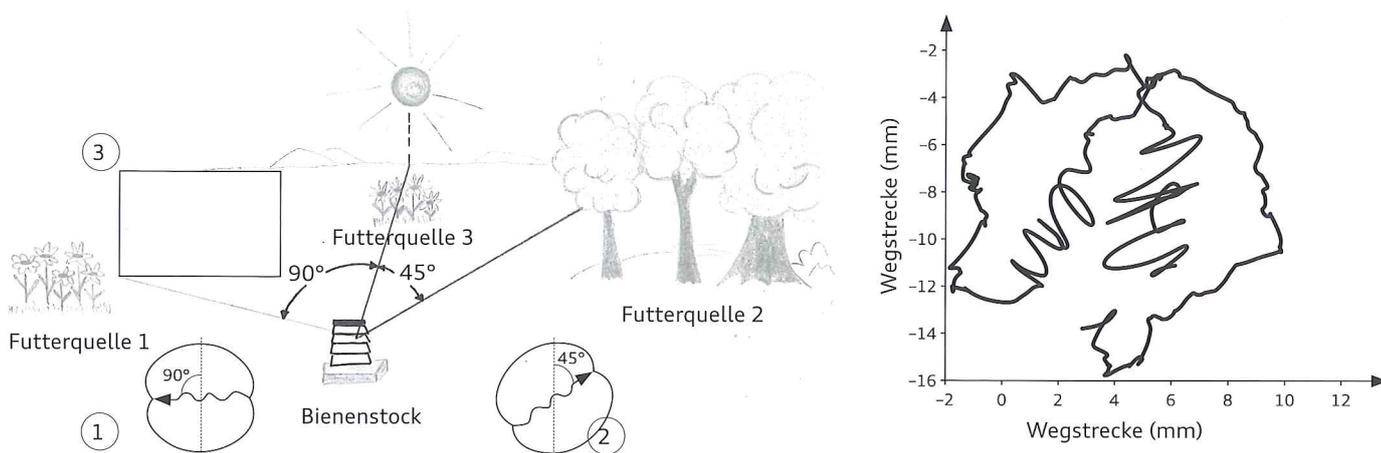
idw - Informationsdienst Wissenschaft:
<https://idw-online.de/pages/de/news35065>



1 »Lügende« Biene im Tunnelexperiment

Wie kommuniziert die Biene mit Artgenossen? I

Schon Aristoteles beschäftigte sich mit der Honigbiene und hat in ersten Ansätzen die Tanzsprache der Honigbienen beschrieben. Karl von Frisch untersuchte sie im 20. Jahrhundert systematisch. Dabei stellte er fest, dass die Bienen zwischen Rundtanz für naheliegende Futterquellen und dem Schwänzeltanz für weiter entfernte Futterquellen unterscheiden. Mit dem Schwänzeltanz teilen die Bienen ihren Artgenossen im Stock Informationen über Ergiebigkeit, Richtung und Entfernung der Futterquelle zum Brutnest mit. Mit den heutigen technischen Möglichkeiten kann die Tanzsprache der Biene noch weiter untersucht werden.



1 Tanzsprache der Biene

2 Ergebnisse einer elektronischen Aufzeichnung

A1 Erkläre mithilfe der Beispiele 1 und 2 aus Abbildung 1 die Tanzsprache der Biene und zeichne die Tanzfigur für den Schwänzeltanz, der zur dritten Futterquelle führt, in Abbildung 1 an Position 3 ein, wenn die Futterquelle direkt in Richtung Sonne liegt.

A2 Vergleiche die Schwänzelpasen in Abbildung 1 mit den elektronisch aufgezeichneten Schwänzelpasen in Abbildung 2.

A3 Interpretiere die Unterschiede.

Wie kommuniziert die Biene mit Artgenossen? II

Hinweise zum Unterricht

Schwänzeltanz
Schreibgespräch

Das Arbeitsblatt baut auf »Wie kommuniziert die Biene mit Artgenossen? I« auf (siehe Seite 30, 31). Daher muss zur Bearbeitung der Aufgaben »Der Schwänzeltanz der Biene« verstanden worden sein, sodass die Prinzipien des Schwänzeltanzes angewendet werden können.

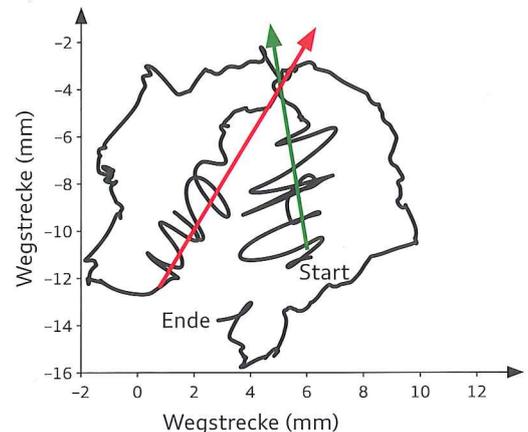
Tipp

Beim Schreibgespräch sollte ein striktes Redevorbot gelten.

Bei Aufgabe 1 sollen die Lernenden mithilfe der Darstellung die Futterquelle bestimmen. Dabei sind im Prinzip drei Möglichkeiten gegeben. Zum einen können sie jede der beiden Linien betrachten und jeweils eine Ausgleichsgerade einzeichnen. Das Ergebnis wären zwei verschiedene Richtungen zur Futterquelle. Zum anderen können sie die mittlere Richtung aus den beiden Ausgleichsgeraden angeben. Das Ergebnis wäre eine dritte Richtung zur Futterquelle, die zwischen den beiden ersten liegt. *Hinweis:* Die Information zur Entfernung der Futterquelle wird jedoch über die Länge des Schwänzeltanzes weitergegeben. Dies ist in der Grafik nicht dargestellt.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Die zu ermittelnde Futterquelle liegt in einem Korridor, der aufgrund des Winkels zwischen der ersten Tanzrunde und der zweiten Tanzrunde mit zunehmender Entfernung der Futterquelle immer größer wird.



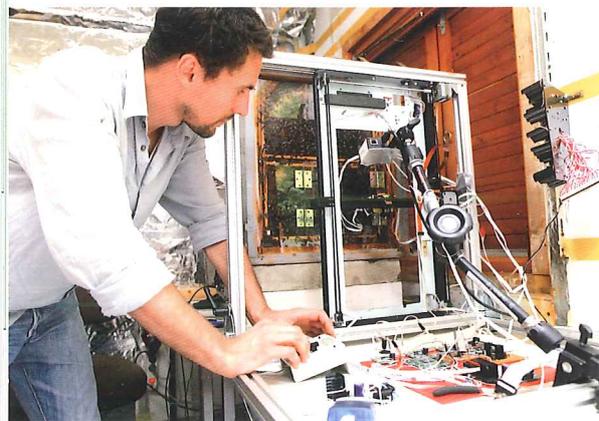
2 Lösung zu Aufgabe 1

A2 Mögliche Stellungnahmen:

- Ich stimme der These zu, da der Korridor, in dem sich die Futterquelle befinden kann, sehr breit ist.
- Du hast recht, denn auch die erfahrenen Bienen markieren den Weg zur Futterquelle mit einem Duft.
- Wenn die Futterquelle weiter entfernt ist, ist die Mittellinie ja länger. Vielleicht ist dann der »Fehler« auch nicht so groß.
- Wir sehen ja nur zwei Umläufe der Späherin. Vielleicht mitteln die Bienen den Fehler raus, sodass die Angabe doch genauer ist.
- Nein, ich glaube, dass die Futterquellenbestimmung nur mit dem Schwänzeltanz zu einfach ist. Das System ist komplexer.
- Die Markierung mit einem Duftstoff scheint mir plausibel.

Mehr Informationen hierzu?

Um die genauen Tanzspuren zu ermitteln, benötigt es einen komplizierten technischen Aufbau (siehe Abbildung 1). Durch die so erhaltenen Daten können die höchst komplexen Vorgänge des Bientanzes noch besser verstanden werden. Der Bientanz ist noch immer aktueller Forschungsgegenstand.



1 Der komplexe Aufbau erlaubt die genaue Aufzeichnung der Tanzspuren.

Im Schreibgespräch notieren die Lernenden auf ihrem eigenen Arbeitsblatt ihre Stellungnahme zur These in Aufgabe 2. Anschließend tauschen sie ihr Arbeitsblatt mit einem Mitschüler. Nun beziehen sie Stellung zum Kommentar auf dem erhaltenen

Arbeitsblatt. Danach wird das Arbeitsblatt mit einem weiteren Mitschüler getauscht und zum neuen Kommentar auf dem erhaltenen Arbeitsblatt wieder Stellung bezogen. Aus dieser Anlage ergibt sich, dass Arbeitsgruppen aus drei Schülern/Schülerinnen sinnvoll sind. Es ist wichtig, dass die Kommunikation dabei nur schriftlich erfolgt.

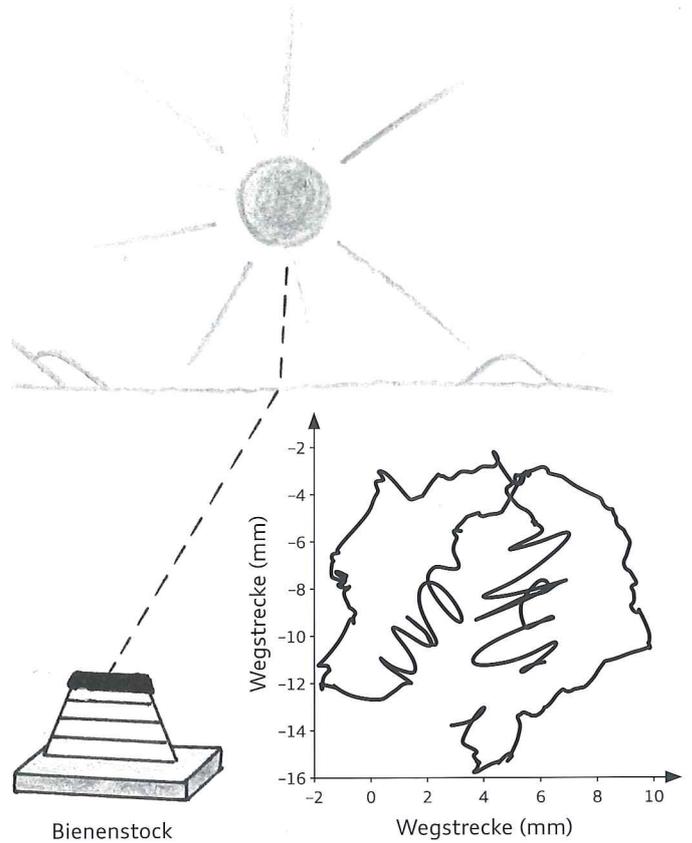
Bei Aufgabe 3 werden die Thesen auf den eigenen Arbeitsblättern in Partnerarbeit kurz diskutiert. Dies dient im Idealfall als Voraussetzung für eine abschließende Diskussion im Plenum, ähnlich dem wissenschaftlichen Diskurs.

Wie kommuniziert die Biene mit Artgenossen? II

Man kann an speziellen Versuchsbienstöcken die Schwänzeltanzbewegungen tanzender Sammelbienen (Späherinnen) elektronisch registrieren. Diese Aufzeichnungen werden dann mit dem Computer ausgewertet. Auf diesem Weg kann die Tanzspur der Späherin nachvollzogen werden. Ist es möglich, mit der Tanzbewegung der Späherin den genauen Ort der Futterquelle zu finden?

Der Tanz ist der Einstieg in eine Kette von Verhaltensweisen seitens der erfolgreichen Sammelbienen. Die gleichen Bienen, die im Stock tanzen, führen rund um das Ziel sehr auffällige »Brauseflüge« auf. Das ist ein auch für uns Menschen akustisch und optisch auffallendes Verhalten. Zusätzlich markieren die erfahrenen Bienen das Ziel mit einem bieneigenen Duft (Geraniol), der aus der Nasanov-Drüse am Hinterleib wie der Kondensstreifen eines Jet-Flugzeuges verströmt wird.

Aus: Jürgen Tautz (2014) Die Erforschung der Bienenwelt



2 Tanzsprache der Biene

1 Brauseflug der Bienen

A1 Ermittle zeichnerisch mithilfe des tatsächlichen Tanzverhaltens der Späherin die Richtung der Futterquelle in Abbildung 1. Zeichne entsprechende Pfeile ein.

A2 Lies den Text in Abbildung 1 und diskutiere in einem Schreibgespräch mit einem Mitschüler folgende These: »Mithilfe des Schwänzeltanzes wird nur eine grobe Richtung der Futterquelle angegeben. Um die Futterquelle zu finden, braucht es weitere Informationen.«

Stellungnahme: _____

Mitschüler 1: _____

Stellungnahme: _____

Mitschüler 2: _____

Abschließende Stellungnahme: _____

Was passiert im Winter im Bienenstock?

Hinweise zum Unterricht

Diagrammkompetenz
Winterbienen
Temperaturregulation

Die Heizpeaks wurden zum ersten Mal im HOBOS-Bienenstock beobachtet. Die Erklärung für die Heizpeaks wurde schnell gefunden. Die Honigbienen erhitzen den Honig, bis er flüssig ist und die Tiere den Honig mit ihrem Saugrüssel aufnehmen können. Die Auslöser dieses Verhaltens sind noch nicht geklärt. Welche Signale sind Voraussetzung für das gemeinsame Heizen? Gibt es Signalbienen? Geht der Heizvorgang von der Königin aus? Die Lernenden werden mit diesem Thema an den aktuellen Stand der Forschung herangeführt. Die Lernenden sollten in der Lage sein, Diagramme zu beschreiben und zu interpretieren. Sie sollten wissen, dass Honig bei ca. 30 °C flüssig wird und dass die Bienen selbstständig die Temperatur erhöhen können. Der Prozess des Heizens im Bienenstock durch Muskelzittern muss bekannt sein.

Tipp

Auch im HOBOS-Archiv können die Bienen während eines Heizpeaks beobachtet werden. Dabei fällt auf, dass die Bienen zu dieser Zeit äußerst aktiv sind.

Bei der Hypothesenbildung ist Kreativität gefordert. Daher sollte Aufgabe 3 idealerweise in Partnerarbeit oder in Kleingruppen diskutiert werden. Dabei kann die Kernkompetenz Kommunikation gefördert werden.

Vertiefende Aspekte können im HOBOS-Labor untersucht werden, z. B. die Wanderung der Wintertraube (siehe Information zu den Heizpeaks) über einen größeren Zeitraum. Hierzu können die Lernenden die Heizpeaks in verschiedenen Wabengassen bestimmen und über die Maximaltemperatur der Heizpeaks die Wintertraube und eventuelle Wanderungen lokalisieren.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Auf der y-Achse sind die Temperaturen aufgetragen, die x-Achse ist die Zeitachse. Dabei werden die Temperaturentwicklung im Bienenstock (oberer Graph) und die Temperaturentwicklung außerhalb des Bienenstocks betrachtet. Die Temperatur im Bienenstock ist stets über der Umgebungstemperatur. Besonders auffallend sind Heizpeaks (bis zu 30 °C), die im Bienenstock alle 3–4 Tage auftreten.

A2 Im Bienenstock befinden sich die Bienen in der Wintertraube (Abbildung 2). Durch Muskelzittern der Flugmuskulatur gelingt es den Tieren, eine höhere Temperatur im Bienenstock als in der Umgebung zu erzeugen.

A3 Mögliche Hypothesen sind:

- Wenn es den Bienen zu kalt wird, wärmen sie sich gegenseitig wieder auf.
- Die Bienen haben leckend-saugende Mundwerkzeuge und können nur flüssigen Honig aufnehmen.
- Durch die Temperaturerhöhung verflüssigen die Bienen den Honig.

Mehr Informationen hierzu?

Heizpeaks

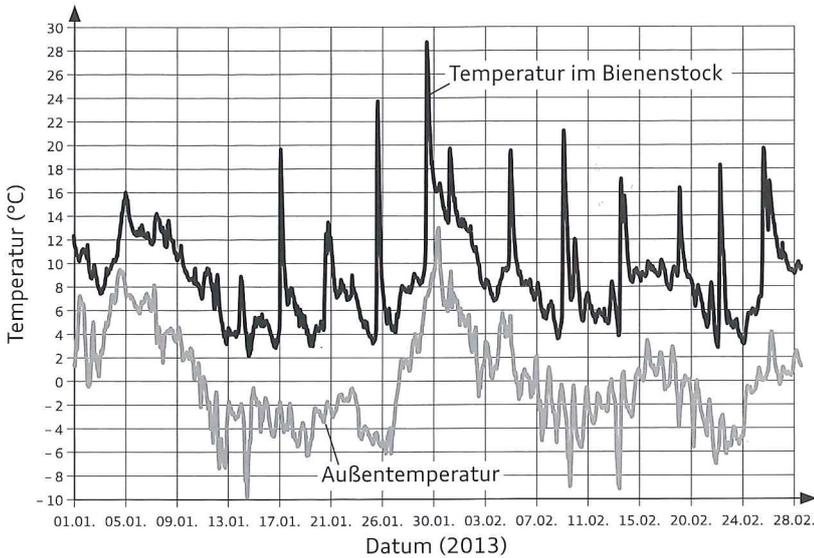
Bienen bilden im Winter eine Wintertraube. Dabei sitzen alle Bienen an einer Stelle im Bienenstock ganz nah beieinander. So bleibt die Temperatur im Kern der Traube immerhin bei 20–22 °C. Die Mantelbienen im äußeren Bereich erzeugen durch Muskelzittern Wärme, sodass ihre Temperatur nicht zu stark absinkt. Von Zeit zu Zeit kommt es zu einer Umschichtung in der Traube.

Früher dachte man, dass die Phase der Wintertraube den ganzen Winter über andauert. Doch heute weiß man dank der HOBOS-Daten, dass es auch im Winter Zeiten hoher Aktivität der Bienen gibt.

Die Position der Wintertraube im Stock lässt sich über die Heizpeaks bestimmen. In jedem Wabengang findet eine separate Temperaturmessung statt. Am Ort der stärksten Heizpeaks befindet sich die Wintertraube, denn nur dort wird auch die Stocktemperatur kurzzeitig erhöht, damit die Bienen Nahrung in Form von flüssigem Honig aufnehmen können. Die Daten auf dem Arbeitsblatt (Abbildung 1) stammen aus der Wabengasse 4. Dort befindet sich zu diesem Zeitpunkt die Wintertraube. Wird eine andere Wabengasse ausgewählt, so ist die Temperaturerhöhung nicht ganz so stark.

Was passiert im Winter im Bienenstock?

Es gibt mehrere Biengenerationen in einem Jahr. Die Winterbienen leben bis zu 7 Monate und damit viel länger als die Sommerbienen. Die Winterbienen sitzen den ganzen Winter über im Bienenstock und bilden eine Wintertraube rund um die Königin. Früher dachte man, die Bienen sind im Winter ständig in dieser Traube organisiert und die kalten Bienen krabbeln von außen nach innen, um dort wieder aufgewärmt zu werden. Doch ist das wirklich so?



1 Temperaturdiagramm aus dem HOBOS-Bienenstock



2 Wintertraube

A1 Beschreibe das Diagramm in Abbildung 1.

A2 Die Durchschnittstemperatur in Würzburg, dem Standpunkt des HOBOS-Bienenstocks, betrug im Januar 2013 1,1 °C und im Februar 2013 0,1 °C. Erkläre die Temperaturunterschiede im Bienenstock im Vergleich zur Außentemperatur.

A3 Formuliere eine begründete Hypothese, um die Heizpeaks (Spitze) im Bienenstock zu erklären. Bedenke dabei den Aufbau der Mundwerkzeuge der Bienen und die Schmelztemperatur des Honigs.

Was passiert beim Schwärmen?

Hinweise zum Unterricht

Fortpflanzung
Diagrammkompetenz
Schwärmereignis

Das Schwärmereignis ist ein besonderes und beeindruckendes Naturschauspiel. Kann es nicht in Echtzeit beobachtet werden, bietet es sich an, das Schwärmen zum Unterrichtseinstieg den Lernenden mithilfe der HOBOS-Plattform vorzustellen.

