

Jürgen Tautz · Tobias Hülswitt

Das Einmaleins der Honigbiene

66 x Wissen
zum Mitreden
und Weitererzählen

EBOOK INSIDE



Springer

Das Einmaleins der Honigbiene

Jürgen Tautz
Tobias Hülswitt

Das Einmaleins der Honigbiene

66 x Wissen zum Mitreden und Weitererzählen

Mit Illustrationen von Sina Schwarz



Springer

Jürgen Tautz
Waldbrunn, Deutschland

Tobias Hülswitt
Leipzig, Deutschland

Das Einmaleins der Honigbiene

ISBN 978-3-662-58368-5

ISBN 978-3-662-58369-2 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58369-2>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Sarah Koch

Einbandabbildung und alle Illustrationen: Sina Schwarz, Novamondo GmbH, Berlin

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Prolog

Die Honigbiene fasziniert den Menschen seit jeher. Alle Kulturen, die das Insekt kannten, bewunderten seine Eigenschaften wie Harmonie, Fleiß und Selbstlosigkeit. Honig, Propolis und Wachs waren schon für die Jäger und Sammler der Steinzeit begehrte und wertvolle Substanzen. Und das eindrucksvoll regelmäßige geometrische Muster ihrer Waben, von dem man lange nicht wusste, wie es zustande kommt, beschäftigte und inspirierte Mathematiker und Architekten bereits in der Antike. Und natürlich ist die Honigbiene als Bestäuberin in der Landwirtschaft unersetzlich.

Doch obwohl Mensch und Biene schon so lange miteinander bekannt sind, wird die Biene erst seit ca. 300 Jahren systematisch erforscht. Heute erleben wir, wie die Forschung dank immer besserer technischer Möglichkeiten Schritt für Schritt die innersten Geheimnisse des Bienenvolkes und seiner Kommunikations- und Organisationsformen entschlüsselt – und noch immer ist nicht alles verstanden, muss verstanden Geglauhtes revidiert und Überliefertes neu betrachtet werden. Und je mehr Erkenntnisse hinzukommen, desto größer wird das Erstaunen.

Dieses Buch soll dazu beitragen, die Faszination an der hoch entwickelten Lebensform der Honigbiene zu wecken. Und auch diejenigen Leserinnen und Leser, bei denen sie schon lebendig ist, werden hoffentlich das eine oder andere Detail finden, das ihre Bienenkenntnis noch vertieft. Und wenn eine Leserin oder ein Leser nach der Lektüre dieses Buches die erste Honigbiene, auf die sie oder er anschließend trifft, mit neuen Augen sieht und die Naturerfahrung tiefer und reicher wird, dann haben wir unser Ziel bereits erreicht.

Für die Unterstützung bei diesem Buchprojekt danken wir dem Grafikstudio Novamondo, namentlich Sina Schwarz, sowie dem Team von Springer Spektrum.

Jürgen Tautz und Tobias Hülswitt
Würzburg/Leipzig, September 2018

Inhaltsverzeichnis

Prolog	V
Die Honigjäger der Steinzeit	01
Vom Beginn einer langen Beziehung	
Die Bienen erfinden die Mumie	02
Warum Bienen aus Mäusen Mumien machen	
Die Honigbiene als Monopolistin	05
Vom Erfolg des Superorganismus Honigbiene	
Der Bien	07
Ein Säugetier aus Insekten?	
Gemeinsamkeiten	08
Worin sich Bien und Säuger ähneln	
Genies	10
Von der extremen Lernfähigkeit von Bienen und Säugern	
Der Lebenslauf der Honigbiene	13
Die ersten sieben Stationen	
Der Lebenslauf der Honigbiene	14
Die letzten beiden Stationen	
Die Pfadfinderbiene	17
Von der hoch komplexen Kommunikation unter den Bienen	
Luftlinie gesucht	19
Wie die Pfadfinderin den kürzesten Weg ausmacht	
Der Rundtanz	20
Vom Kurznachrichtendienst der Bienen	
Der Schwänzeltanz	22
Die etwas genauere Wegbeschreibung	
Läuft sie – oder steht sie?	25
Was die Tänzerin beim Schwänzellauf wirklich tut	
Alles im Lot	26
Wie die Biene den Winkel bestimmt	
Senkrechte Waben	29
Warum es ohne senkrechte Waben nicht geht	
Insekt mit Kilometerzähler	31
Was die Biene im Schwänzeltanz wirklich übermittelt	
Der Täuschtunnel	32
Wie die Biene misst, wieviel unterwegs zu sehen ist	