Die Lernenden sollten sich, bevor sie diese Unterrichtseinheit bearbeiten, bereits mit anderen Arbeitsblättern zur Wärmegewinnung und zur Verstoffwechslung des Honigs beschäftigt haben.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Im Mai, wenn es im Bienennest eng wird, bereiten sich die Bienen aufs Schwärmen vor. Es müssen genügend Arbeiterinnen da sein, damit sich das Bienenvolk teilen kann. Ein Teil bleibt im alten Bienennest zurück, der andere Teil sucht sich ein neues Zuhause. Mit HOBOS wurde der Schwärmvorgang genau beobachtet. Dabei fiel auf, dass die Schwärmbienen vor dem Ausschwärmen die Flugmuskulatur auf ca. 39°C aufheizen.

A2 Beim Vergleich der Ausflugszahlen fällt auf, dass seltsamerweise der Bienenstock erst leichter wird und das Ausschwärmen der Bienen hauptsächlich danach erfolgt.

A3 Beim Aufheizen dient den Bienen Honig als Brennstoff. Da sehr viele Bienen gleichzeitig Honig aufnehmen und verstoffwechseln, reduziert sich die Masse des Bienenstocks.

A4 Je höher die Temperatur der Flugmuskulatur ist, desto schneller laufen die Stoffwechselprozesse dort ab. Vor dem Schwärmen schaffen die Bienen ideale Voraussetzungen für den Flug: eine hohe Betriebstemperatur und Aufnahme eines Honigvorrats.

Mehr Informationen hierzu?

Das Schwärmereignis

Durch das Schwärmen teilt sich ein Bienenstaat. Ein neuer Superorganismus ist entstanden. Obwohl das Schwärmereignis schon häufig und jetzt auch digital mit dem HOBOS-Bienenstock beobachtet wurde, birgt es noch viele Geheimnisse. Dass die Bienen vor dem Schwärmen ihre Flugmuskulatur auf die entsprechende Arbeitstemperatur bringen und Honigvorräte mitnehmen, ist bekannt. Doch ob die wenigen Späherinnen den ganzen Schwarm zum neu ausgemachten Brutnest lotsen, ist auch heute noch eine offene Forschungsfrage, ebenso wie dies geschieht.

Imker versuchen, den Schwarmtrieb der Honigbiene zu unterdrücken, da dabei viel Honig verbraucht wird. Ob dies zur Bienengesundheit beiträgt, ist sehr fraglich. Der HOBOS-Bienenstock darf ungehindert schwärmen.

Tipp

Verschiedene Schwärmereignisse können mit dem virtuellen HOBOS-Labor über Jahre hinweg beobachtet und verglichen werden.



1 Schwärmende Bienen fliegen dicht an dicht.



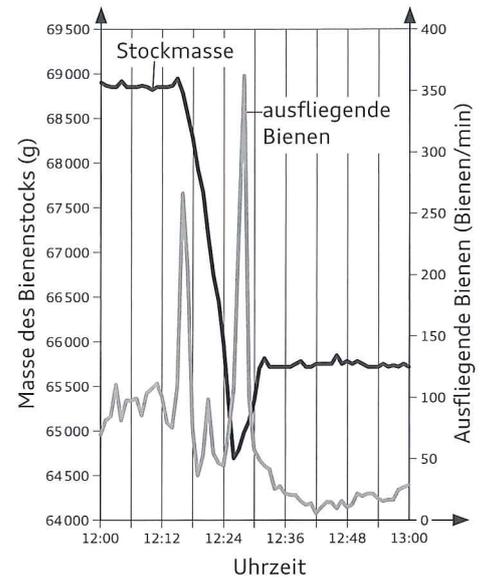
2 Das Bienenvolk vermehrt sich durch Teilung. Die alte Königin verlässt dabei mit der Hälfte des Volkes die alte Behausung, die sie einer neuen Königin überlässt.

Was passiert beim Schwärmen?

Hast du schon einmal Bienen beim Schwärmen beobachtet? In wenigen Minuten verlassen Tausende von Bienen den Bienenstock. Ein beeindruckendes Naturschauspiel. Mit HOBOS können wir beim Schwärmen hinter die Kulissen schauen.

- Flugmuskulatur auf bis zu 39 °C aufheizen.
- genügend Arbeiterinnen da sein,
- damit sich das Bienenvolk teilen kann. Ein Teil
- genau beobachtet. Dabei fiel auf,
- dass die Schwarmbienen vor dem Ausschwärmen die
- bleibt im alten Brutnest zurück, der andere Teil sucht
- sich ein neues Zuhause. Mit HOBOS wurde der Schwärmvorgang
- Im Mai, wenn es im Bienennest eng wird,
- bereiten sich die Bienen aufs Schwärmen vor. Es müssen

1 Textbausteine Ausschwärmen



2 Stockmasse und Ausflugsdaten

A1 Formuliere einen zusammenhängenden Text mithilfe der Textbausteine aus Abbildung 1.

A2 Vergleiche die Verläufe der beiden Kurven in Abbildung 2. Auf den ersten Blick scheinen die Daten widersprüchlich zu sein. Erläutere.

A3 Erkläre, wie der Masseverlust im Bienenstock mit dem Aufheizen der Schwarmbienen zusammenhängen könnte.

A4 Erkläre den Zusammenhang zwischen dem Aufheizen und dem folgenden Schwärmprozess.

Wie viel Energie sammelt die Honigbiene an einem Tag?

Hinweise zum Unterricht

Molares Rechnen
Energie

Tipp

Mithilfe der Daten, die auf der Homepage von HOBOS zugänglich sind, können die Massenzunahmen an verschiedenen Tagen ermittelt und verglichen werden.

Anhand des Kurvenverlaufs in Abbildung 1 können mit den Lernenden verschiedene Aspekte besprochen werden. Bei Ermittlung des Honigeintrags wird festgestellt, dass die Bienen im Juni in etwa von 6.00 Uhr bis 22.00 Uhr fliegen. In diesem Zeitraum nimmt die Stockmasse jedoch nicht durchgehend zu, da um die Mittagszeit, wenn die Pflanzen unter Wasserstress stehen, der Honigeintrag nicht gewährleistet ist. Um die Massenzunahme pro Tag zu ermitteln, sollte dennoch der Zeitraum des Sammelns zugrunde gelegt werden. Nachts veratmet das Bienenvolk den Honig. Mit der dadurch entstehenden Wärme wird die Temperatur im Brutraum konstant gehalten. Dies führt dazu, dass ein Teil des eingetragenen Honigs nachts wieder verbraucht wird.

Honig enthält natürlich nicht nur – wie für das Arbeitsblatt angegeben – Einfachzucker. Es wurde didaktisch reduziert, also nicht von Glucose, Fructose oder den entsprechenden Mehrfachzuckern im Arbeitsauftrag gesprochen, sondern die allgemeine Formel einer Hexose angenommen.

Zur Bearbeitung des Arbeitsblatts sollten die Lernenden wissen, wie man die molare Masse eines Moleküls ermittelt und wie ein Mol definiert ist. Außerdem sollten sie eine Vorstellung vom Energiebegriff haben.



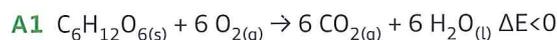
1 Typisches Bild der Sammelbienen

Online können beispielsweise folgende Fragen vertieft werden:

- Wie viel Honig sammeln Bienen an einem kühlen Tag im Frühling?
- Wie viel Honig sammeln Bienen an einem heißen Sommertag?

Damit können die Inhalte des Arbeitsblattes in weiteren Unterrichtskontexten angewandt werden (siehe Tipp).

Lösungen zum Arbeitsblatt



A2 Anhand der Grafik auf dem Arbeitsblatt kann am 18.06.2014 von 6:00 Uhr morgens (Masse = 60815,60 g) bis 22:00 Uhr abends (Masse = 61086,50 g) eine Massenzunahme von 270,90 g ermittelt werden. Zur Ermittlung wird die Sammelzeit der Bienen im Juni herangezogen.

A3 Berechnung des Zuckeranteils:

$$0,796 \cdot 270,90 \text{ g} = 215,64 \text{ g}$$

Berechnung der molaren Masse des Zuckers:

$$(6 \cdot 12,01 + 12 \cdot 1,01 + 6 \cdot 16,00) \text{ g/mol} = 180,18 \text{ g/mol}$$

Berechnung der Stoffmenge des Zuckers:

$$1 \text{ mol} \triangleq 180,18 \text{ g}$$

$$1 \text{ g} \triangleq 5,55 \text{ mmol}$$

$$215,64 \text{ g} \triangleq 1,20 \text{ mol}$$

Alternativer Rechenweg:

$$\frac{215,64 \text{ g}}{180,18 \text{ g/mol}} = 1,20 \text{ mol}$$

Berechnung des Energiegehalts des eingetragenen Zuckers:

$$1,20 \text{ mol} \cdot 2540 \text{ kJ/mol} = 3048 \text{ kJ}$$

A4 Angenommener Grundumsatz: 5900 kJ

Berechnung der Stoffmenge des benötigten Zuckers:

$$\frac{5900 \text{ kJ}}{2540 \text{ kJ/mol}} = 2,32 \text{ mol}$$

Berechnung der Masse des benötigten Zuckers:

$$2,32 \text{ mol} \cdot 180,18 \text{ g/mol} = 418,02 \text{ g}$$

Berechnung der Masse des Honigs:

$$418,02 \text{ g} \triangleq 79,6\%$$

$$100\% \triangleq 525 \text{ g}$$

Das entspricht 1,05 Gläsern Honig.

Ein Glas Honig enthält etwa die Energiemenge, die ein Mensch für seinen Grundumsatz benötigt.

Mehr Informationen hierzu?

Inhaltsstoffe Honig

Die Inhaltsstoffe des Honigs können anhand eines Honigfächers (bildliche Darstellung der Zusammensetzung des Honigs) im Detail ermittelt werden.

Wie viel Kohlenstoffdioxid wird beim Schwärmen erzeugt?

Hinweise zum Unterricht

Molares Rechnen
Molvolumen bei Gasen

Tipp

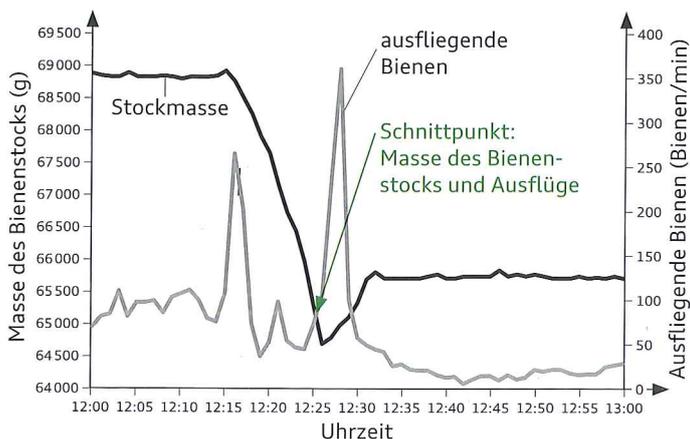
Verschiedene Schwärmergebnisse können im virtuellen HOBOS-Labor anhand mehrerer Daten (Einflüge, Ausflüge, Temperatur, Massenverlust etc.) analysiert und verglichen werden.

Diese Unterrichtseinheit kann auf das Arbeitsblatt »Wie viel Energie sammelt die Honigbiene an einem Tag?« folgen. Die ersten Aufgaben dienen dann der Wiederholung. Anschließend werden zwei neue Aspekte betrachtet: Einerseits wird das Stoffmengenverhältnis mithilfe der Reaktionsgleichung ermittelt, andererseits wird das molare Volumen eingeführt. Da beim Schwärmergebnis im Bienenstock in kurzer Zeit ein relativ großes Volumen an Kohlenstoffdioxid entsteht, kann diskutiert werden, warum die Bienen im Stock nicht ersticken. Mögliche Hypothesen zur Erklärung sind:

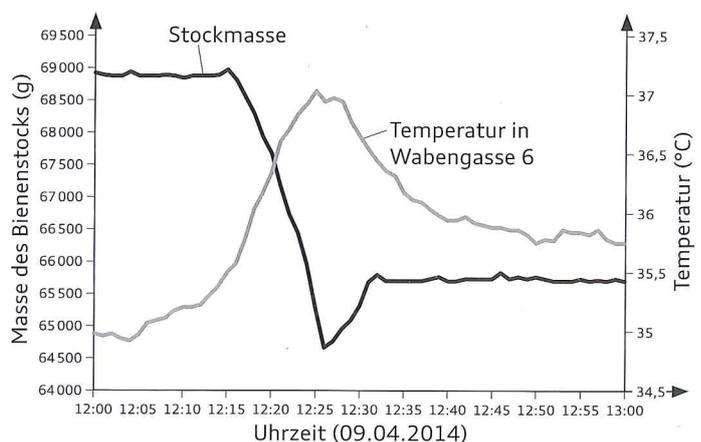
- Bienen sorgen durch ein verstärktes Fächeln für einen schnellen Gasaustausch.
- Aufgrund der direkten Atmung durch Tracheen können die Bienen auch mit wenig Sauerstoff über einen längeren Zeitraum auskommen.

Bei der Bearbeitung von Abbildung 1 sollte deutlich werden, dass vor dem Ausflug der Bienen die Masse des Bienenstocks stark abnimmt. Vertiefend kann man sich dazu auch noch die Temperaturentwicklung im Vergleich zur Massenabnahme ansehen (Abbildung 2). Dabei ist eine Abnahme der Masse und ein Anstieg der Temperatur festzustellen. Dies zeigt, dass Honig tatsächlich verstoffwechselt wird, um die Idealtemperatur (ca. 39°C) für die Flugmuskulatur zu erreichen.

Als »Masse vor dem Ausschwärmen« wurde der Schnittpunkt Masse/Bienenstock und Ausflüge gewählt (siehe Grafik), denn der Massenverlust ist danach hauptsächlich auf die ausschwärmenden Bienen zurückzuführen.



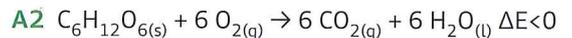
1 Stockmasse und Flugaktivität



2 Stockmasse und Stocktemperatur

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Anfangsmasse (um 12:15 Uhr) 68961 g
Masse vor Ausschwärmen (um 12:24 Uhr) 65311 g; Massenverlust: 3650 g



A3 Berechnung der Masse des Zuckers:
 $0,796 \cdot 3650 \text{ g} = 2905,4 \text{ g}$

Berechnung der molaren Masse des Zuckers:
 $(6 \cdot 12,01 + 12 \cdot 1,01 + 6 \cdot 16,00) \text{ g/mol} = 180,18 \text{ g/mol}$

Berechnung der Stoffmenge des Zuckers:
 $\frac{2905,4 \text{ g}}{180,18 \text{ g/mol}} = 16,1 \text{ mol}$

Verhältnis der Stoffmenge von CO_2 zum Zucker:
 $\frac{n(CO_2)}{n(C_6H_{12}O_6)} = 6/1$ (aus Reaktionsgleichung)

$n(CO_2) = 6 \cdot 16,1 \text{ mol} = 96,6 \text{ mol}$

Berechnung des Volumens des CO_2 :

$V(CO_2) = V_m \cdot n(CO_2) = 24,5 \text{ l/mol} \cdot 96,6 \text{ mol} = 2367 \text{ l}$

A4 Berechnung des Bienenstockvolumens:

$2,29 \text{ dm} \cdot 4,36 \text{ dm} \cdot 3,75 \text{ dm} = 37,44 \text{ l}$

→ Das bei der Verbrennung von Honig entstehende Volumen des Kohlenstoffdioxids ist ein Vielfaches des Bienenstockvolumens.

Mehr Informationen hierzu?

Flugtemperatur

Die ideale Körpertemperatur für den Flug beträgt ca. 39°C. Deshalb heizen die schwärmenden Bienen ihre Flugmuskulatur vor dem Start auf. Die Temperatur sinkt dann auf bis zu 35°C ab.

Kann man die Zuckerarten im Honig unterscheiden?

Hinweise zum Unterricht

Experimentieren	Die Lernenden sollten schon praktische Erfahrungen im Experimentieren gesammelt haben und die nötigen Sicherheitsvorgaben kennen. Kenntnisse über verschiedene funktionelle Gruppen der organischen Chemie (Aldehyd- und Carbonsäuregruppe) werden vorausgesetzt.
Fehlingprobe	
Zucker	
Aldehyd	
Carbonsäure	

Die Fehlingprobe weist häufig einen Siedeverzug auf. Daher sollte man sie – wie in der Zeichnung des Arbeitsblattes dargestellt – im Wasserbad durchführen. Um Zeit zu sparen, kann das Wasser im Wasserkocher vor dem Unterricht erhitzt werden. Bei entsprechendem Geschick und dem nötigen Zutrauen in die Lerngruppe kann die Fehlingprobe auch mit dem Bunsenbrenner durchgeführt werden. Dabei sollte man unbedingt darauf achten, dass die Öffnung des erhitzten Reagenzglases nicht auf eine Person im Raum zeigt.

Da Honig zähflüssig ist, muss der Spatel mit Honig in das Nachweisreagenz im Reagenzglas getaucht und der Honig angelöst werden.

Die räumliche Isomerie der Glucose wird für alle Aufgaben vernachlässigt. Bei der Besprechung von Aufgabe 3 werden die verschiedenen Hypothesen diskutiert. Dabei sollte die Aldehydfunktion der Glucose und der Maltose herausgestellt werden. Zur Vertiefung wird dann die Redoxreaktion, die der Fehlingprobe zugrunde liegt, formuliert:

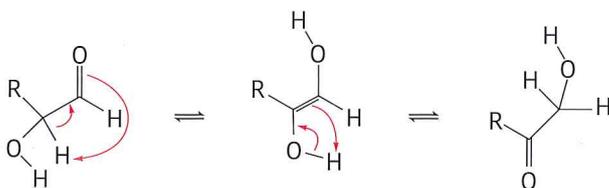
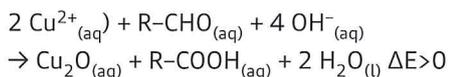
Red.:



Ox:



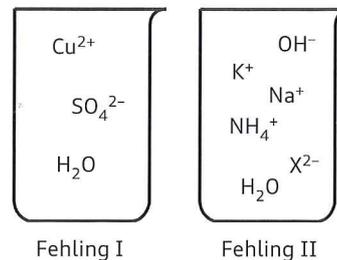
Redox:



1 Keto-Enol-Tautomerie

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Bechergläser:



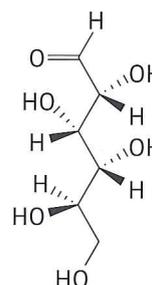
Beobachtungen:

Honig: kupferrote Färbung

Glucose: kupferrote Färbung

Saccharose: keine Veränderung der Farbe

A2 Keilstrichformel von Glucose (räumlich korrekter Aufbau ist nicht verlangt):



A3 Mögliche begründete Hypothesen:

- Maltose zeigt eine positive Fehlingprobe, da diese wie Glucose eine offenkettige Struktur aufweist.
- Maltose zeigt eine negative Fehlingprobe, da diese wie Saccharose einen geschlossenen Ring hat.
- Maltose zeigt eine positive Fehlingprobe, da diese wie Glucose eine Aldehydfunktion besitzt.

Mehr Informationen hierzu?

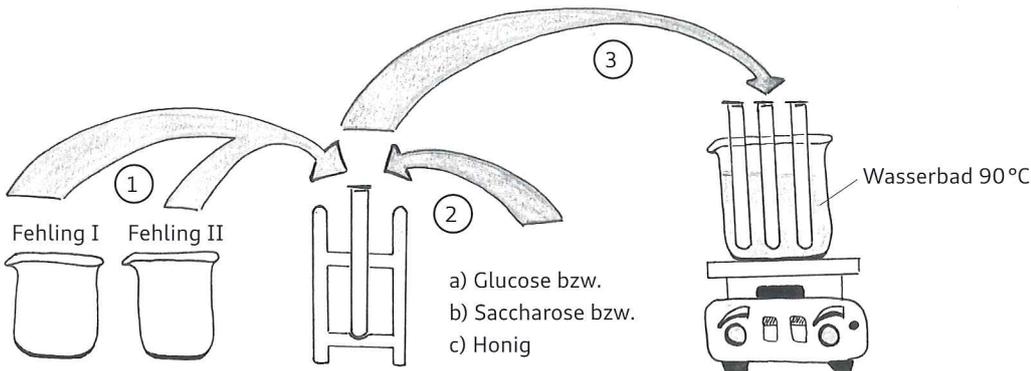
Keto-Endiol-Tautomerie

Obwohl Fructose keine Aldehydgruppe besitzt, ist die Fehlingprobe positiv, denn bei der Keto-Endiol-Tautomerie wandelt sich ein α -Hydroxyketon (Bsp. Fructose) durch intramolekulare Protonenwanderung in ein α -Hydroxyaldehyd um (Bsp. Glucose, vgl. Abbildung 1). Die Keto-Endiol-Tautomerie findet im basischen Milieu statt, das die Fehlingprobe vorgibt.

Kann man die Zuckerarten im Honig unterscheiden?

Honig enthält sehr viele verschiedene Zucker, z. B. Glucose, Saccharose oder Maltose. Die Zucker binden viel chemische Energie und stellen deshalb eine begehrte Nahrung dar. Bereits 1848 entdeckte der Chemiker Hermann Fehling, wie man eine Vielzahl von Zuckern mithilfe der nach ihm benannten Fehlingprobe nachweisen kann.

- Hinweis: Fehling I: Kupfer(II)sulfatlösung
 Fehling II: Ammoniakalkalische Natriumkaliumtartratlösung
 Summenformel Tartrat: $C_4O_6H_2^{2-}$ (vereinfacht X^{2-})



1 Durchführung der Fehlingprobe

A1 Zeichne die einzelnen Teilchen der Fehling-I- und der Fehling-II-Lösung in Abbildung 1 ein. Führe dann die Fehlingprobe jeweils mit Glucose, Saccharose und Honig durch und notiere deine Beobachtungen. Mengenangaben: jeweils 2 ml Fehling I und Fehling II, eine Spatelspitze des Zuckers bzw. Honigs.

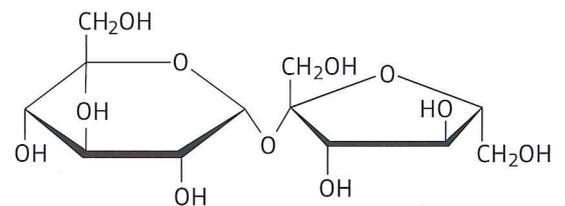
A2 Formuliere die Strukturformel von Glucose

(Halbstrukturformel:

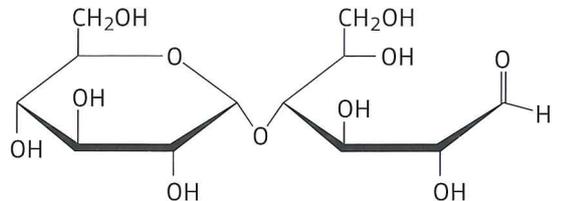
$CH_2OH-CHOH-CHOH-CHOH-CHOH-CHO$).

Glucose

Saccharose



Maltose



A3 Vergleiche die Struktur von Maltose mit den Strukturen von Glucose und Saccharose und stelle eine begründete Hypothese auf, wie die Fehlingprobe mit Maltose ausfällt.

Ist Honig sauer oder basisch?

Hinweise zum Unterricht

Experimentieren
Organische Säuren
Strukturformeln
Säure-Base-Reaktion
Donator-Akzeptor-Konzept

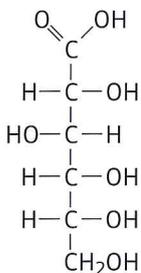
Die Lernenden sollten bei der pH-Wert-Messung auch eine Blindprobe mit destilliertem Wasser durchführen. Achtung: Auch destilliertes Wasser ist leicht sauer. Sollte der Unterschied zum Honig zu gering sein, kann auch Leitungswasser verwendet werden.

Die pH-Wert-Messung kann sowohl mit einem pH-Meter, das einen exakten Wert anzeigt, als auch mit einem Farbindikator durchgeführt werden. Dazu eignet sich auch von den Lernenden selbst hergestellter Blaukrautsaft. Wird das Experiment mit einem Farbindikator durchgeführt, ist es hilfreich, wenn vorher verschiedene Lösungen mit pH-Werten im Sauren, Neutralen und Basischen mit dem entsprechenden Farbindikator versetzt werden, damit die Lernenden Referenzfarben haben und ihre Honiglösung einordnen können.

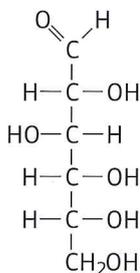
Die Lernenden sollten vor der Durchführung der Unterrichtseinheit wissen, wie Strukturformeln aufgestellt werden. Bei Glucose und Gluconsäure sind als Hilfe Halbstrukturformeln angegeben.

Auch Säure-Base-Reaktionen sollten die Lernenden formulieren können. Sie sollten wissen, dass Säuren als Protonendonatoren und Basen als Protonenakzeptoren fungieren. Außerdem sollten sie Moleküle entsprechend zuordnen können.

Es ist auch zu beachten, dass einzelne Honigsorten bezüglich des pH-Wertes stark variieren können (siehe: Mehr Informationen hierzu?).



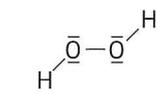
Gluconsäure



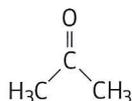
Glucose



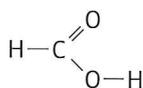
Wasser



Wasserstoffperoxid



Propanon



Methansäure

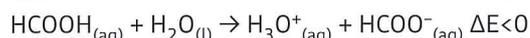
1 Lösung zu Aufgabe 2

Lösungen zum Arbeitsblatt

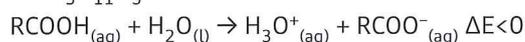
A1 Universalindikatorpapier färbt sich rot (pH < 7). Honig ist sauer. (Hinweis: Der Säuregehalt hängt von der Honigsorte ab. Die Farbe hängt vom verwendeten Indikator und der Honigsorte ab.)

A2 siehe Abbildung 1

A3



S1 B2 S2 B1



S1 B2 S2 B1

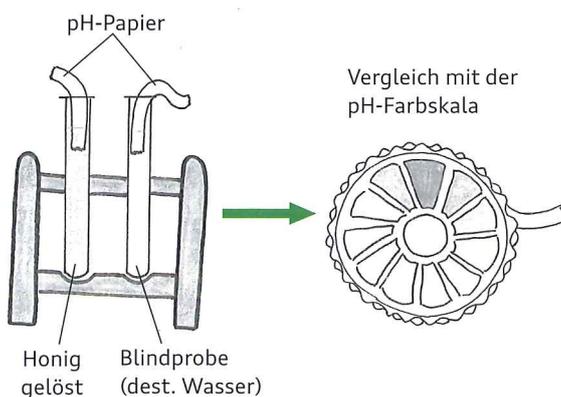
(Hinweis: S: Säure, B: Base)

A4 Bei Säure-Base-Reaktionen wird ein Teilchen eines Reaktionspartners auf einen anderen übertragen (Donator-Akzeptor-Konzept). Säuren als Donatoren übertragen Protonen auf Basen als Akzeptoren.

Mehr Informationen hierzu?

Säuren im Honig

Honig entsteht aus Nektar und Honigtau (überwiegend aus Ausscheidungsprodukten von Blattläusen). Beide Substanzen enthalten verschiedene geschmacksprägende Säuren. Den größten Anteil stellt die Gluconsäure dar. Diese entsteht durch die Oxidation von Glucose. Daneben können Ameisen-, Wein-, Äpfel-, Zitronen-, Bernstein-, Butter-, Milch- und Oxalsäure nachgewiesen werden. Der pH-Wert von Blütenhonig liegt zwischen 3,3 und 4,6, der von Honigtau zwischen 4,2 und 5,5.



2 Versuchsaufbau zur pH-Wert-Messung

Kann man Bienenwachs in Wasser lösen?

Hinweise zum Unterricht

Löslichkeit von organischen Stoffen

Experimentieren

Struktur-Eigenschaft

Tipp

Es bietet sich an, Wachs verschiedenen Alters zu besorgen und die farblichen Unterschiede zu diskutieren. Teilweise lösen sich bei zu altem Wachs einzelne Bestandteile nicht mehr in Waschbenzin.

Ein motivierender Einstieg kann ein Lehrerexperiment zum Wachsbrand sein. Dabei erhitzt man Bienenwachs in einem Reagenzglas bis zum Sieden und hält es anschließend in kaltes Wasser (siehe Literaturangabe). Durch das Abkühlen wird so viel Gitterenergie frei, dass ein Teil der Wachsschmelze als sehr feine Wachsdämpfe in die Luft gelangt und sich dort sofort entzündet. Deshalb darf die Öffnung des Reagenzglases auf keinen Fall auf einen Menschen zeigen. Der Versuch sollte im Freien durchgeführt werden.

Die Lernenden sollten verschiedene organische Stoffgruppen (Alkane, Alkohole, Carbonsäuren und Ester) strukturell kennen und den Stoffgruppen die entsprechenden funktionellen Gruppen zuordnen können. Am Beispiel Wachs kann auch weiterführend die Estersynthese besprochen werden, da im Bienenwachs ein Gleichgewicht aus den Alkoholen und Säuren einerseits und den entsprechenden Estern andererseits vorliegt. Der Ester (2) auf dem Arbeitsblatt kann aus einer Carbonsäure (5) und einem Alkohol (6) hergestellt werden.

Bienenwachs löst sich in erhitztem Ethanol (besser noch in länger-kettigen Alkoholen) oder in Waschbenzin. Dabei muss darauf geachtet werden, dass nur eine kleine Menge Wachs in das entsprechende Lösungsmittel gegeben wird. Idealerweise gibt man ein Körnchen Bienenwachs in ein Reagenzglas, füllt dieses zu einem Drittel mit Waschbenzin, verschließt es mit einem Stopfen und schüttelt kräftig. Es darf keine offene Flamme in der Nähe sein, da Waschbenzin einen niedrigen Siedebereich hat und leicht entzündlich ist. Im Abzug oder am offenen Fenster kann das Waschbenzin anschließend abdampfen. Als Rückstand erhält man wieder das zuvor gelöste Wachs. In Wasser ist Bienenwachs unlöslich.

Achtung

Die Sicherheitsvorkehrungen müssen den Lernenden vor dem experimentellen Teil bekannt sein. Das Bienenwachs darf auf keinen Fall stark erhitzt und schnell abgekühlt werden (Wachsbrand). Wachsbrände können nicht mit Wasser gelöscht werden.

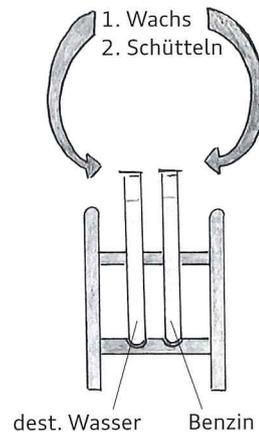
Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Alkane: 3, 8 (keine Markierung)
Alkohole: 4, 6 (OH-Gruppe markieren)
Carbonsäuren: 1, 5 (COOH-Gruppe markieren)
Ester: 2 (COO-Gruppe markieren)

A2 Mögliche Hypothesen sind:

- Die Bestandteile von Wachs haben lange Kohlenstoffketten und sind daher nur in unpolaren Lösungsmitteln löslich.
- Carbonsäuregruppen und Hydroxygruppen sind polar. Da viele Bestandteile des Wachses solche Gruppen haben, ist Wachs in einem polaren Lösungsmittel löslich.

A3 Mögliche Zeichnung:



A4 Wachs löst sich in unpolaren Lösungsmitteln (Bsp. Waschbenzin) und nicht in polaren Lösungsmitteln (Bsp. Wasser). Die langen Kohlenstoffketten, die in allen Bestandteilen des Wachses überwiegen, sind die strukturelle Ursache dafür, dass Wachs unpolar ist.

Mehr Informationen hierzu?

Industrielle Aufbereitung von Bienenwachs

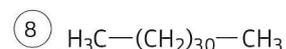
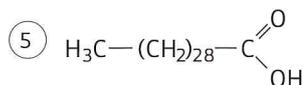
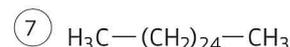
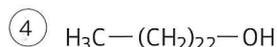
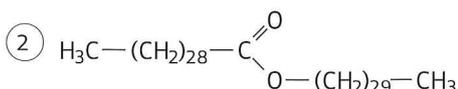
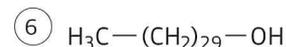
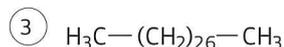
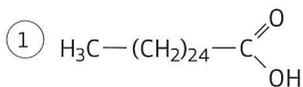
Industrielles Bienenwachs wird chromatographisch aufgereinigt und gebleicht. Daher verliert es seine gelbliche Farbe. Bienenwachs ist anfänglich auch weiß. Je älter das Bienenwachs ist, desto dunkler ist es schließlich. Das liegt daran, dass die Häute der Larven, aber auch Rauchpartikel aus dem Smoker der Imker im Wachs eingelagert werden.



1 Biene scheidet Wachs aus.

Kann man Bienenwachs in Wasser lösen?

Bienen nutzen das von ihnen hergestellte Wachs als Baumaterial für ihre Waben. Aber auch wir Menschen kommen täglich mit Bienenwachs in Kontakt, meist ohne es zu bemerken. So werden beispielsweise Obst und verschiedene Früchte mit weißem bzw. durchsichtigem Bienenwachs überzogen. Außerdem wird es bei der Produktion von Süßwaren verwendet. Gut, dass Bienenwachs nicht giftig ist und von unserem Körper nicht aufgenommen werden kann. Wir scheiden es unverändert aus.

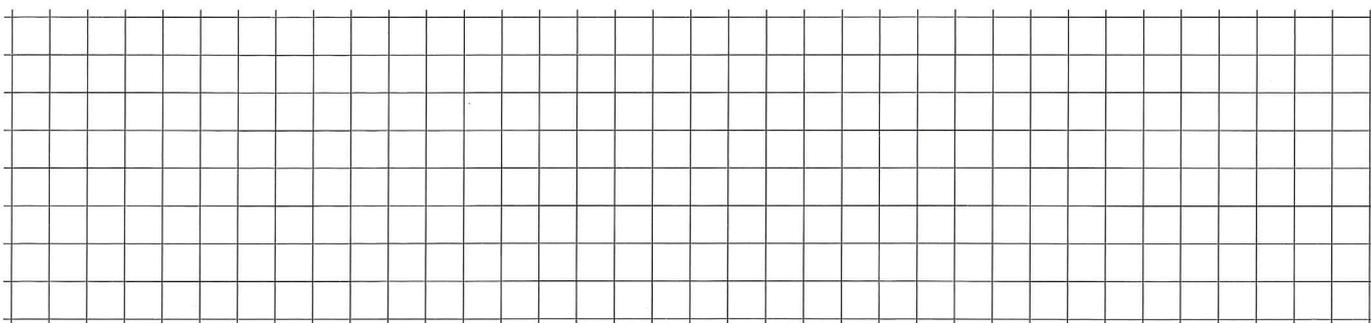


1 Inhaltsstoffe im Bienenwachs (Auszug)

A1 Ordne die Moleküle aus Abbildung 1 vier verschiedenen organischen Stoffgruppen zu und markiere die entsprechenden funktionellen Gruppen in der Abbildung.

A2 Formuliere eine Hypothese bezüglich der Löslichkeit von Bienenwachs.

A3 Plane ein Experiment zur Überprüfung deiner Hypothese. Zeichne dazu deinen Versuchsaufbau und führe den Versuch – nach Rücksprache mit deinem Lehrer – durch.



A4 Erkläre deine Beobachtungen.

Spüren Bienen die Ankunft eines Gewitters? I

Hinweise zum Unterricht

Elektrischer Stromkreis	Beim Umgang mit HOBOS-Diagrammen sollten die Schüler unterstützt werden.
Spannung	Hinweis zu Aufgabe 3: Die Lernenden sollen aus der Situation ableiten, was Spannung ist und was sie bei Bienen bewirken kann. In Vorstunden sollten elektrische Ladungen behandelt worden sein. Ein späterer Schritt könnte beispielsweise die Frage sein, was die Spannung mit Elektronen in einem Blitz oder in einem elektrischen Leiter bewirken kann.
Stromstärke	
Diagrammkompetenz	

Lösungen zum Arbeitsblatt

Tipp

Sie können reale Messdaten verwenden. Dazu genügt eine Registrierung und ein Login auf der HOBOS-Lernplattform.

A1 X-Achse: Uhrzeit

Linke Ordinate: Anzahl der Ausflüge pro Minute (gestrichelt) und der Einflüge pro Minute (gepunktet)

Rechte Ordinate: Elektrische Feldstärke in V/m

A2 4.31 Uhr: Die Bienen beginnen auszufliegen, die Anzahl der Einflüge pro Minute ist gering.

4.43 Uhr: Die Maximalzahl ausfliegender Bienen pro Minute ist erreicht, die Bienen beginnen einzufliegen.

4.55 Uhr: Die Anzahl der ausfliegenden Bienen pro Minute beträgt noch etwa die Hälfte der Maximalzahl. Die Maximalzahl der einfliegenden Bienen pro Minute ist fast erreicht.

A3 Elektrische Spannung scheint die Bienen zu verängstigen. Sie reagieren panisch, denn sie fliegen am frühen Morgen innerhalb von zwölf Minuten in großer Zahl aus und kehren nach etwa der gleichen Zeit wieder zurück. (Hinweis: Auf elektrische Spannung bei einem Gewitter reagieren Bienen auch oft mit Aggressivität, sie attackieren und stechen häufiger.)

Mehr Informationen hierzu?

An dem gezeigten Tag gibt es keinen Niederschlag. Allerdings bleibt der Vormittag wolkig. Die Temperaturen liegen zwischen 3 Uhr und 7 Uhr bei ca. 17°C, danach höher. Der Sonnenaufgang ist um 05.11 Uhr.

Die überwiegend positive Ladung des Erdbodens direkt unter der Gewitterwolke kommt durch Influenz zustande, hervorgerufen durch die negative Ladung an der Unterseite der Gewitterwolke.

Das Aufstellen von Haaren durch elektrische Felder, die von starken Ladungen ausgehen, kann ebenfalls durch Influenz erklärt werden, beispielsweise anhand eines ausschlagenden Elektroskops, dem ein geladener Stab genähert wird.