Der Kilometerzähler steht still	34
Warum der Kilometerzähler über Wasser ausfällt	
Die ideale Futterquelle	37
Welche Faktoren bestimmen die Güte einer Quelle?	
Die Nachtänzerinnen	38
Wie die Sammelbienen mit allen Sinnen lauschen	
Der Tanzboden	41
Das wabenweite Web der Bienen	
Es ist nicht der Tanz allein	43
Wie die Blüten den Bienen den Weg weisen	
Tandemlandung	44
Von Huckepack- und Brauseflügen	
Der Brauseflug	46
Wie die Biene chemische Leitpfosten in der Luft platziert	
Kameradinnen	49
Wie das Sammeln die Arbeiterinnen zusammenschweißt	
Sammelbiene, schlafend	50
Wann die Biene die Antennen hängen lässt	
Maximale Flugdistanz	53
Wie weit die Biene mit einer Honigmagenfüllung kommt	
Pollenhosen und Bienenbrot	55
Wie die Biene ihre Fracht transportiert	
Der Honigmagen	56
Warum der Bienenkommunismus durch den Magen geht	
Nektar in Hülle und Fülle	58
Wie viele Blüten die Biene pro Tag besucht	
Große Mengen, wohldosiert	61
Vom Feingefühl der Bienen und der Pflanzen	
Datenverarbeitung im Bienenneest	62
Wie die Bienen gemeinsam wissen, was keine einzelne weiß	
Flexibles Beutenetz	65
Von der stillen Reserve im Bienenneest	
Juvenilhormon	67
Warum die alten Bienen die jüngsten sind	
Ultraviolette Leitmuster	68
Wie die Pflanzen den Bienen beim Landen helfen	

Pixel, nicht Monet	70
Warum die Biene im Schnellflug keine Farben sieht	
Wenn der Spitzwegerich winkt	73
Warum die Biene schnelle Bewegungen scharf sieht	
Orientierung auf dem Heimweg	74
Warum Ornamente auf dem Bienenkasten besser sind als Farben	
Von Düften geleitet	77
Warum Bienen mit den Fühlern riechen	
Biene, bleib bei deiner Blüte	79
Wieso die Biene die Routine liebt	
Links – rechts, ungleich – gleich	80
Wie Bienen in fremden Labyrinthen zurechtkommen	
Bienenintelligenz	82
Woher die Biene weiß, wo nichts zu holen ist	
Kartiertes Gebiet	85
Wie Bienen sich die Gegend einprägen und Leuchttürme aus Duft errichten	
Der Himmel als Kompass	86
Warum die Bienen ultraviolette Muster am Himmel sehen	
Der Sinn für Zeit	89
Wie Bienen und Blüten sich verabreden	
Eine Teilung steht an	91
Wie die Arbeiterinnen Königinnen wachsen lassen	
Zweikämpfe werden vermieden	92
Vom »Tüten« und »Quaken« der Königinnen	
Tüten und Quaken	94
Wie eine Königin die andere warnt	
Gläserne Königin	97
Wieso alle den Zustand der Königin kennen	
Perfekt sein oder gar nicht sein	98
Was mit ausgedienten Königinnen geschieht	
Notfall-Weiselwiegen	101
Wie das Bienenvolk sein Ende vermeidet	
Eierlegen mit Platzanweiserinnen	103
Wie die Königin 1000 Eier legt – pro Tag!	
Zwei Seelen in der Bienenbrust	104
Warum die alte Königin die neue warnt	