Literatur / Medien

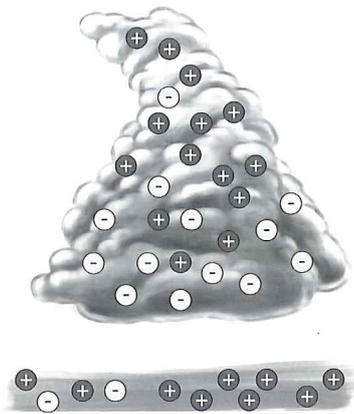
- A. Fösel, H. Hilscher, A. Thanner, S. Vitz und F. Wörlen, Natur und Technik – Physik 7, Berlin: Cornelsen Verlag, 2005.
- HOBOS – HOneyBee Online Studies, »Messwerte Würzburg«, 16.08.2014. [Online]. Available: <http://www.hobos.de/de/lehrerschueler-eltern/hobos-live/messwerte.html>. [Zugriff am 16.08.2014].
- Tautz, J. (2007) Phänomen Honigbiene. Spektrum Akademischer VERLAG, HEIDELBERG, S. 10



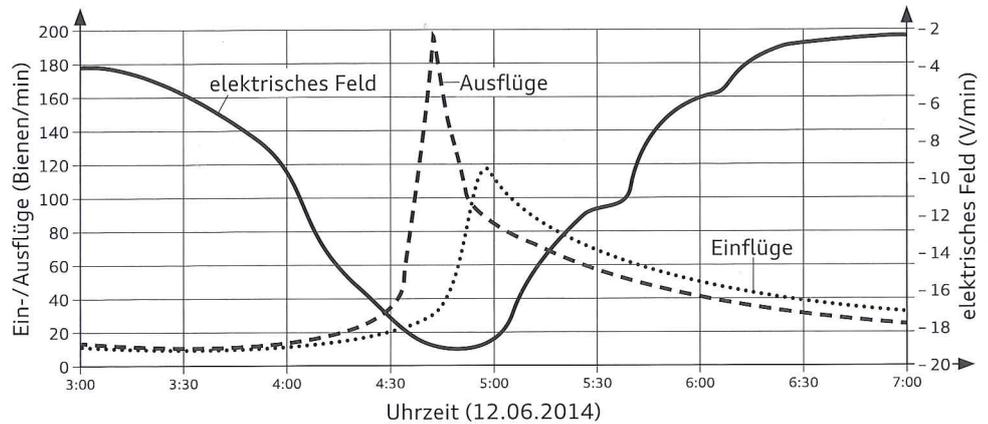
1 Behaarung einer Arbeitsbiene

Spüren Bienen die Ankunft eines Gewitters? I

Im Inneren von Gewitterwolken erzeugen starke Aufwinde negativ geladene Wassertröpfchen an der Unterseite der Wolke (Abbildung 1). Beim Heranziehen einer solchen Wolke wird das von diesen Ladungen erzeugte elektrische Feld stärker, bei ihrer Entfernung schwächer (Abbildung 2); dessen negatives Vorzeichen zeigt die negative Ladung an. Bienen besitzen an ihren Fühlern kleine Härchen, die durch solche elektrischen Felder ausgelenkt werden können.



1 Gewitterwolke mit Ladungen



2 Reaktion am HOBOS-Bienenstock auf das elektrische Feld einer Gewitterwolke

A1 Abbildung 2 zeigt die Auswirkungen des elektrischen Feldes einer Gewitterwolke, die vor Sonnenaufgang über den Bienenstock hinwegzieht. Nenne die Größen, die auf der horizontalen Achse, der linken vertikalen Achse sowie der rechten vertikalen Achse aufgetragen sind.

A2 Beschreibe qualitativ, wie die Bienen auf die Gewitterwolke reagieren, indem du die Veränderungen der Ausflüge und Einflüge pro Minute um 4.31 Uhr, 4.43 Uhr und 4.55 Uhr beschreibst.

A3 Bei Anwesenheit der Gewitterwolke um 4.43 Uhr existiert eine große elektrische Spannung zwischen Wolkenunterseite und Erdboden. Um 7 Uhr ist der Himmel zwar wolkeig, aber die Gewitterwolke ist verzogen. Wie verändert sich das Verhalten der Bienen bei Anwesenheit einer Spannung? Dazu sind folgende Hypothesen möglich: »Die Bienen reagieren panisch« oder: »Die Bienen werden aggressiv«. Nimm zu beiden Hypothesen Stellung.

Spüren Bienen die Ankunft eines Gewitters? II

Hinweise zum Unterricht

Größen zur Beschreibung des elektrischen Stromkreises

Spannung

Stromstärke

Widerstand

Zu Aufgabe 1: Die Stromstärke kann im Diagramm direkt abgelesen werden. Zur Erleichterung kann auf der HOBOS-Seite (siehe Literatur) das Fadenkreuz mit Werteanzeige verwendet werden.

Ein nächster Schritt könnte die Definition der elektrischen Stromstärke mit Elektronen in einem elektrischen Leiter sein.

Zu Aufgabe 2: Auch der Widerstand kann anhand der Bienen erfahren werden. Ein nächster Schritt könnte beispielsweise ein elektrischer Widerstand und seine Auswirkungen auf Elektronen im Stromkreis einer Batterie sein. Im Lücken-Satz sind die Wörter größer und kleiner vertauschbar, was eine Diskussion über die Zusammenhänge der Größen Spannung, Stromstärke und Widerstand ermöglicht.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Stromstärken der Ausflüge:
 4.31 Uhr: 21 Bienen pro Minute
 4.43 Uhr: 198 Bienen pro Minute
 4.55 Uhr: 95 Bienen pro Minute

A2 Der Widerstand des Fluglochs hat sich zwischen 4.43 Uhr und 4.55 Uhr verdoppelt, weil die Anzahl der einfliegenden Bienen pro Minute etwa so groß ist wie die Zahl der ausfliegenden Bienen pro Minute und damit etwa die Hälfte des Einfluglochs durch die einfliegenden Bienen verwendet wird.

A3 Vervollständigte Sätze: »Je *größer* der Widerstand des Flugloches, desto *kleiner* ist die Stromstärke der Bienen-Ausflüge, wenn die Spannung im Bienenstock *gleich* ist«. Auch richtig: »Je *kleiner* der Widerstand des Fluglochs, desto *größer* ist die Stromstärke der Bienen-Ausflüge, wenn die Spannung im Bienenstock *gleich* ist.« Beide Aussagen zeigen, dass die betrachteten Größen sich umgekehrt proportional zueinander verhalten.

Mehr Informationen hierzu?

Wetterangaben zum Tag der Messungen

An dem gezeigten Tag gibt es keinen Niederschlag, also auch kein Gewitter. Allerdings bleibt der Vormittag wolkeig. Die Temperaturen liegen zwischen 3 Uhr und 7 Uhr bei ca. 17 °C, danach höher. Der Sonnenaufgang ist um 05.11 Uhr.

Literatur / Medien

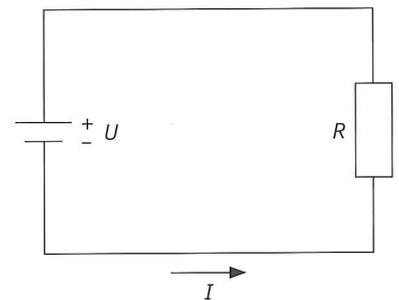
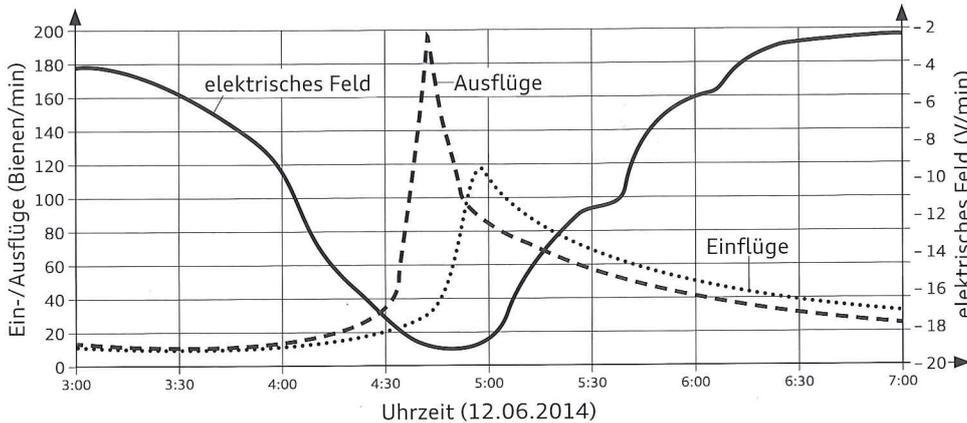
HOBOS – HOneyBee Online Studies, »Messwerte Würzburg«, 16.08.2014. [Online]. Available: <http://www.hobos.de/de/lehrer-schueler-eltern/hobos-live/messwerte.html>. [Zugriff am 16.08.2014]. (Nach Login können hier außer den aktuellen Daten auch Daten zu einem gewünschten Zeitraum abgerufen werden.)

Tipp

Sie können reale Messdaten verwenden. Dazu genügt eine Registrierung und ein Login auf der HOBOS-Lernplattform.

Spüren Bienen die Ankunft eines Gewitters? II

Beim Heranziehen einer Gewitterwolke wird das von Ladungen erzeugte elektrische Feld stärker, bei ihrer Entfernung schwächer (Abbildung 1); dessen negatives Vorzeichen zeigt die negative Ladung an der Unterseite der Gewitterwolke an. Bienen können diese elektrischen Felder wahrnehmen und reagieren darauf. Die Reaktionen der Bienen können modellhaft mit den Größen eines elektrischen Stromkreises beschrieben werden. Die negative Spannung U im Bienenstock führt zur Stromstärke I an pro Minute ausfliegenden Bienen durch das Ausflugloch mit dem Widerstand R .



1 Reaktion am HOBOS-Bienenstock auf eine Gewitterwolke

2 Stromkreis

A1 In Abbildung 1 ist die Stromstärke I Anzahl der pro Minute ausfliegenden Bienen dargestellt. Lies aus Abbildung 1 die Stromstärken I Anzahl der ausfliegenden Bienen um 4.31 Uhr, 4.43 Uhr und 4.55 Uhr ab und notiere sie.

A2 Um 4.43 Uhr und um 4.55 Uhr ist die Spannung U im Bienenstock gleich groß, die Stromstärke I der ausfliegenden Bienen hat sich aber etwa halbiert. Der Widerstand R , den das schmale Flugloch den ausfliegewilligen Bienen entgegensetzt, hat sich also verdoppelt. Vermute mithilfe von Abbildung 1 einen Grund dafür.

A3 Vervollständige den Satz sinnvoll: »Je _____ der Widerstand des Flugloches, desto _____ ist die Stromstärke der Bienen-Ausflüge, wenn die Spannung im Bienenstock _____ ist.« Verwende nur die Wörter gleich, größer, kleiner. Erläutere, warum bei Vertauschung der Wörter kleiner und größer die Aussage ebenfalls richtig ist.

Wie orientieren sich Bienen bei wolkigem Himmel?

Hinweise zum Unterricht

Eigenschaften von Licht
Polarisation
Diagrammkompetenz

Zu Aufgabe 1: Beim Umgang mit HOBOS-Diagrammen sollten die Schülerinnen und Schüler unterstützt werden, beispielsweise können die Auftragungen der horizontalen Zeitachse über den Zeitraum von zwei Tagen und der beiden vertikalen Achsen – Sonnenintensität in W/m^2 bzw. Ausflüge der Bienen pro Minute – gemeinsam erarbeitet werden.

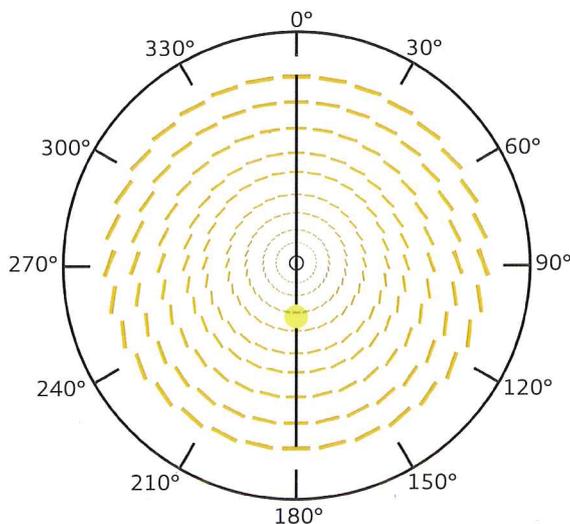
Zu Aufgabe 2: Damit die Schüler auf den Widerspruch stoßen, ist eventuell eine Hinführung durch Fragen notwendig.

Zu Aufgabe 3 und 4: Bei blauem Himmel ist das Resultat gut zu sehen. Zur Vereinfachung kann auf der Folie die Polarisationsrichtung eingezeichnet werden.

Beim Betrachten von Wolken in verschiedenen Himmelsrichtungen sind die Helligkeitsunterschiede gering. Die Naturbeobachtung sollte also möglichst an einem Tag erfolgen, der neben Wolken auch blauen Himmel aufweist.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Beim bewölkten Himmel ist die Sonnenstrahlungsintensität gering, beim wolkenfreien Himmel hoch. Der 29.07.2014 war also eher wolkenfrei, der 30.07.2014 bewölkt.



1 Polarisationsrichtung des von der Sonne (Mitte unten) kommenden und an der Atmosphäre gestreuten Lichts, das zur Biene (Mitte) kommt

A2 Am 29.07.2014 fliegen eher wenige Bienen pro Minute aus, am 30.07.2014 relativ viele. Trotz der wolkenverhangenen Sonne flogen also am 30.07.2014 viele Bienen aus.

A3 Die Lernenden erkennen, dass beim Drehen der Polarisationsfolie das durchgelassene Licht heller bzw. dunkler wird. Für die hellste Stellung muss die Folie beim Blick in die verschiedenen Himmelsrichtungen verschieden weit gedreht werden. Die Polarisationsrichtung des gestreuten Lichtes ist in Abbildung 1 gezeigt.

A4 Wenn das von der Atmosphäre reflektierte Licht waagrecht polarisiert ist, dann befindet sich die Sonne entweder im Rücken der Biene oder vor ihr. Dies kann durch die Helligkeit der Wolken unterschieden werden. Die anderen beiden Himmelsrichtungen können allein durch die Größe der Drehung der Polarisationsrichtung zur Waagrechten unterschieden werden (siehe Abbildung 1).

Mehr Informationen hierzu?

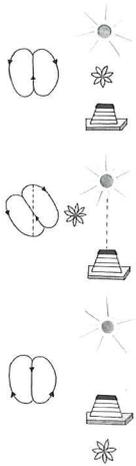
Die beiden abgebildeten Tage waren regenfrei, allerdings war die Temperatur unterschiedlich. Auch bei bewölktem Himmel können Bienen sich orientieren. Sie können polarisiertes Licht wahrnehmen.

Literatur / Medien

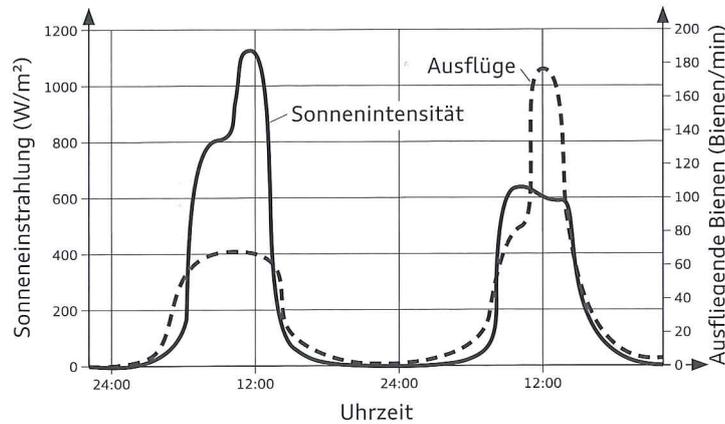
- Hintermeier, H. M. (2009). Bienen, Hummeln, Wespen im Garten und in der Landschaft. Obst- und Gartenbauverlag, München
- HOBOS – HOneyBee Online Studies, »Messwerte Würzburg«, 16.08.2014. [Online]. <http://www.hobos.de/de/lehrer-schueler-eltern/hobos-live/messwerte.html>. [Zugriff am 16. 08. 2014]. Nach Login können hier außer den aktuellen Daten auch Daten zu einem gewünschten Zeitraum abgerufen werden.)
- Wehner, R. (2001). Polarization vision – a uniform sensory capacity? J Exp Biol 204. S. 2589–2596

Wie orientieren sich Bienen bei wolkigem Himmel?

Durch einen Schwänzeltanz informiert eine in den Stock zurückgekehrte Biene über die Richtung einer neuen Futterquelle. Mithilfe des Winkels zur Sonne finden andere Bienen diese Blüten und sammeln dort Nektar und Pollen (Abbildung 1). Doch auch wenn die Sonne hinter Wolken verborgen ist, fliegen die Bienen unverändert zum Sammeln aus (Abbildung 2).



1 Schwänzeltanz und Futterquelle



2 Sonnenintensität und Ausflüge der Bienen pro Minute am 29. und 30.07.2014

A1 Beschreibe, wie der Wert der Sonnenstrahlungsintensität und die Anzahl der Wolken zusammenhängen. Vergleiche diesbezüglich die beiden untersuchten Tage (Abbildung 2).

A2 Vergleiche die Werte der Bienen-Ausflüge pro Minute an beiden Tagen. Was fällt dir beim Vergleich mit Aufgabe 1 auf?

A3 Betrachte den blauen Himmel durch eine Polarisationsfolie und drehe sie langsam. Da Sonnenlicht aus Lichtwellen verschieden gerichteter Schwingungsebenen besteht und die Polarisationsfolie nur eine Schwingungsebene hindurchlässt, zeigt dir eine Veränderung der Helligkeit, dass das an der Atmosphäre gestreute Sonnenlicht polarisiert ist. Beschreibe die Polarisationsrichtung, bei der jeweils am meisten Licht durchgelassen wird, für Licht aus allen vier Himmelsrichtungen.

A4 Betrachte nun die Wolken in einer Himmelsrichtung durch die Polarisationsfolie und zeige, dass auch hier das Licht polarisiert ist, wenn auch schwächer als bei blauem Himmel. Vermute, wie die Bienen mithilfe von polarisiertem Licht zu einer Blüte navigieren.

Wie weit ist die Biene geflogen?

Hinweise zum Unterricht

Beschleunigte und unbeschleunigte Bewegungen
v-t-Diagramm
a-t-Diagramm
Diagrammkompetenz

Dieses Arbeitsblatt dient zur Übung der Kinematik:
Der Flug einer Biene setzt sich aus Phasen konstanter Geschwindigkeit und solchen mit konstanter Beschleunigung zusammen.
In der Aufgabe 2 liegt das besondere Augenmerk auf der negativen Beschleunigung, also dem Abbremsen. Hier muss besonders darauf geachtet werden, dass die Geschwindigkeitsdifferenz Δv mit korrektem Vorzeichen ermittelt wird.

Phase 4 (Landung):

$$a_4 = \frac{0,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 5,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{60 \text{ s} - 58 \text{ s}} = \frac{-5,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,0 \text{ s}} = -2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

siehe Abbildung 2

A3 Ansatz: $\Delta s = v_0 \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2$

Phase 1: $\Delta t_1 = 2,0 \text{ s}$

$$\Delta s_1 = 0,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2,0 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot 5,0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (2,0 \text{ s})^2 = 10 \text{ m}$$

Phase 2: $\Delta t_2 = 50 \text{ s}$

$$\Delta s_2 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 50 \text{ s} - \frac{1}{2} \cdot 0,10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (50 \text{ s})^2 = 375 \text{ m}$$

Phase 3: $\Delta t_3 = 6,0 \text{ s}$

$$\Delta s_3 = 5,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 6,0 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot 0,0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (6,0 \text{ s})^2 = 30 \text{ m}$$

Phase 4: $\Delta t_4 = 2,0 \text{ s}$

$$\Delta s_4 = 5,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2,0 \text{ s} - \frac{1}{2} \cdot 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (2,0 \text{ s})^2 = 5,0 \text{ m}$$

$$s_{\text{gesamt}} = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 = 420 \text{ m}$$

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 siehe Abbildung 1

A2 Ansatz: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{nachher}} - v_{\text{vorher}}}{t_{\text{nachher}} - t_{\text{vorher}}}$

Phase 1 (Start):

$$a_1 = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,0 \text{ s} - 0,0 \text{ s}} = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,0 \text{ s}} = 5,0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Phase 2 (Flug):

$$a_2 = \frac{5,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{52 \text{ s} - 2,0 \text{ s}} = \frac{-5,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{50 \text{ s}} = -0,10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Phase 3 (Suche):

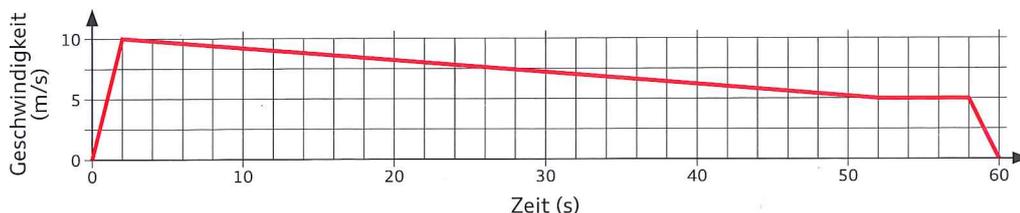
$$a_3 = \frac{5,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 5,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{58 \text{ s} - 52 \text{ s}} = \frac{0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6,0 \text{ s}} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Tipp

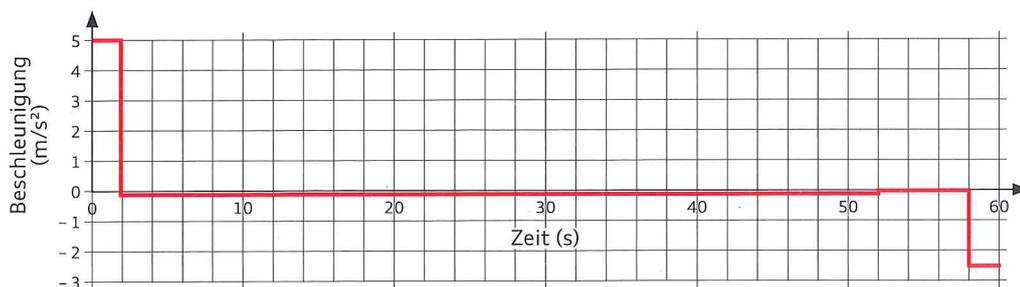
Wenn die Lernenden die Diagramme untereinander zeichnen, erkennen sie besser den Zusammenhang zwischen Beschleunigung und Geschwindigkeit.