Ein Drohn entsteht	106
Wie männliche Bienen in Maxizellen großwerden	
Mystische Versammlung	109
Wie die Drohnen Orte wiederfinden, an denen sie nie zuvor waren	
Wandernde Wolke	110
Die Königin wird erwartet	
Der Paarungsflug	113
Wie die Königin sechs Millionen Samenzellen sammelt	
Programmierter Lustselbstmord	115
Wie der Drohn bei der Paarung stirbt	
Das Begattungszeichen	116
Wie der abgelöste Exophallus neue Drohnen anlockt	
Schutzlos im Freien?	118
Vom gefährlichen Ausflug der Königin	
Der Vorspielschwarm	121
Vom Schutztrupp der Königin	
Die Eskorte	122
Wie die Königin das Nest nur in Begleitung verlässt	
Der Heringsschwarmeffekt	125
Wie sich die Bienen größer machen als sie sind	
Die Türsteherinnen	127
Wie die Arbeiterinnen nur manche Drohnen vorlassen	
Steckbrief Drohn	128
Vom kurzen Leben der männlichen Bienen und ihrem Ende in der Drohnenschlacht	
Steckbrief Königin	130
Vom langen Leben einer machtlosen Herrscherin	
Epilog	132
Die Autoren	134
Quellennachweis	135
Stichwortverzeichnis	136