Mehr Informationen hierzu?

Bienen sammeln üblicherweise in einem Flugradius von ungefähr 1 km um ihren Stock. Dabei legen junge Bienen meist nur wenige hundert Meter, ältere bei einem knappen Angebot in der unmittelbaren Umgebung sogar einige Kilometer zurück.



1 Lösung zu Aufgabe 1



2 Lösungsteil zu Aufgabe 2

Wie weit ist die Biene geflogen?

Arbeiterbienen sammeln Nektar und Pollen. Dabei können sie abhängig vom Alter und dem Angebot im Umfeld ihres Bienenstocks mehrere Kilometer zurücklegen.

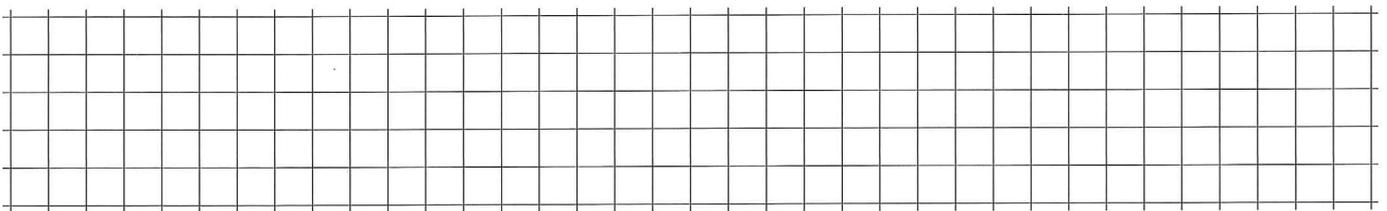


1 Biene beim Sammelflug

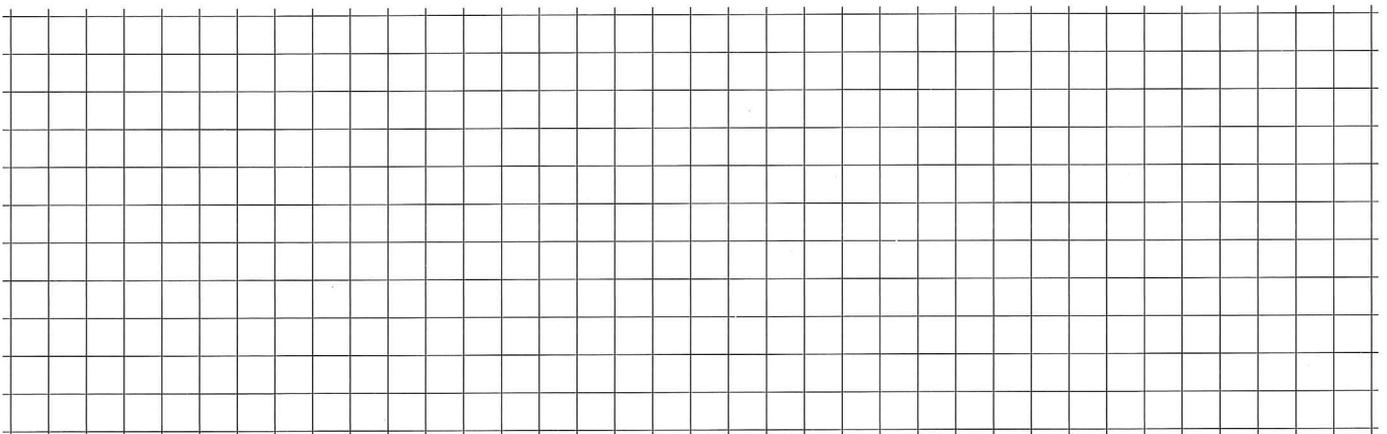
Der folgende Flug einer Biene beginnt am Bienenstock aus der Ruhe:

- Sie beschleunigt innerhalb von 2,0 Sekunden auf 10 m/s und fliegt in Richtung einer Blumenwiese.
- Während des Flugs wird sie gleichmäßig langsamer, bis sie nach 50 Sekunden noch 5,0 m/s schnell ist.
- Danach fliegt sie 6,0 Sekunden mit konstanter Geschwindigkeit weiter.
- Zuletzt bremst sie innerhalb von 2,0 Sekunden bis zur Ruhe und landet auf einer Blüte.

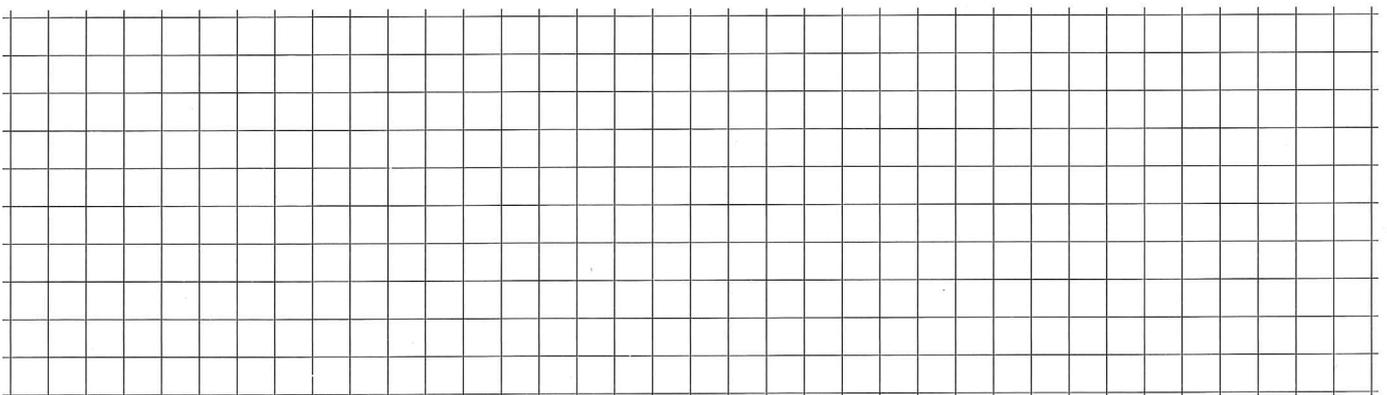
A1 Trage die Geschwindigkeiten in ein Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm ein. Verwende für die t -Achse als Maßstab 1 Zentimeter pro 4 Sekunden.



A2 Ermittle die Beschleunigung für die jeweiligen Phasen und zeichne das zugehörige Zeit-Beschleunigungs-Diagramm.



A3 Berechne aus den einzelnen Abschnitten die zurückgelegten Teilstrecken und bestimme so die insgesamt zurückgelegte Strecke.



Wie stark ist eine Biene?

Hinweise zum Unterricht

Abschätzung Dieses Arbeitsblatt fasst mehrere Elemente des Mathematik- und Physikunterrichts der Unterstufe zusammen. Dabei müssen – für die Physik nicht unüblich – Werte abgeschätzt und Formen idealisiert werden. Hier ist bei unerfahrenen Schülern eventuell Hilfe notwendig.

Dreisatz

Volumen

Dichte

Kraft

Die Schüler ermitteln mithilfe des Dreisatzes anhand des Fotos einer Biene den Durchmesser des Pollenhöschens. Mit dessen Durchmesser berechnen sie dann das Volumen, idealisiert als Kugel. Anschließend ermitteln sie daraus die Masse und die daraus resultierende Gewichtskraft des Pollenhöschens.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 $l_{\text{Biene gemessen}} = 3,8 \text{ cm}$

$l_{\text{Pollenhose gemessen}} = 0,75 \text{ cm (ungefähr)}$

$l_{\text{Biene gegeben}} = 1,2 \text{ cm}$

$x : 1,2 \text{ cm} = 0,75 \text{ cm} : 3,8 \text{ cm}$

$x = \underline{0,24 \text{ cm}}$ (2 gültige Ziffern)

A2 $V_{\text{Kugel}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$

$V_{\text{Kugel}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{0,24}{2} \text{ cm}\right)^3$

$V_{\text{Kugel}} = \underline{0,0070 \text{ cm}^3}$

A3 $m = \rho \cdot V$

$m = 1,0 \text{ g/cm}^3 \cdot 0,0070 \text{ cm}^3$

$m = 0,0070 \text{ g} = 7,0 \text{ mg}$

$m_{\text{ges}} = 2 \cdot 7,0 \text{ mg} = \underline{14 \text{ mg}}$ (zwei Pollenhöschchen)

A4 $F = m \cdot g$

$F = 14 \text{ mg} \cdot 9,8 \text{ N/kg}$

$F = 0,00014 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg}$

$F = 0,00014 \text{ N} = \underline{0,14 \text{ mN}}$

Mehr Informationen hierzu?

Zusatzaufgaben

Als Zusatzaufgabe können schnelle Schüler noch abschätzen, welche Kraft sie selbst proportional zu ihrer Körpermasse aufbringen müssten, um ebenso stark wie eine Biene zu sein. Die Körpermasse einer Arbeiterbiene beträgt ca. 10 mg.

Das Ergebnis ist nicht so spektakulär wie bei einer Ameise. Da die Biene allerdings mit dieser Zusatzlast noch fliegen kann, ist es bemerkenswert.

In Abbildung 1 ist zu erkennen, dass während der Brutzeit der Bienen die Masse des Bienenstocks deutlich ansteigt – innerhalb einer Woche um ca. 9 kg. Man kann den Verbrauch der Bienen anhand der absinkenden Massenkurve während der Nacht (Zeit geringer Ausflüge) mit ca. 1 kg/Tag abschätzen. Also liegt der Eintrag ca. 7 kg über den gemessenen 9 kg Massenzunahme.

Da etwa die Hälfte des Tages im Schnitt 200 Bienen pro Minute aus dem Stock fliegen, lässt sich ganz grob abschätzen, dass die Bienen bei 144 000 Flügen in einer Woche durchschnittlich ca. 16 mg Pollen pro Flug in den Stock eintragen.

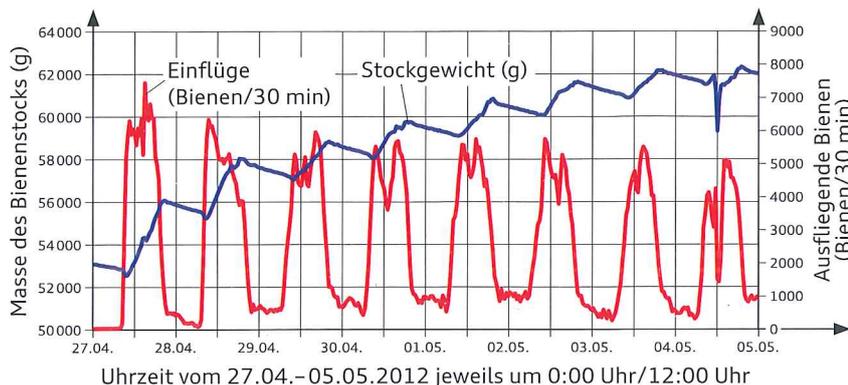
Die für das Arbeitsblatt fotografierte Biene war also unterdurchschnittlich »beladen«.

Literatur / Medien

<http://www.umwelt-im-unterricht.de/hintergrund/die-biene-eines-der-wichtigsten-nutztiere/>

Tipp

Zur Absicherung des Rechenwegs können Sie den Lernenden die Möglichkeit geben, die Ergebnisse der einzelnen Aufgaben von Ihnen bestätigen zu lassen, bevor sie die Werte für die nächste Aufgabe verwenden.



1 Entwicklung der Masse des Bienenstocks

Wie groß sind Bienenpuppen?

Hinweise zum Unterricht

Zerlegen in
Teilflächen

Flächenformel für
das Rechteck

Flächenformel für
das Dreieck

Volumenformel des
geraden Prismas

Dezimalzahlen

Bruchzahlen

Zu Aufgabe 1: Andere Zerlegungen des regelmäßigen Sechsecks sind möglich, beispielsweise Abtrennen des oberen Dreiecks und ergänzen zu einem Rechteck:

$$\begin{aligned} A_{\text{Sechseck}} &= A_{\text{Rechteck}} \\ A_{\text{Sechseck}} &= 5 \text{ mm} \cdot 4,5 \text{ mm} \\ A_{\text{Sechseck}} &= 22,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Zu Aufgabe 2: Differenzierung für gute Schüler. Sie kann weggelassen werden, wenn nicht mit Brüchen gerechnet werden soll.

Zu Aufgabe 3: Alternative Wege: Die Teilflächen aus A1 können mit der Höhe multipliziert und dann alles aufsummiert werden.

Zu Aufgabe 4: Differenzierung für schnelle Schüler. Sie kann bei Zeitknappheit weggelassen oder als Hausaufgabe gegeben werden.

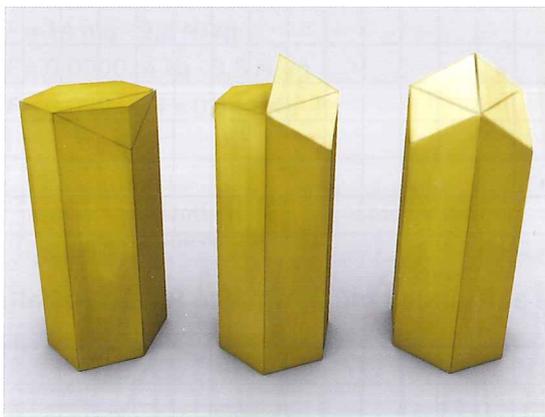
Lösung zum Arbeitsblatt

A1 Zerlegung des regelmäßigen Sechsecks in ein Rechteck und zwei kongruente Dreiecke oben und unten:

$$\begin{aligned} A_{\text{Sechseck}} &= A_{\text{Rechteck}} + 2 \cdot A_{\text{Dreieck}} \\ A_{\text{Sechseck}} &= 5 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm} + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ mm} \cdot 1,5 \text{ mm} \\ A_{\text{Sechseck}} &= 22,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tip

Durch die verschiedenen Lösungswege eignet sich die Aufgabe für Gruppenarbeit mit Diskussion der Ergebnisse.



1 Gerades Prisma als volumengleiche Vereinfachung der Form einer Bienen-Zelle

A2 Flächeninhalt des Bildausschnitts
 $= 30 \text{ mm} \cdot 24 \text{ mm} = 720 \text{ mm}^2$

Anzahl der Sechsecke
 $= 27 + 6 \cdot \frac{1}{2} + 12 \cdot \frac{1}{6} = 27 + 3 + 2 = 32$

Grundflächen aller Sechsecke
 $= 32 \cdot A_{\text{Sechseck}} = 32 \cdot 22,5 \text{ mm}^2 = 720 \text{ mm}^2$

A3 Volumen der Zelle einer Arbeiterin:

$$\begin{aligned} V_{\text{Prisma}} &= A_{\text{Sechseck}} \cdot h \\ V_{\text{Prisma}} &= 22,5 \text{ mm}^2 \cdot 12 \text{ mm} \\ V_{\text{Prisma}} &= 270 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Mehr Informationen hierzu?

Vereinfachung bei der Berechnung

Die Form der Zelle wird zur Vereinfachung als gerades Prisma angenommen. Am Boden der Zelle wird an drei Ecken ein Tetraeder abgeschnitten und hochgeklappt (Abbildung 1). Das Ergebnis des Volumens bleibt dabei aber gleich.

Zusatzaufgabe:

Legt die Königin ein unbefruchtetes Ei, dann entwickelt sich ein Drohn, das ist eine männliche Biene. Dieses wird ebenfalls in Zellen der Form eines regelmäßigen Sechsecks gelegt. Diese Zellen haben aber einen Durchmesser von 7 mm, einen Abstand von Ecke zu gegenüberliegender Ecke von 8 mm und eine Seitenlänge von 4 mm (vgl. Abbildung 2) sowie die Höhe 14 mm. Berechne das Volumen der Zelle eines Drohns in der Einheit mm^3 :

Lösung Volumen der Zelle eines Drohns:

$$\begin{aligned} A_{\text{Sechseck}} &= A_{\text{Rechteck}} + 2 \cdot A_{\text{Dreieck}} \\ A_{\text{Sechseck}} &= 7 \text{ mm} \cdot 4 \text{ mm} + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 7 \text{ mm} \cdot 2 \text{ mm} \\ A_{\text{Sechseck}} &= 42 \text{ mm}^2 \\ V_{\text{Prisma}} &= A_{\text{Sechseck}} \cdot h \\ V_{\text{Prisma}} &= 42 \text{ mm}^2 \cdot 14 \text{ mm} \\ V_{\text{Prisma}} &= 588 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Literatur / Medien

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

Ändert sich die Anzahl der Bienen im Stock?

Hinweise zum Unterricht

Prozentrechnung
 Prozentsatz
 Prozentwert
 Grundwert
 Veränderung des Grundwertes

Zu Aufgabe 1: Die Addition im Nenner ist zu beachten.

Zu Aufgabe 2: Die Aufgabe kann zunächst mit den offenen Brutzellen im Lehrer-Schüler-Gespräch durchgeführt werden und anschließend mit den verdeckelten Brutzellen der Arbeitsbienen selbstständig als Übung wiederholt werden.

Zu Aufgabe 3: Wiederholung der Standard-Methode Umkehraufgabe bei der Frage nach dem Grundwert im Kontext der Biene.

Zu Aufgabe 4: Möglichkeit einer Differenzierung für schnelle Schüler. Sie kann bei Zeitmangel entfallen. Weitergehend kann das Ergebnis mit dem von A3 verglichen werden, um in der mathematischen Modellierung sowohl Geburten als auch vermisste Bienen berücksichtigen zu können.

Tipp

Die Aufgaben eignen sich auch zum Üben, da es sich um Standard-Aufgaben handelt. Wegen des Kontextes Biene sollten Zwischenergebnisse überprüft werden.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Gegeben: Anzahl der Brutzellen für Arbeiterinnen: 75

Anzahl der Zellen mit Drohnen: 7 (siehe Abbildung 1)

Anteil der Drohnen-Zellen:

$$\frac{7}{11 + 75} = \frac{7}{88} = 8,2\%$$

A2 Entwicklungszeit von Ei oder Made in den offenen Brutzellen: 10 Tage

Anteil der offenen Brutzellen:

$$\frac{10 \text{ Tage}}{21 \text{ Tage}} = 48\%$$

Entwicklungszeit der Puppe in den verdeckelten Brutzellen: 11 Tage

Anteil der verdeckelten Brutzellen:

$$\frac{10 \text{ Tage}}{21 \text{ Tage}} = 52\%$$

Erwartete Anzahl von offenen Brutzellen:

$$48\% \cdot 75 = 36$$

Erwartete Anzahl von verdeckelten Brutzellen:

$$52\% \cdot 75 = 39$$

Anzahl der offenen Brutzellen: 39

Anzahl der verdeckelten Brutzellen: 36

D. h. die Population soll in Zukunft schneller wachsen.

A3 x sei die Anzahl der Bienen am Geburtstag in 21 Tagen

$$\text{Ansatz: } 5\% \cdot x = 2000$$

Umkehraufgabe:

$$2000 : 5\% = 2000 : 0,05 = 200\,000 : 5 = 40\,000$$

Das Volk umfasst am Geburtstag 40 000 Bienen.

Mehr Informationen hierzu?

Die Bienenkönigin legt an einem Sommertag täglich 1000 bis 2000 Eier. Aus einem befruchteten Ei entsteht eine weibliche Arbeitsbiene, aus einem unbefruchteten Ei ein männlicher Drohn. Innerhalb von 21 Tagen werden verschiedene Entwicklungsstadien durchlaufen: Zwischen den Tagen 1 bis 3 klebt das Ei am Zellenboden und es schlüpft eine Rundmade, die zwischen den Tagen 4 bis 8 schnell wächst, den Zellenboden ausfüllt und sich an den Tagen 9 und 10 mit dem Mund zur Zellenöffnung aufstellt. Nachdem diese Streckmade einen Kokon um sich gesponnen hat, wird die Zelle von den Arbeitsbienen mit Wachs verdeckelt. Vom 11. bis zum 21. Tag entwickelt sich darin die Puppe. Am 21. Tag schlüpft schließlich die Biene.

Bienvölker können zur Sommersonnenwende 40 000–60 000 Mitglieder beherbergen, darunter 500–2000 Drohnen.

Literatur / Medien

- Tautz, J. (2007) Phänomen Honigbiene. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- Wikipedia, »Westliche Honigbiene«, 30.07.2014. [Online]. Available: <http://de.wikipedia.org/wiki/Honigbiene>. [Zugriff am 03. 08 2014].
- Das Naturforum, »Die Bienenwabe«, 02.08.2014. [Online]. Available: <http://www.das-naturforum.eu/forum/showthread.php?tid=3392>. [Zugriff am 02.08.2014].



1 Drohnenzellen

Wie viel Honig befindet sich im Bienenstock?

Hinweise zum Unterricht

Schlussrechnung
Zusammenhang zwischen zwei Sachgrößen
Direkte Proportionalität
Indirekte Proportionalität

Die Aufgabe 2 kann zum einen durch Ausschneiden, Zerschneiden und Einfügen der Teile des Quadrates in den Rahmen gelöst werden. Zum zweiten kann ausschließlich mit einem Maßstab gerechnet werden und zum dritten können die Zellen gezählt und die noch fehlenden Zellen abgeschätzt werden. Bei diesen Lösungen werden unterschiedliche Methoden kombiniert: Flächenzerlegung, Auslegen von Flächen mit Flächenstücken und Bruchrechnen.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Gegeben: $V_{\text{Zelle}} = 0,3 \text{ cm}^3$, $N = 420$, Zellen beidseitig

Gesucht: $V_{\text{Honig im Quadrat}}$

$$V_{\text{Honig im Quadrat}} = 2 \cdot N \cdot V_{\text{Zelle}}$$

$$V_{\text{Honig im Quadrat}} = 2 \cdot 420 \cdot 0,3 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{Honig im Quadrat}} = 252 \text{ cm}^3$$

A2 Gegeben: $V_{\text{Honig im Quadrat}} = 252 \text{ cm}^3$, 10 Rahmen

Gesucht: $V_{\text{Honig im Rahmen}}$, $V_{\text{Honig im Honigraum}}$

Ein Rahmen enthält $6 \frac{5}{6}$ solche Quadrate

$$V_{\text{Honig im Rahmen}} = 6,83 \cdot 252 \text{ cm}^3$$

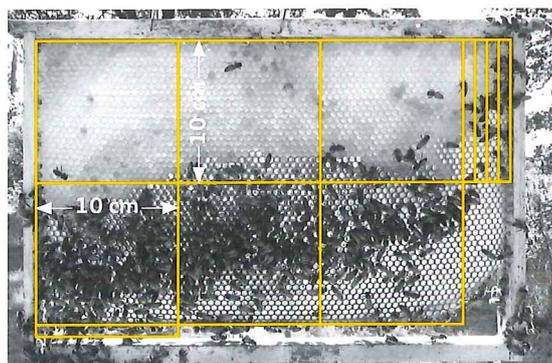
$$V_{\text{Honig im Rahmen}} = 1722 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{Honig im Honigraum}} = 10 \cdot V_{\text{Honig im Rahmen}}$$

$$V_{\text{Honig im Honigraum}} = 10 \cdot 1722 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{Honig im Honigraum}} = 17220 \text{ cm}^3$$

A3 Die Aussage ist falsch, denn:
60 Arbeitsbienen brauchen 6 Std
80 Arbeitsbienen brauchen 360 Std : 80 = 4,5 Std



1 Bestimmung der Zellenanzahl einer Wabe durch Auslegen der Fläche mit dem eingezeichneten Quadrat und dessen Teilen

Mehr Informationen hierzu?

Die Zellenform

Im Honigraum eines Bienenstocks befinden sich u. a. Rahmen, die eine Mittelplatte enthalten, die in der Form der zu bauenden Zellen strukturiert ist und auf die von den Bienen die Zellen mit Wachs gebaut werden. Es gibt dort auch Rahmen, die bereits fertige Wachsellen enthalten. Beide werden von den Bienen mit Honig gefüllt und verdeckelt. Zur Ernte des Honigs werden die gefüllten Rahmen herausgenommen, die Verdeckelung mit einem Kamm abgeschabt, die Rahmen in einer Zentrifuge geschleudert und der ausfließende Honig in Gläser abgefüllt.

Zusatzaufgabe:

Berechne, wie viele kg Honig sich im Honigraum des Bienenstocks befinden, wenn 1 cm^3 Honig die Masse $1,4 \text{ g}$ hat, und wie viele 500-g-Honiggläser damit gefüllt werden können.

Lösung der Zusatzaufgabe:

1 cm^3 entsprechen $1,4 \text{ g}$
 17220 cm^3 entsprechen $17220 \cdot 1,4 \text{ g} = 24108 \text{ g} \approx 24 \text{ kg}$
 Also können mit dem Honig im vollen Honigraum des Bienenstocks ca. 48 Honiggläser, die 500 g enthalten, gefüllt werden.

Literatur / Medien

- Immelieb.de, »April«, 08.08.2014. [Online]. Available: http://www.immelieb.de/?page_id=186. [Zugriff am 08.08.2014].
- Wikimedia-Commons, »Honeycombs«, 09.07.2014. [Online]. Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Honeycombs?uselang=de#mediaviewer/File:Abeilles_et_ruches_07.JPG. [Zugriff am 08.08.2014].
- Tautz, J. (2007) Phänomen Honigbiene. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg



2 Quadrat zum Ausschneiden für das Arbeitsblatt

Bei welchen Temperaturen fliegen Bienen?

Hinweise zum Unterricht

Datenanalyse
Diagramm-
kompetenz
Mittelwert
Durchschnittswert

Zu Aufgabe 1: Der Umgang mit zwei verschiedenen Ordinaten erfordert Anleitung.

Zu Aufgabe 2: Schnelle Schüler sollten alle Werte auslesen, für langsame Schüler reichen die Werte von 10 Uhr bis 15 Uhr. Differenzierung für starke Schüler: Stocktemperatur um 12 Uhr oder Wetter recherchieren.

Zur Erleichterung können die Lernenden auf der Seite <http://www.hobos.de/de/lehrer-schueler-eltern/hobos-live/messwerte.html> das Fadenkreuz mit Werteanzeige verwenden.

Zu Aufgabe 3: Der jeweils betrachtete Zeitraum ist wichtig. Einüben des grafischen Findens des Mittelwertes erleichtert weitere ähnliche Aufgaben.

Tipp

Sie können reale Messdaten verwenden. Dazu genügt eine Registrierung und ein Login auf der HOBOS-Lernplattform.

Lösungen zum Arbeitsblatt

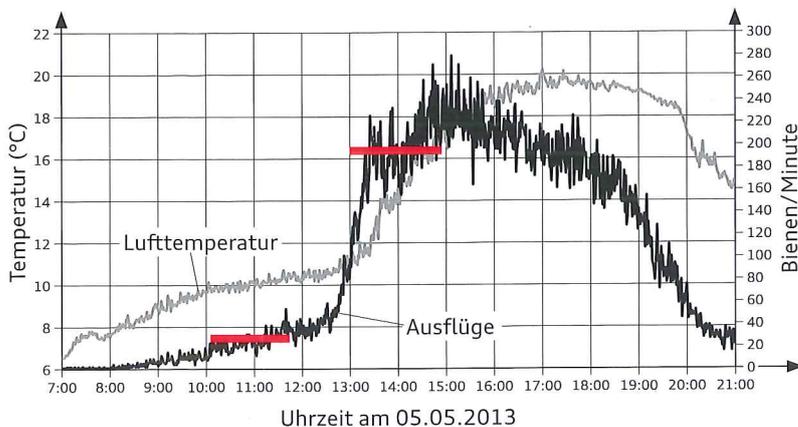
A1 Untere horizontale Achse: Zeitpunkt mit Uhrzeit

Linke vertikale Achse: Temperatur in °C

Rechte vertikale Achse: Anzahl der Ausflüge in Bienen pro Minute

Die Außentemperatur beträgt erst zu diesem späten Zeitpunkt des Tages deutlich über 10°C.

A2 Der Graph ist zittrig, weil die Anzahl der Ausflüge nur in ganzen Bienen erfolgen kann und deshalb stufenweise ist und der genaue Zeitpunkt des Abflugs weitgehend zufällig variiert. Die in der Tabelle bereits eingetragenen Werte sind Mittelungen über etwa eine Stunde.



1 Durchschnittswerte der Bienen ausflüge in verschiedenen Zeiträumen

Tabelle mit abgelesenen Messwerten:

Zeitpunkt	Lufttemperatur in °C	Anzahl der Ausflüge in Bienen pro Minute
7 Uhr	6,6	1
8 Uhr	7,7	3
9 Uhr	8,6	9
10 Uhr	9,6	16
11 Uhr	10,1	26
12 Uhr	10,5	36
13 Uhr	11,3	127
14 Uhr	15,2	191
15 Uhr	17,7	240
16 Uhr	19,1	215
17 Uhr	20,0	192
18 Uhr	20,0	181
19 Uhr	19,3	143
20 Uhr	17,2	47
21 Uhr	14,7	25
22 Uhr	11,7	14

A3 Berechnung der Durchschnittswerte in den Zeiträumen 10–12 Uhr und 13–15 Uhr:
 Durchschnittswert 1 = $(16 + 26 + 36) : 3$
 Durchschnittswert 1 = $78 : 3 = 26$
 Durchschnittswert 2 = $(127 + 191 + 240) : 3$
 Durchschnittswert 2 = $558 : 3 = 186$
 Eintragung siehe Abbildung 1

Mehr Informationen hierzu?

Abschätzung von Durchschnittswerten

Durchschnittswerte können abgeschätzt werden, indem man im betrachteten Zeitraum Einzelwerte grafisch mittelt (vgl. Abbildung 1).

Literatur / Medien

- Tautz, J. (2007) Phänomen Honigbiene. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- HOBOS - HOneyBee Online Studies, »Messwerte Würzburg«, 13.08.2014. [Online]. Available: <http://www.hobos.de/de/lehrer-schueler-eltern/hobos-live/messwerte.html>. [Zugriff am 13.08.2014].

Wie schwer ist ein Bienenstock?

Hinweise zum Unterricht

Diagramm auslesen, zeichnen und analysieren

Balkendiagramm

Liniendiagramm

Kreisdiagramm

Manipuliertes Diagramm

Prozentrechnung

Veränderung des Grundwertes

Zu Aufgabe 1: Erkennen die Schüler nicht selbstständig die Bedeutung der Ordinate, kann man ihre Aufmerksamkeit darauf lenken.

Zu Aufgabe 2: Der Aufbau des Diagramms in Abbildung 2 sollte erklärt werden. Zur Erleichterung kann auf der Seite <http://www.hobos.de/de/lehrer-schueler-eltern/hobos-live/messwerte.html> das Fadenkreuz mit Werteanzeige verwendet werden. Bei Verwendung der HOBOS-Lernplattform sind zusätzlich Recherchen der Massenveränderung über längere Zeiträume von mehreren Jahren und über kürzere von einigen Tagen möglich.

Zu Aufgabe 3: Sie kann zur Differenzierung verwendet werden, indem langsamere Schüler diese Aufgabe auslassen.

Mehr Informationen hierzu?

Bienen fliegen zwischen Mitte März und Mitte September, wenn die Temperaturen dies zulassen. Mit Beginn der Blütensaison sammeln sie Pollen und Nektar, der zu Honig eingedickt wird. Honig liefert Energie, Pollen enthält Eiweiß, das hauptsächlich für die Brut gebraucht wird. In dieser Zeit legt die Bienenkönigin viele Eier und die Zahl der Bienen steigt und damit auch der Honigeintrag. Da diese Sommerbienen nur etwa einen Monat leben, fällt die Zahl der Bienen, sobald die Königin am Ende der Blütensaison weniger Eier legt. Dann schlüpfen hauptsächlich Winterbienen, die bis zu einem Jahr leben können. Diese überwintern mit der Königin und brauchen dabei langsam den Honig im Bienenstock auf.

Zusatzaufgabe:

An einem Frühlingstag enthält der Bienenstock 20 000 Bienen, jede mit der Masse 50 mg, 5 kg Honig, etwas weniger als 3 kg Wachs und 50 kg Behausung, die hauptsächlich aus Holz, Plastik und Metall besteht (Abbildung 1). Zeichne ein Kreisdiagramm der Masse des Bienenstocks an diesem Tag, das dessen vier Hauptbestandteile enthält. Erkläre mit dessen Hilfe die Abnahme der Masse im ersten Zeitraum und die Zunahme der Masse im zweiten Zeitraum, wie sie in der Angabe von Aufgabe 3 beschrieben sind.

Lösung der Zusatzaufgabe:

Masse der Bienen = $20\,000 \cdot 50\text{ mg} = 1\text{ kg}$
 Kreisdiagramm siehe Abbildung 1
 Erster Zeitraum vom 27.08.2013 bis 27.03.2014: Die Sommerbienen sind gestorben und eine vernachlässigbar kleine Anzahl von Winterbienen bleibt übrig. Der Honig wird über den Winter langsam verbraucht.
 Zweiter Zeitraum vom 27.03.2014 bis 27.04.2014: Der Zuwachs erklärt sich aus dem Aufbau des Bienenvolkes und des Honigvorrats.

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Die einzelnen Säulen des Säulendiagramms in Abbildung 1 beginnen beim Wert 60 kg und nicht bei null. Dadurch wird der Rückgang überbetont.

A2 Die Punkte (08.05.2014, 68 kg), (15.05.2014, 64 kg), (26.05.2014, 62 kg) und (01.06.2014, 61 kg) befinden sich im Graphen von Abbildung 2 und können angekreuzt werden.

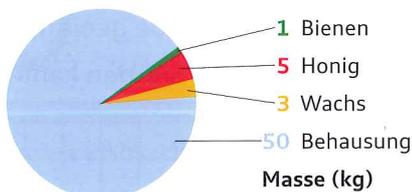
Abbildung 1 gibt keinen korrekten Eindruck, weil es nur einen Ausschnitt aus Abbildung 2 zeigt, der steil abfällt.

A3 Erster Zeitraum:

$$\text{Abnahme} = \frac{6\text{ kg}}{59\text{ kg}} = 0,101.. \approx 10\%$$

Zweiter Zeitraum:

$$\text{Zunahme} = \frac{17\text{ kg}}{53\text{ kg}} = 0,320.. \approx 32\%$$



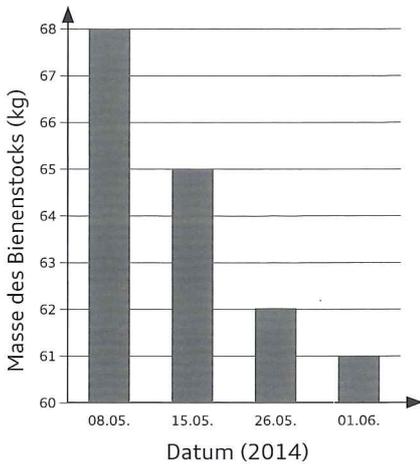
1 Bestandteile der Masse des HOBOS-Bienenstocks

Literatur / Medien

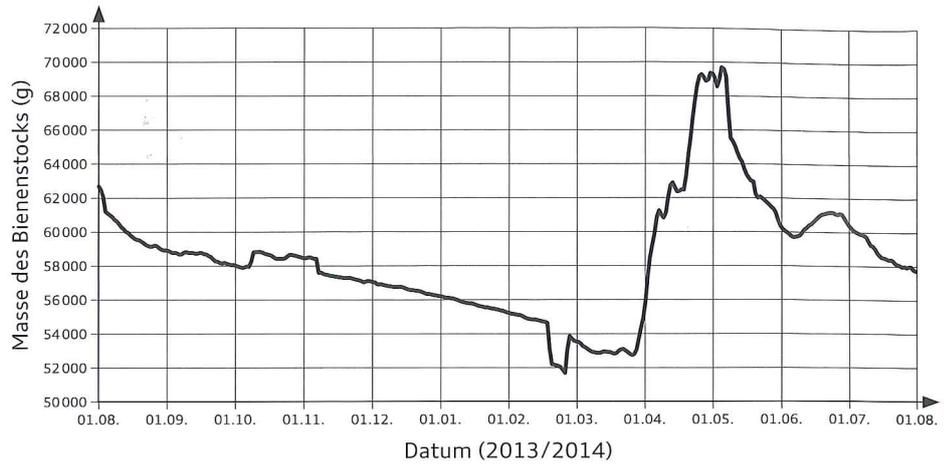
HOBOS – HONeyBee Online Studies, »Messwerte Würzburg«, 13.08.2014. [Online]. Available: <http://www.hobos.de/de/lehrer-schueler-eltern/hobos-live/messwerte.html>. [Zugriff am 13.08.2014].

Wie schwer ist ein Bienenstock?

Ein Bienenstock enthält Bienen, Honig, Wachs und die Behausung, die hauptsächlich aus Holz, Kunststoff und Metall besteht. Da sich die Anzahl der Bienen im Laufe des Jahres verändert und Honig und Wachs von den Bienen produziert und verbraucht werden, kann aus der Masse des Bienenstocks (Abbildung 2) auf sein Innenleben geschlossen werden. Dieses Zeit-Masse-Diagramm kann verändert (manipuliert) dargestellt werden und so beim Betrachter möglicherweise zu einer falschen Interpretation führen (Abbildung 1).



1 Manipuliertes Diagramm

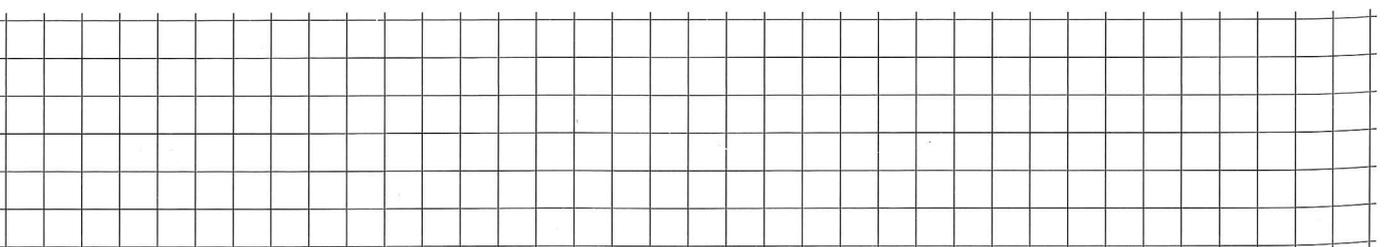


2 Masse des Bienenstocks

A1 Betrachte Abbildung 1 und erkläre damit das Zustandekommen der falschen Interpretation »Die Masse des Bienenstocks halbiert sich dreimal« im betrachteten Zeitraum.