Die Honigjäger der Steinzeit

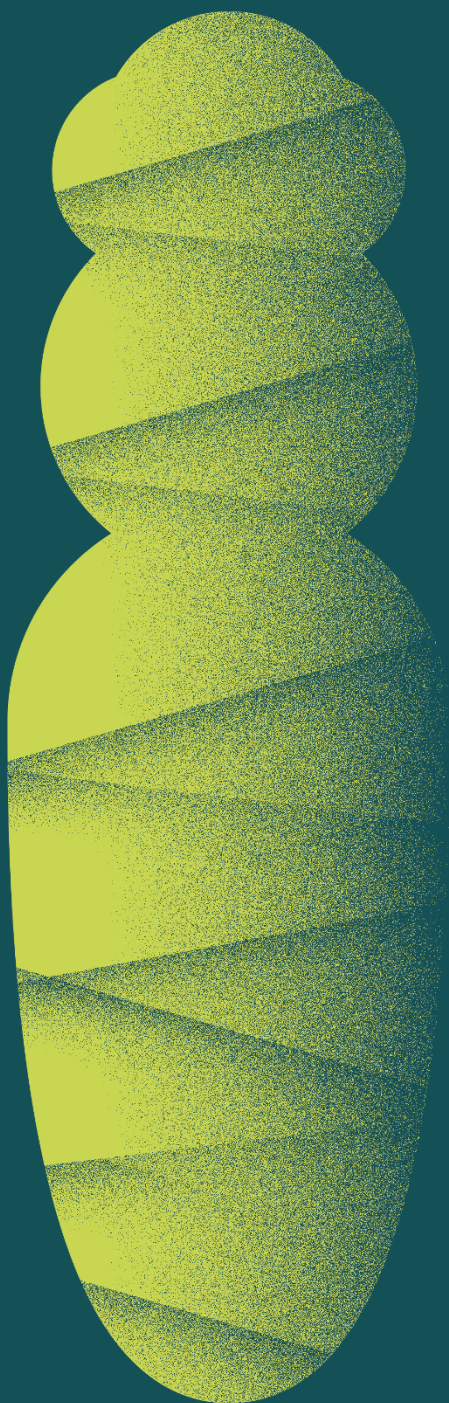
Vom Beginn einer langen Beziehung

Tausende von Jahren reicht die gemeinsame Geschichte von Mensch und Honigbiene in Europa zurück. Das früheste Zeugnis dieser Geschichte ist eine 6000 bis 12.000 Jahre alte Felszeichnung in einem Höhlensystem nahe Valencia, den Cuevas de la Araña: Ein Honigjäger – oder eine Honigjägerin – greift mit einer Hand in ein Bienenest in einer Baumhöhle, während sie in der anderen ein Sammelgefäß hält. Die Bienen, die sie umfliegen, sind offensichtlich Wildbienen. Ungefähr zur Entstehungszeit dieser Felszeichnung begannen neolithische Bauern, die Honigbiene zu domestizieren. Im heutigen Anatolien zum Beispiel lässt sich die Bienenhaltung für die Zeit zwischen 7000 und 8000 v. Chr. nachweisen. Honig, Wachs und die Bestäubung von Nutzpflanzen – das sind die Produkte und Leistungen der Biene, von denen der Mensch profitiert. Außerdem nutzt er das von den Insekten gesammelte Propolis als Heilmittel. Abgesehen vom landwirtschaftlichen Gewinn ist die Biene aber auch immer wieder Quell technischer und kultureller Inspiration gewesen – so dienten ihre Waben als Vorlage für Möbeldesign, Materialstruktur und Architektur, und auch die Entwickler fliegender Miniroboter holen sich Anregungen bei den pelzigen Sechsheinern. Doch der wohl verblüffendste Kulturtransfer von Biene zu Mensch findet sich im alten Ägypten ...

Die Bienen erfinden die Mumie

Warum Bienen aus Mäusen Mumien machen

Schon um 2000 v. Chr. hatten die Ägypter eine hoch entwickelte Bienenhaltung hervorgebracht, später kam auch die gezielte Zucht hinzu, das heißt, die genetischen Eigenschaften der Bienen wurden durch Bevorzugung und Kreuzung beeinflusst. Die Bienenkönigin wurde zum Symbol für die Macht des Pharaos. Ihr Zeichen steht in der Hieroglyphenschrift für seine Herrschaft, einfache Arbeiter dagegen werden als Arbeitsbienen dargestellt. Die Bienenstöcke bestanden damals aus geflochtenem und mit Lehm verschmiertem Rohr oder aus gebranntem Ton. Drangen in diese Stöcke Mäuse ein, taten die Bienen, was sie auch heute noch tun: Sie töteten die Eindringlinge mit Hunderten giftiger Stiche. Nun sind Mäuseleichen natürlich zu schwer, um von den Bienen aus dem Nest geschafft zu werden. Doch wenn sie im Stock verwesen, bringen sie die Gesundheit des Bienenvolkes in größte Gefahr. Was tun die Insekten? Sie stoppen den Verwesungsprozess, indem sie den Kadaver mit einer luftdichten Schicht aus Wachs und Propolis überziehen. Das beobachteten die ägyptischen Imker, und vielleicht kam so die Idee der Mumie in die Welt: Was, wenn man auch die Leichen verstorbener Menschen auf diese oder ähnliche Art konservieren könnte? Sie probierten es aus — und erzielten die bekannten Resultate.