A2 Markiere die vier Massen von Abbildung 1 in Abbildung 2 und zeige damit, dass die Werte aus Abbildung 1 nicht falsch sind. Erkläre, warum das manipulierte Diagramm von Abbildung 1 trotzdem keinen korrekten Eindruck vom Jahresverlauf der Masse des Bienenstocks zeigt.

A3 Die Masse des Bienenstocks nimmt im ersten Zeitraum von 59 kg am 27.08.2013 auf 53 kg am 27.03.2014 ab und anschließend im zweiten Zeitraum auf 70 kg am 27.04.2014 zu. Berechne die durchschnittliche Abnahme der Masse des Bienenstocks im ersten Zeitraum und die durchschnittliche Zunahme im zweiten Zeitraum jeweils in Prozent.



Wer ist in der Bienenwelt am größten?

Repräsentation
Darstellungsformen

Hinweise zum Unterricht

Dieses Arbeitsblatt dient dem Einstieg in die Informatik. Nach einem ersten Brainstorming zu möglichen informatischen Begriffen und der Erläuterung des Wortes »Informatik« als Zusammensetzung von »Information« und »Automatik« wird der Einfluss unterschiedlicher Darstellungsformen auf die tatsächliche Übertragung von Information gezeigt.

Anschließend können beispielsweise verschiedene Darstellungen einer Information mithilfe unterschiedlicher Softwarelösungen erforscht werden.

Zur Besprechung des Arbeitsblatts kann die Abbildung 1 projiziert werden. 

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 Die Königin ist die größte Biene.

A2 Text: Die Königin hat einen verlängerten Hinterleib und 17 mm ist nur eine durchschnittliche Länge.

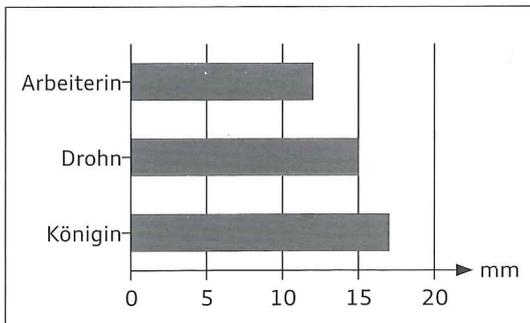
Bild: Die Königin trägt eine Nummer auf dem Rücken und man erfährt, wie Bienen aussehen.

A3 Die Grafik vermittelt diese Information am schnellsten, da sie eine auf die Körpergrößen beschränkte (Modell-)Darstellung ist.

Mehr Informationen hierzu?

Die Markierungen für Bienenköniginnen

Das farbige Plättchen auf dem Rücken der Königin ist eine Markierung, um diese schneller im Stock zu finden. An der Farbe der Rückennummer kann man aber auch das Alter der Königin erkennen – die Farben sind international normiert.



Grafik

Bei den westlichen Honigbienen hat die Königin eine durchschnittliche Körperlänge von 17 Millimetern, womit sie größer als ein Drohn oder eine Arbeiterin ist. Die Bienenkönigin ist deutlich an ihrem verlängerten Hinterleib zu erkennen.

Text



Bild

Biene	Körperlänge
Königin	17 mm
Drohn	15 mm
Arbeiterin	12 mm

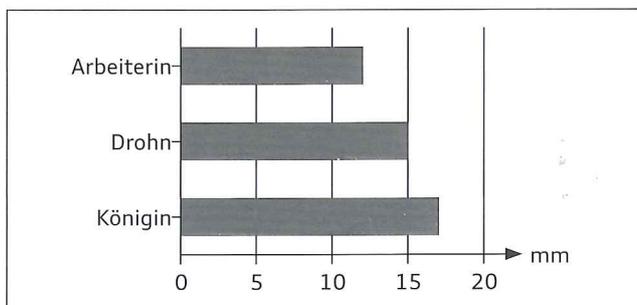
Tabelle

1 Verschiedene Arten der Darstellung von Informationen

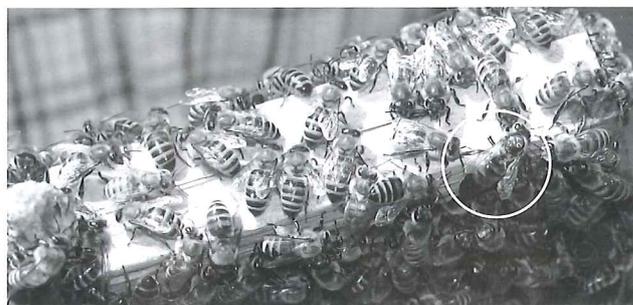
Wer ist in der Bienenwelt am größten?

Damit Information weitergegeben werden kann, benötigt sie eine Darstellung (Repräsentation). Jede Art der Darstellung hat dabei verschiedene Stärken und auch Schwächen.

Hier einige Beispiele für verschiedene Darstellungsarten:



Grafik



Bild

Bei den westlichen Honigbienen hat die Königin eine durchschnittliche Körperlänge von 17 Millimetern, womit sie größer als ein Drohn oder eine Arbeiterin ist. Die Bienenkönigin ist deutlich an ihrem verlängerten Hinterleib zu erkennen.

Text

Biene	Körperlänge
Königin	17 mm
Drohn	15 mm
Arbeiterin	12 mm

Tabelle

1 Darstellung von Information

A1 Notiere eine Aussage, die alle vier Darstellungen gemeinsam haben.

A2 Gib an, welche Aussagen ausschließlich im Text zu finden sind und welche Information man nur aus dem Bild gewinnen kann.

A3 Beurteile, aus welcher Darstellung man die größere Körpergröße der Königin am schnellsten herauslesen kann, und begründe deine Aussage.

Wie heiß wird es maximal im Bienenstock?

Hinweise zum Unterricht

Funktionen
Diagramm
Tabellenkalkulationsprogramm

In diesem Modul wird die Verwendung verschiedener vordefinierter Funktionen geübt. Adressierung von Zellen und die grundlegende Bedienung des verwendeten Tabellenkalkulationsprogramms sollte den Schülern bekannt sein.

Für die Bearbeitung der Aufgaben sind die entsprechenden Tabellen-Dokumente von der CD-ROM nötig. Die Daten stammen von der Vorderseite des HOBOS-Stocks (außen) und der Wabengasse 6 (innen).

Mehr Informationen hierzu?

Vertiefungsmöglichkeiten

Mögliche Vertiefung für besonders motivierte Schüler (einzeln oder gemeinsam):
Um in großen Zahlenmengen Regelmäßigkeiten oder Abweichungen zu finden, ist eine grafische Darstellung oft hilfreich. Werte die Daten von Januar bis Juli 2014 (auf der CD-ROM: Seite70_Zusatz.xlsx) mithilfe eines Diagramms aus: Wähle dazu einen geeigneten Diagrammtyp und interpretiere deine Darstellung.
Zur Darstellung ist ein Liniendiagramm gut geeignet (Abbildung 1): Hier sieht man die dreimonatige Aufheizphase, bis dann ca. Mitte März der Brutzeitraum beginnt. Ende Mai/Anfang Juni muss ein Ereignis vorliegen, das zu einem Einbruch der Temperatur geführt hat: Auf der HOBOS-Website ist bei »Eingriffe Ereignisse« für 9.5. und 21.5. jeweils ein »Schwärmen« verzeichnet. Inwieweit der Populationsrückgang zu diesem Temperaturrückgang geführt hat, bliebe zu klären.

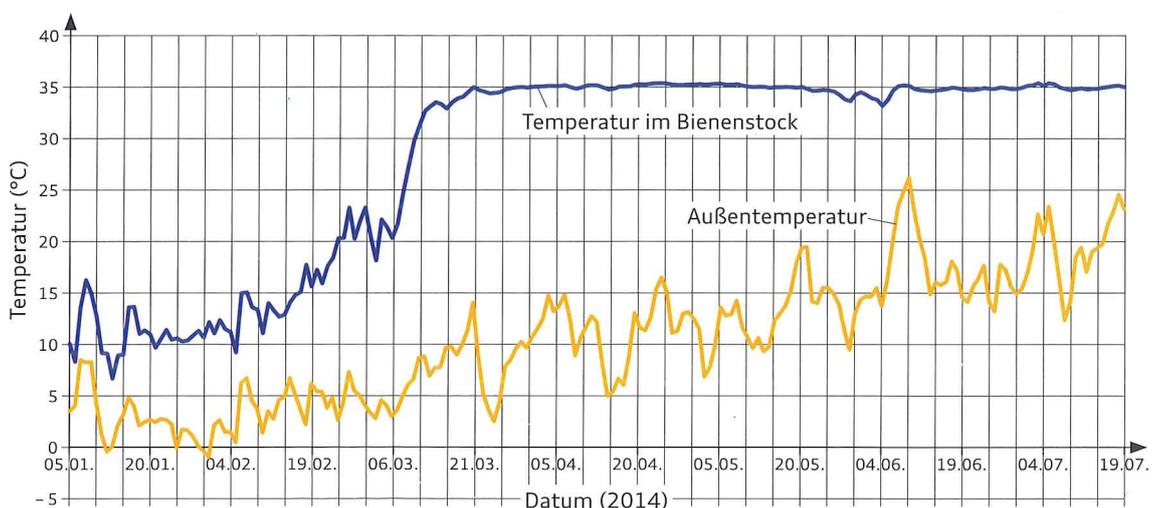
Zum Regulieren der Temperatur im Bienenstock haben Bienen verschiedene Mechanismen zum Heizen (Muskelzittern, Heizerbienen etc.) und zur Abkühlung (Luftstrom, Verdunstung von Wasser).

Weiterführende Arbeitsblätter zu diesem Themenbereich finden Sie in den Biologie-Modulen auf Seite 12/13 (Bruttemperatur) und Seite 28/29 (heizen/kühlen).

Lösungen zum Arbeitsblatt

- A1** (auf der CD-ROM: Seite71_1.xlsx)
a) $B27 = \text{MAX}(B2:B25) = 35,6$
 $C27 = \text{MAX}(C2:C25) = 36,7$
Die Außentemperatur steigt über die innere.
b) $B28 = \text{MIN}(B2:B25) = 34,4$
 $B29 = \text{MITTELWERT}(B2:B25) = 34,9$
c) Es ist KEIN direkter Zusammenhang zu erkennen: MIN, MAX und MITTELWERT der Innentemperatur liegen nah beieinander, während die Außentemperatur deutlich variiert.

- A2** (auf der CD-ROM: Seite71_2.xlsx)
Die Innentemperatur scheint relativ konstant zu bleiben – unabhängig von der Außentemperatur. Mögliches Ergebnis einer Recherche:
Der Juni liegt im Brutzeitraum der Biene. In dieser Zeit halten Bienen im Stock eine gleichbleibende Temperatur von ca. 35 °C (Bruttemperatur).



1 Innen- und Außentemperatur am Bienenstock

Tipp
Die Eingabe von Bereichen in eine Funktion kann schriftlich oder auch direkt durch Markieren mit der Maus erfolgen.

Wie heiß wird es maximal im Bienenstock?

Scheint an einem warmen Sommertag die Sonne auf ein Auto, können sich darin Temperaturen von weit über 50 °C entwickeln. Da weder Bienen noch ihr Wachs solche Temperaturen überstehen würden, stellt sich die Frage, wie heiß es in einem Bienenstock tatsächlich wird.

In einer Excel-Tabelle (auf der CD-ROM: Seite71_1.xlsx) sind Außen- und Innentemperatur des HOBOS-Bienenstocks vom 18. Juli 2014 stündlich verzeichnet. Um den Maximalwert aus einem Zahlenbereich zu ermitteln, verwendet man die MAX-Funktion. Als Parameter wird der gewünschte Bereich übergeben. Für die maximale Innentemperatur beispielsweise steht in der Zelle:

B27: = MAX(B2:B25)

(Mit dem Doppelpunkt kann also ein ganzer Bereich übergeben werden.)

Lass dir die gefragten Werte vom Tabellenkalkulationsprogramm ermitteln.

A1 Notiere stets auch die für die folgenden Berechnungen verwendeten Funktionen.

- a) Ermittle wie im Beispiel das Maximum der Innen- und auch der Außentemperatur und vergleiche diese.

- b) Ermittle nun auch Minimum (MIN) und Mittelwert (MITTELWERT) der Innentemperaturen.

- c) Beurteile mithilfe deiner Ergebnisse die folgende Aussage: »Die Innentemperatur in einem Bienenstock hängt von der Außentemperatur ab.«

	A	B	C
1	Stunde	innen	außen
2	0	35,1	29,8
3	1	35,0	29,3
4	2	34,9	28,6
5	3	34,8	27,7
6	4	34,8	27,1
7	5	34,7	25,9
8	6	34,6	24,6
9	7	34,5	24,3
10	8	34,4	24,5
11	9	34,5	25,4
12	10	34,6	26,8
13	11	34,6	28,6
14	12	34,7	30,4
15	13	34,8	32,1
16	14	34,9	33,5
17	15	35,1	34,6
18	16	35,2	35,5
19	17	35,4	36,3
20	18	35,3	36,7
21	19	35,4	36,4
22	20	35,4	35,7
23	21	35,6	34,0
24	22	35,2	32,6
25	23	35,1	31,8
26			
27	MAX	=MAX(B2:B25)	
28	MIN		
29	MITTEL		

1 Tabelle mit Temperaturen

A2 Wende nun deine Berechnungen auf die Gesamtdaten des Juni 2014 (auf der CD-ROM: Seite71_2.xlsx) an. Bestätigen sich deine oben gemachten Aussagen zu Aufgabe 1c)? Um deine Beobachtungen erklären zu können, recherchiere die für Bienen bedeutsamen Temperaturbereiche.

In and out – wo bleiben die Bienen?

Hinweis zum Unterricht

Eine der großen Stärken von Tabellenkalkulationsprogrammen ist die automatisierte Verarbeitung großer Datenmengen. Wenn dabei einzelne Rechenschritte mehrfach auf ganze Spalten von Zahlen angewandt werden sollen, ist es hilfreich, die Formel schnell und effizient auf mehrere Zellen übertragen zu können.

Mehr Informationen hierzu?

Auf www.hobos.de kann man weitere Daten des HOBOS-Bienenstocks abrufen: Betrachtet man dort für den Zeitraum der gegebenen Daten die Temperatur in der Wabengasse 5, so erkennt man, dass dort bis Ende August konstant um die 34,5°C vorherrschen – die Bruttemperatur der Biene. In dieser Zeit ist auch der Nahrungsbedarf der Brut erhöht. So erklären sich die deutlich höhere Flugaktivität und die damit verbundenen Verluste.

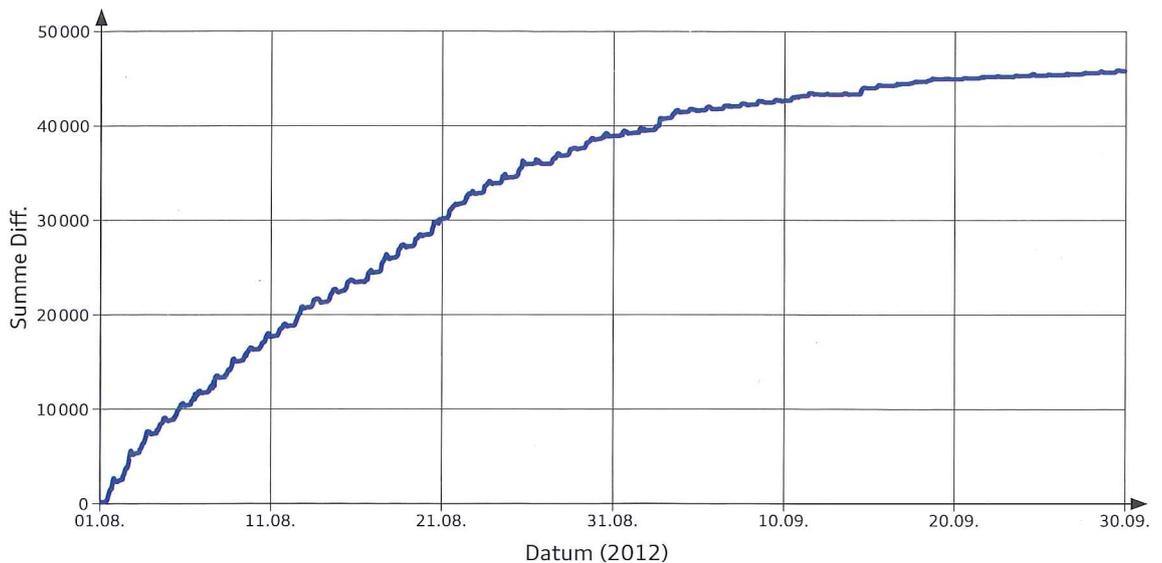
Lösung zum Arbeitsblatt

A1 (auf der CD-ROM: Seite72.xlsx)
 Die Summe der Einflüge beträgt: 322 303.
 Die Summe der Ausflüge beträgt: 361 719.

A2 $G2 = F2 - E2$
 Diese Zelle ist dann in alle darunter liegenden Zellen zu kopieren.
 39416: Es handelt sich um die Anzahl von Bienen, die ausgeflogen, aber nicht wieder eingeflogen sind.

Es kann folgende **Zusatzaufgabe** gestellt werden:
 Lass dir die in A2 ermittelten Werte grafisch darstellen. Verwende einen dafür geeigneten Diagrammtyp. Wenn du alles richtig gemacht hast, kannst du in der dargestellten Kurve einen Knick erkennen. Erläutere die Bedeutung des Knicks und der möglichen Ursachen dafür.

Lösung: Ab Ende August ist ein Rückgang der Verluste zu erkennen. Aus den Zahlen der Ein- und Ausflüge lässt sich erkennen, dass in diesem Zeitraum die Flugaktivität zurückgegangen ist. Fressfeinde und Unfälle sind die häufigsten Ursachen, warum eine Biene nicht mehr in ihren Stock zurückkehrt.



1 Summierte Verluste an Bienen

Relative Adressierung
 Kopieren von Zellen

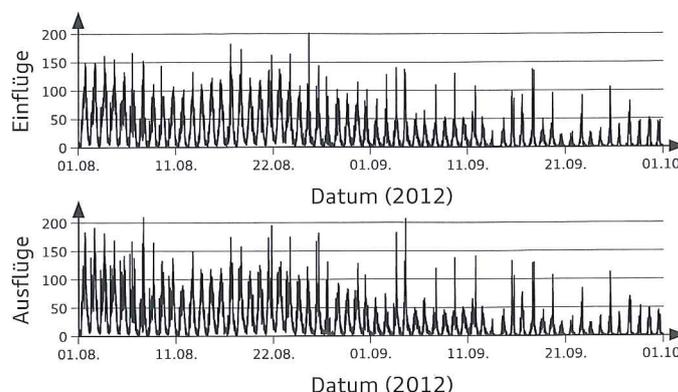
Tipp
 Mit gedrückter <Strg> Taste und den Pfeiltasten kann man innerhalb von Tabellen schnell zur letzten in der jeweiligen Richtung liegenden Zelle springen.

Tipp
 Mehrere nebeneinander liegende Zellen können gemeinsam ausgewählt und mithilfe des »Ausfüllkästchens« kopiert werden.

In and out – wo bleiben die Bienen?

Um große Zahlenmengen besser auswerten zu können, bieten Tabellenkalkulationsprogramme die Möglichkeit, Diagramme zu erstellen. Hierzu markiert man die darzustellenden Bereiche/Spalten und wählt über die entsprechende Schaltfläche einen geeigneten Diagrammtyp aus.