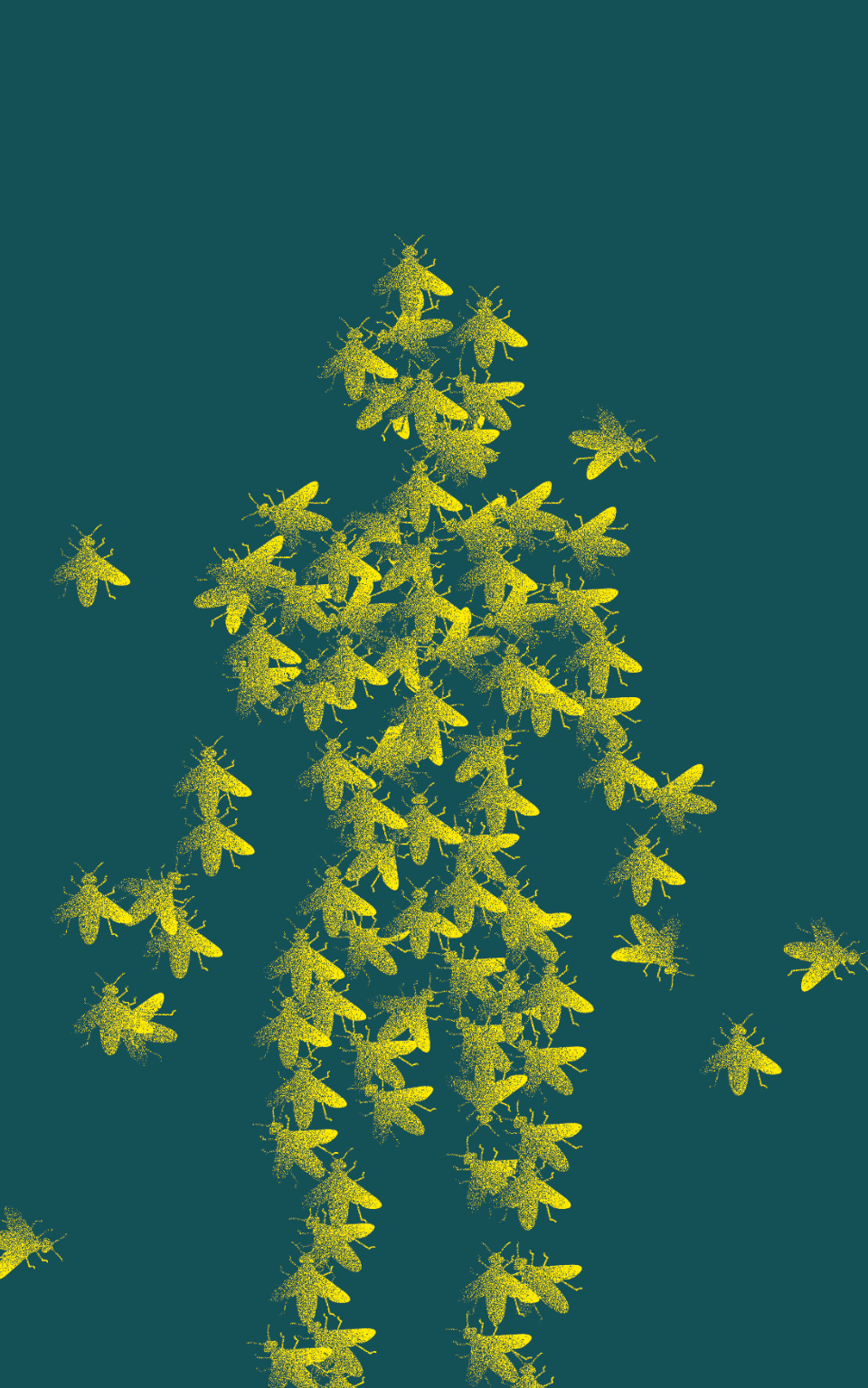




Die Honigbiene als Monopolistin

Vom Erfolg des Superorganismus Honigbiene

Heute sind Honigbienen in den meisten Regionen der Erde als die wichtigsten Blütenbestäuberinnen für die Landwirtschaft unverzichtbar. Sie sind zwar nicht die einzigen Insekten, die Blüten bestäuben, doch kein anderes Lebewesen tut dies so wirkungsvoll und effektiv wie sie. Etwa 80 Prozent aller Blütenpflanzen auf der Erde werden von Insekten bestäubt, davon 85 Prozent von Honigbienen. Insgesamt bestäubt die Honigbiene etwa 170.000 Arten, und die Anzahl an Blütenpflanzenspezies, die ohne sie nicht überleben würden, wird auf etwa 40.000 geschätzt. Bemerkenswert ist, dass das weltweite Blütenmeer von gerade einmal neun Honigbienenarten bedient wird, in Europa und Afrika sogar jeweils nur von einer einzigen Art. Daraus lässt sich schließen, dass der Superorganismus Honigbiene als Lebensform derart erfolgreich ist, dass er ähnlich angelegten Konkurrenten einfach keinen Raum lässt: Globalisierung und Monopolbildung — auch im Tierreich keine Unbekannten.



Der Bien

Ein Säugetier aus Insekten?

Ist ein Bienenvolk ein Säugetier in vielen Körpern? Nach den gängigen Kriterien sind einzelne Honigbienen ohne Frage Insekten. Im 19. Jahrhundert jedoch erlangten sie höhere Weihen, als der Imker Johannes Mehring (1815–1878) postulierte, das Bienenvolk sei ein »Einwesen« und entspreche als solches dem Wirbeltier. Die Arbeitsbienen bildeten dabei den Gesamtkörper, die Königin die weiblichen und die Drohnen die männlichen Geschlechtsorgane. Aus dieser Vorstellung des Bienenvolkes als einem einzigen Organismus ging der Begriff des »Bien« hervor. Der Bien bezeichnet das Bienenvolk als unteilbares Ganzes, als einen einzigen lebenden Organismus. Der Biologe und Ameisenforscher William Morton Wheeler (1865–1937) prägte später für Verbände vieler komplexer Einzelorganismen, die sich zusammen wie ein einziger Organismus verhalten, den Begriff »Superorganismus«. Und tatsächlich spricht vieles dafür, dass der Superorganismus Bien in vielen Eigenschaften und Fähigkeiten nicht nur dem Wirbeltier, sondern sogar dem Säugetier gleichkommt.

Gemeinsamkeiten

Worin sich Bien und Säuger ähneln

Mehrere Faktoren im Verbund rücken Säugetier und Bien nah aneinander. Säugetiere weisen eine extrem niedrige Vermehrungsrate auf – genau wie die Honigbiene. Ein Bienenvolk bringt pro Jahr nur äußerst wenige Jungköniginnen hervor, und nur über diese gibt das Bienenvolk sein Erbgut weiter. Um ihren Nachwuchs zu versorgen, erzeugen weibliche Säugetiere in speziellen Drüsen Muttermilch. Zu genau demselben Zweck produzieren Ammenbienen in speziellen Drüsen Schwesternmilch, bekannt auch als Gelée Royale. Die Gebärmutter der Säugetiere stellt eine schützende Umwelt dar, die dem heranwachsenden Fötus weitgehende Unabhängigkeit von den schwankenden Eigenschaften der Außenwelt schenkt. Die Umweltwerte dieser Binnenwelt sind exakt und ideal eingestellt. Genauso bietet der Bien seinen Larven und Puppen im »sozialen Uterus« des Bienennestes Schutz und eine regulierte und konstante Umwelt. Und last but not least: Säuger halten ihre Körpertemperatur konstant auf etwa 36 Grad Celsius. Heizerbienen halten die Puppen im sozialen Uterus nur einen Grad kühler – auf stetigen 35 Grad Celsius. Und das ist noch nicht alles, was Bien und Säugetier verbindet.