Stellt man beispielsweise die im 5-Minuten-Rhythmus gezählten Ein- und Ausflüge aus einem Bienenstock dar (Abbildung 1) und will diese vergleichen, so zeigt sich, dass das bei so komplexen Diagrammen nicht einfach möglich ist. Weder die Einzelwerte noch die Zahlen für Einflüge und Ausflüge sind getrennt aussagekräftig. Daher müssen aus den gegebenen Werten neue berechnet werden.



1 Ein- und Ausflüge aus dem Bienenstock

Tipp: Kopiert man eine Formel in eine andere Zelle, so »wandern« die darin verwendeten Adressen – sofern sie ohne »\$« geschrieben sind (relative Adressierung) – mit: Kopiert man die Formel aus E3 nach E4, so wird dort die Summe aus E2 und C3 gebildet. Ist eine Zelle markiert, so hat man mehrere Möglichkeiten, ihren Inhalt in weitere Zellen zu übertragen: Man kann sie über Menü, Kontextmenü oder Tastenkombination kopieren und anderswo einfügen oder man zieht mit dem Mauszeiger das blaue Kästchen an der rechten Unterseite der Zelle (Ausfüllkästchen, siehe Abbildung 2) in die Richtung, in welche die Formel kopiert werden soll. So ist es sogar möglich, mehrere Zellen auf einmal mit einer Formel zu füllen.

	C	D	E
1	Einflüge	Ausflüge	Summe ein
2	8	4	8
3	4	5	=E2+C3

2 Summe zweier Zellen

	C	D	E
1	Einflüge	Ausflüge	Summe ein
2	8	4	8
3	4	5	12

3 Das »Ausfüllkästchen«

Da auch das für sehr lange Tabellen umständlich wäre, geht es noch schneller: Ein Doppelklick auf das Ausfüllkästchen füllt alle unter ihr liegenden Zellen jeweils mit Bezügen für die Formel.

A1 Öffne mit einem Tabellenkalkulationsprogramm die Datei Seite73.xlsx. Hier werden bereits für die ersten drei Zeilen die Zwischensummen über die Einflüge berechnet. Kopiere die Zelle E4 in die darunter liegenden Zellen und übertrage die Berechnung der Zwischensumme auch auf die Ausflüge (Spalte F). Ermittle die Gesamtanzahl aller Einflüge und Ausflüge im August.

A2 Da auch die Zwischensummen von Ein- und Ausflügen schwer miteinander vergleichbar sind, solltest du die Differenz der Zwischensummen bilden: Berechne in der Spalte G die Differenz aus »Summe aus« und »Summe ein«. Ermittle und erkläre den Wert für den 1. September 2012 um 0:00 Uhr.

Wo stecken die Bienen?

Hinweise zum Unterricht

SQL
Aggregatfunktion
Abfrage über mehrere Tabellen
Timestamp

Beispiel-Datenbanken im Unterricht umfassen meist nur wenige Datensätze. Die im HOBOS-Bienenstock aufgezeichneten Datenmengen sind so groß – die Werte von 51 Sensoren werden minütlich aufgezeichnet –, dass eine manuelle Auswertung tatsächlich unmöglich ist. Sie sind sogar so groß, dass eine allumfassende Analyse unmöglich ist: Nur auf konkrete Fragestellungen können die Daten (vielleicht) Antworten geben. Solche Fragen in der Datenbank-Abfragesprache SQL zu formulieren, das ist Ziel der folgenden zwei Arbeitsblätter.

Tipp

Bei Aufgabe 3 kann mit »LIMIT 0,1« die Ausgabe auf den Höchstwert beschränkt werden.

Hierbei wird vorausgesetzt:

- einfache Abfragen (SELECT, FROM, WHERE)
- Abfrage über mehrere Tabellen
- Aggregatfunktionen (MIN, MAX, AVG, ...)
- Sortierung (ORDER BY ... [DESC])
- Gruppierung (GROUP BY)

Die korrekte Schreibweise von Datumsangaben und der richtige Umgang mit dem Timestamp sollte vorher unbedingt besprochen werden.

Die zu den Aufgaben passende Datenbank finden Sie als SQL-Dump auf der CD-ROM (Seite74.sql.zip). Dieser muss auf einen lokalen Datenbankserver gespielt werden.



Da verschiedene SQL-Interpreter gelegentlich Unterschiede in der Syntax aufweisen, könnten gegebenenfalls Abweichungen von der Musterlösung auftreten.



1 Bienen in der Wintertraube

Lösungen zum Arbeitsblatt

A1 SELECT Messwert
FROM sensor, messwert
WHERE sensor.Sensoren_ID =
messwert.Sensoren_ID
AND Bezeichnung = »Wabengasse3«
AND Timestamp >= »2013-12-01«
AND Timestamp < »2014-01-01«

A2 SELECT sensor.Bezeichnung, AVG(Messwert)
FROM sensortyp, sensor, messwert
WHERE sensor.Sensoren_ID =
messwert.Sensoren_ID
AND sensortyp.Sensortyp_ID =
sensor.Sensortyp_ID
AND sensortyp.Bezeichnung =
»TemperaturWabengasse«
GROUP BY sensor.Bezeichnung

A3 SELECT sensor.Bezeichnung,
AVG(Messwert) AS Schnitt
FROM sensortyp, sensor, messwert
WHERE sensor.Sensoren_ID =
messwert.Sensoren_ID
AND sensortyp.Sensortyp_ID =
sensor.Sensortyp_ID
AND Timestamp >= »2013-12-01«
AND Timestamp < »2014-01-01«
AND sensortyp.Bezeichnung =
»TemperatWabengasse«
GROUP BY sensor.Bezeichnung
ORDER BY Schnitt DESC

Mehr Informationen hierzu?

Zusatzinformation zum Timestamp

Die Schreibweise von Datumsangaben erfolgt in SQL in der Regel in der Form »2014-06-13«. Bei einem Wert vom Typ TIMESTAMP ist zusätzlich zum Datum auch die exakte Uhrzeit gespeichert. Ein TIMESTAMP kann in der Selektion aber auch vereinfacht direkt mit einem Datum verglichen werden (siehe Lösung A1). Wichtig: Hierbei wird automatisch auf 0:00 Uhr vervollständigt.

Reduzierte Datenmenge

Aufgrund der enormen Datenmengen sind die auf der CD-ROM bereitgestellten Daten nur stark reduzierte Auszüge aus der HOBOS-Datenbank. Für weitergehende Aufgaben und Projektideen besteht über www.hobos.de die Möglichkeit, auf die umfangreicheren Daten zuzugreifen.

Wo stecken die Bienen?

Im Winter schließen sich Bienen innerhalb eines Stocks zu einer Traube zusammen und halten sich so gegenseitig warm. Um beispielsweise Aussagen über die in der Wintertraube herrschenden Temperaturen treffen zu können, muss man erst herausfinden, wo im Stock sich der Mittelpunkt dieser Traube befindet. Dafür muss der Bienenstock aber nicht geöffnet werden: Im HOBOS-Bienenstock liegt in jeder Gasse zwischen den Waben ein Temperatursensor.

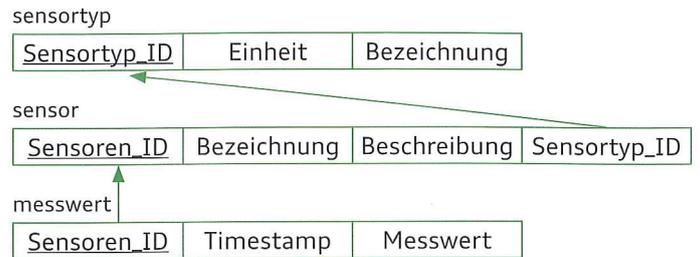
Aufbau der Datenbank:

Zu jedem Sensor gehört ein Sensortyp.

Der Sensor mit der Bezeichnung »Wabengasse3« ist beispielsweise vom Sensortyp »TemperaturWabengasse« (Bezeichnung).

Notiere die Lösungen zu den folgenden Aufgaben als SQL-Code direkt auf dieses Arbeitsblatt.

Gegebenenfalls kann dieser anschließend in einer der vorliegenden Datenbanken überprüft werden.



1 Relationales Datenbankmodell

A1 Gib alle Messwerte des Sensors mit der Bezeichnung »Wabengasse3« für den Dezember 2013 aus.

A2 Gib alle Sensoren vom Typ »TemperaturWabengasse« aus, jeweils mit dem Durchschnitt aller Messwerte.

A3 Finde die Gasse mit der höchsten Durchschnittstemperatur im Winter. Gib dazu die jeweiligen Durchschnittstemperaturen im Dezember 2013 aller Temperatursensoren in absteigender Reihenfolge aus.

Bei welchen Temperaturen verlassen Bienen ihren Stock?

Hinweise zum Unterricht

SQL
Aggregatfunktion
und Gruppierung
Abfrage über
mehrere Tabellen
Verschachtelte
Abfragen

Dieses Aufgabenblatt ist für besonders begabte und motivierte Klassen oder Schüler gedacht und setzt einen sicheren Umgang mit den Grundelementen von SQL voraus:

- einfache Abfragen (SELECT, FROM, WHERE)
- Abfrage über mehrere Tabellen
- Aggregatfunktionen (MIN, MAX, AVG, ...)
- Sortierung (ORDER BY ... [DESC])
- Gruppierung (GROUP BY)
- Benennung von Spalten oder Tabellen (AS)
- Punktschreibweise (<tabelle>.<spalte>)

Da bei den verschachtelten Abfragen mehrere Spalten »Messwert« verwendet werden, ist die Verwendung der Punktschreibweise und des Befehls »AS« notwendig, z. B.:

```
SELECT messwert.Messwert AS Temperatur
```

Die zu den Aufgaben passende Datenbank finden Sie als SQL-Dump auf der CD-ROM (Seite76.sql.zip). Dieser muss auf einen lokalen Datenbankserver gespielt werden.

Da verschiedene SQL-Interpreter gelegentlich Unterschiede in der Syntax aufweisen, könnten gegebenenfalls Abweichungen von der Musterlösung auftreten.

Lösungen zum Arbeitsblatt

```
A1 SELECT messwert.Messwert AS Ausfluege,
temperatur.Messwert AS Temperatur
FROM sensor, messwert,
(SELECT Messwert, Timestamp
FROM sensor, messwert
WHERE sensor.Sensoren_ID =
messwert.Sensoren_ID
AND Bezeichnung = »Lufttemperatur«)
AS temperatur
WHERE sensor.Sensoren_ID =
messwert.Sensoren_ID
AND Bezeichnung = »Ausfluege«
AND messwert.Timestamp =
temperatur.Timestamp
```

```
A2 SELECT SUM(messwert.Messwert)
AS Ausfluege, round(temperatur.Messwert)
AS Temperatur
FROM sensor, messwert,
(SELECT Messwert, Timestamp
FROM sensor, messwert
WHERE sensor.Sensoren_ID =
messwert.Sensoren_ID
AND Bezeichnung = »Lufttemperatur«)
AS temperatur
WHERE sensor.Sensoren_ID =
messwert.Sensoren_ID
AND Bezeichnung = »Ausfluege«
AND messwert.Timestamp =
temperatur.Timestamp
GROUP BY Temperatur
ORDER BY Temperatur
```

Mehr Informationen hierzu?

Reduktion der Datenmenge

Unnötige Werte können in der Ausgabe von A2 noch eingespart werden mit dem unten angehängten Befehl:

```
HAVING Ausfluege > 0
```

Daten für die Bearbeitung des Arbeitsblatts

Aufgrund der enormen Datenmengen sind die auf der CD-ROM bereitgestellten Daten nur stark reduzierte Auszüge aus der HOBOS-Datenbank. Für weitergehende Aufgaben und Projektideen besteht über www.hobos.de die Möglichkeit, auf die umfangreicheren Daten zuzugreifen.

Bei welchen Temperaturen verlassen Bienen ihren Stock?

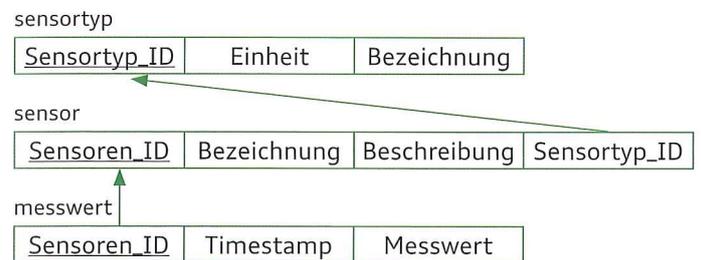
Um die Frage beantworten zu können, muss man die Ausflüge an einem Bienenstock mit der jeweiligen Außentemperatur verknüpfen. In einer Datenbank sind die entsprechenden Werte zwar vorhanden, jedoch kann man aus dem relationalen Datenbankmodell unten erkennen, dass beide gesuchten Größen in der selben Tabelle »Messwert« gespeichert sind. Um dieses Problem zu lösen, benötigt man eine Zwischentabelle: Mit einer Abfrage wird jedem Messzeitpunkt die zugehörige Außentemperatur zugeordnet. Das Ergebnis dieser Abfrage ist ebenfalls wieder eine Tabelle. So kann eine in runde Klammern gesetzte Abfrage im FROM-Statement als Tabelle angegeben werden – mit dem Befehl AS muss ihr aber unbedingt ein Name zugewiesen werden:

```
Beispiel:  SELECT ...
           FROM (SELECT * FROM sensor WHERE Einheit = »Grad Celsius«) AS Temperatursensoren
           WHERE ...
```

Aufbau der Datenbank:

Zu jedem Sensor gehört ein Sensortyp.

Der Sensor mit der Bezeichnung »Wabengasse3« ist beispielsweise vom Sensortyp »TemperaturWabengasse« (Bezeichnung).



1 Relationales Datenbankmodell

A1 Gib alle Messwerte des Sensors mit der Bezeichnung »Lufttemperatur« mit dem jeweiligen Timestamp aus. Finde nun zu allen Lufttemperaturwerten den zum gleichen Zeitpunkt gemessenen Wert des Sensors »Ausflüge«. Gib den zwei Spalten mit den Messwerten aussagekräftige Namen (Befehl: AS).

A2 Summiere nun die Ausflüge zu Zeiten gleicher Temperatur (aus Aufgabe 1). Dazu musst du über den Messwert der Temperatur gruppieren und sortieren. TIPP: Die Temperaturen mit einer Genauigkeit von 2 Nachkommastellen musst du runden: ROUND(Messwert)

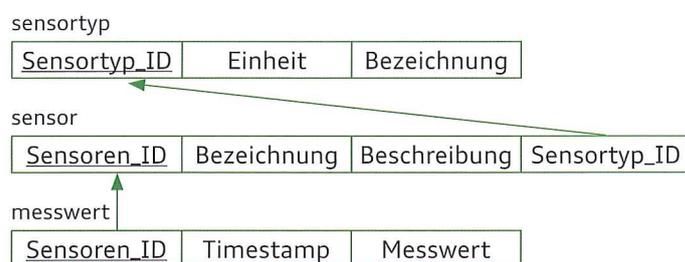
Bei welchen Temperaturen verlassen Bienen ihren Stock?

Um die Frage beantworten zu können, muss man die Ausflüge an einem Bienenstock mit der jeweiligen Außentemperatur verknüpfen. In einer Datenbank sind die entsprechenden Werte zwar vorhanden, jedoch kann man aus dem relationalen Datenbankmodell unten erkennen, dass beide gesuchten Größen in der selben Tabelle »Messwert« gespeichert sind. Um dieses Problem zu lösen, benötigt man eine Zwischentabelle: Mit einer Abfrage wird jedem Messzeitpunkt die zugehörige Außentemperatur zugeordnet. Das Ergebnis dieser Abfrage ist ebenfalls wieder eine Tabelle. So kann eine in runde Klammern gesetzte Abfrage im FROM-Statement als Tabelle angegeben werden – mit dem Befehl AS muss ihr aber unbedingt ein Name zugewiesen werden:

```
Beispiel:  SELECT ...
           FROM (SELECT * FROM sensor WHERE Einheit = »Grad Celsius«) AS Temperatursensoren
           WHERE ...
```

Aufbau der Datenbank:

Zu jedem Sensor gehört ein Sensortyp.
 Der Sensor mit der Bezeichnung »Wabengasse3« ist beispielsweise vom Sensortyp »TemperaturWabengasse« (Bezeichnung).



1 Relationales Datenbankmodell

A1 Gib alle Messwerte des Sensors mit der Bezeichnung »Lufttemperatur« mit dem jeweiligen Timestamp aus. Finde nun zu allen Lufttemperaturwerten den zum gleichen Zeitpunkt gemessenen Wert des Sensors »Ausflüge«. Gib den zwei Spalten mit den Messwerten aussagekräftige Namen (Befehl: AS).

A2 Summiere nun die Ausflüge zu Zeiten gleicher Temperatur (aus Aufgabe 1). Dazu musst du über den Messwert der Temperatur gruppieren und sortieren. TIPP: Die Temperaturen mit einer Genauigkeit von 2 Nachkommastellen musst du runden: ROUND(Messwert)

Schlagwortregister

A

α -t-Diagramm 54
Abfrage über mehrere Tabellen 74, 76
Abschätzung 56
Aggregatfunktion 74
Aggregatfunktion und Gruppierung 76
Aldehyd 42
Analogie 16
Angepasstheit 16, 18
Auswertung von Diagrammen 10

B

Balkendiagramm 66
Beschleunigte und unbeschleunigte
Bewegungen 54
Bienenberufe 20
Bruchzahlen 58

C

Carbonsäure 42

D

Darstellungsformen 68
Datenanalyse 64
Dauerpräparate 14
Dezimalzahlen 58
Diagramm 70
Diagramm auslesen, zeichnen und
analysieren 66
Diagrammkompetenz 8, 22, 34, 36,
48, 52, 54, 64
Dichte 56
Direkte Proportionalität 62
Donator-Akzeptor-Konzept 44
Dreisatz 56
Durchschnittswert 64

E

Eigenschaften von Licht 52
Elektrischer Stromkreis 48
Energie 38
Experimentieren 42, 44, 46

F

Fehlingprobe 42
Flächenformel für das Dreieck 58
Flächenformel für das Rechteck 58
Flussdiagramm 24
Fortpflanzung 36

Fundtanz 30
Funktionen 70

G

Gegenstromprinzip 12
Größen zur Beschreibung des
elektrischen Stromkreises 50
Grundwert 60

H

Homologie 16
Honigsorten 26

I

Indirekte Proportionalität 62
Insektenbein 14, 16
Interpretation von Daten 8

K

Kopieren von Zellen 72
Kraft 56
Kreisdiagramm 66

L

Liniendiagramm 22, 66
Löslichkeit von organischen Stoffen 46

M

Manipuliertes Diagramm 66
Mikroskopieren 14, 18, 26
Mittelwert 64
Molares Rechnen 38, 40
Molvolumen bei Gasen 40
Mundwerkzeuge der Insekten 18

O

Organfunktionen beim Menschen 20
Organische Säuren 44

P

Polarisation 52
Pollenanalyse 26
Präparate für die Mikroskopie
herstellen 26
Präparieren 18
Prozentrechnung 60, 66
Prozentsatz 60
Prozentwert 60

R

Regelkreis 28
Regulation 10
Relative Adressierung 72
Repräsentation 68

S

Säure-Base-Reaktion 44
Schlussrechnung 62
Schreibgespräch 32
Schwänzeltanz 30, 32
Schwärmereignis 36
Spannung 48, 50
SQL 74, 76
Stromstärke 48, 50
Struktur-Eigenschaft 46
Strukturformeln 44

T

Tabellenkalkulationsprogramm 70
Tanzsprache der Bienen 30
Temperaturregulation 22, 24, 28, 34
Timestamp 74

V

Veränderung des Grundwertes 60, 66
Verdunstungskälte 10
Verschachtelte Abfragen 76
Volumen 56
Volumenformel des geraden Prismas
58
 v -t-Diagramm 54

W

Wärmeproduktion im Stoffwechsel 12
Wechselwarme Tiere 12
Widerstand 50
Winterbienen 34

Z

Zerlegen in Teilflächen 58
Zucker 42
Zusammenhang zwischen zwei Sach-
größen 62