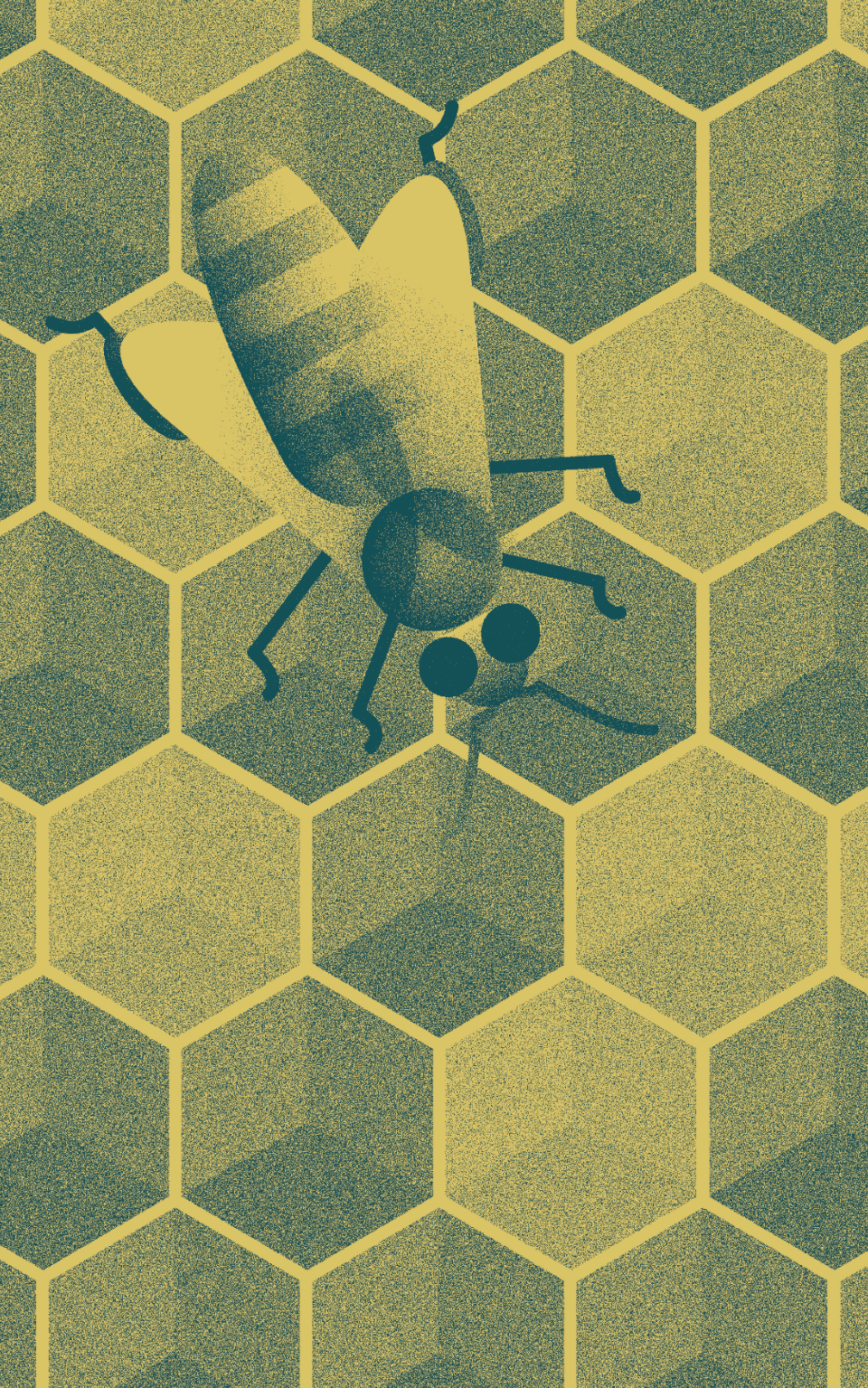


Genies

Von der extremen Lernfähigkeit von Bienen und Säugern

Dank ihres komplexen Gehirns stehen die Säugetiere unter den Wirbeltieren an der Spitze, was die kognitiven Fähigkeiten wie Lernen, Gedächtnis und Orientierung betrifft. Auch die einzelne Honigbiene und der Bienenstock als Gesamtorganismus verfügen über eine ausnehmend hohe Lernfähigkeit, ein komplexes Kommunikationsverhalten, einen hoch entwickelten Orientierungssinn und sogar über ein Verständnis von Zeit, das sie dazu befähigt, vor auszuplanen. Wie kommt es zu all diesen Ähnlichkeiten zwischen Bienen und Säugetier? Wenn sie kein Zufall sind, müssen beide unabhängig voneinander ähnliche Antworten auf dieselben Probleme gefunden haben. Aber welche Probleme sind das? Die Antwort: Es sind die Zufälle der natürlichen Umwelt und das unvorhersehbare Schwanken ihrer Eigenschaften. Von dieser unkontrollierbaren Umwelt machen sich Honigbiene und Säugetier auf ähnliche Weise unabhängig, indem sie Teile ihrer ökologischen Nische selbst erschaffen und die Bedingungen darin kontrollieren. Beide schaffen sich Bauten und Höhlen und stellen deren Innenbedingungen ideal ein. Und beide schirmen ihren Nachwuchs im Uterus – die Bienen im sozialen Uterus – von den Unbilden der natürlichen Umwelt ab. Und geht die Honigbiene nicht noch weiter als alle Säugetiere, wenn sie über die gezielte Temperaturregelung im Brutbereich sogar die späteren individuellen Eigenschaften ihres Nachwuchses festlegt? (Wie das genau geht, erfährst Du später.)





Der Lebenslauf der Honigbiene

Die ersten sieben Stationen

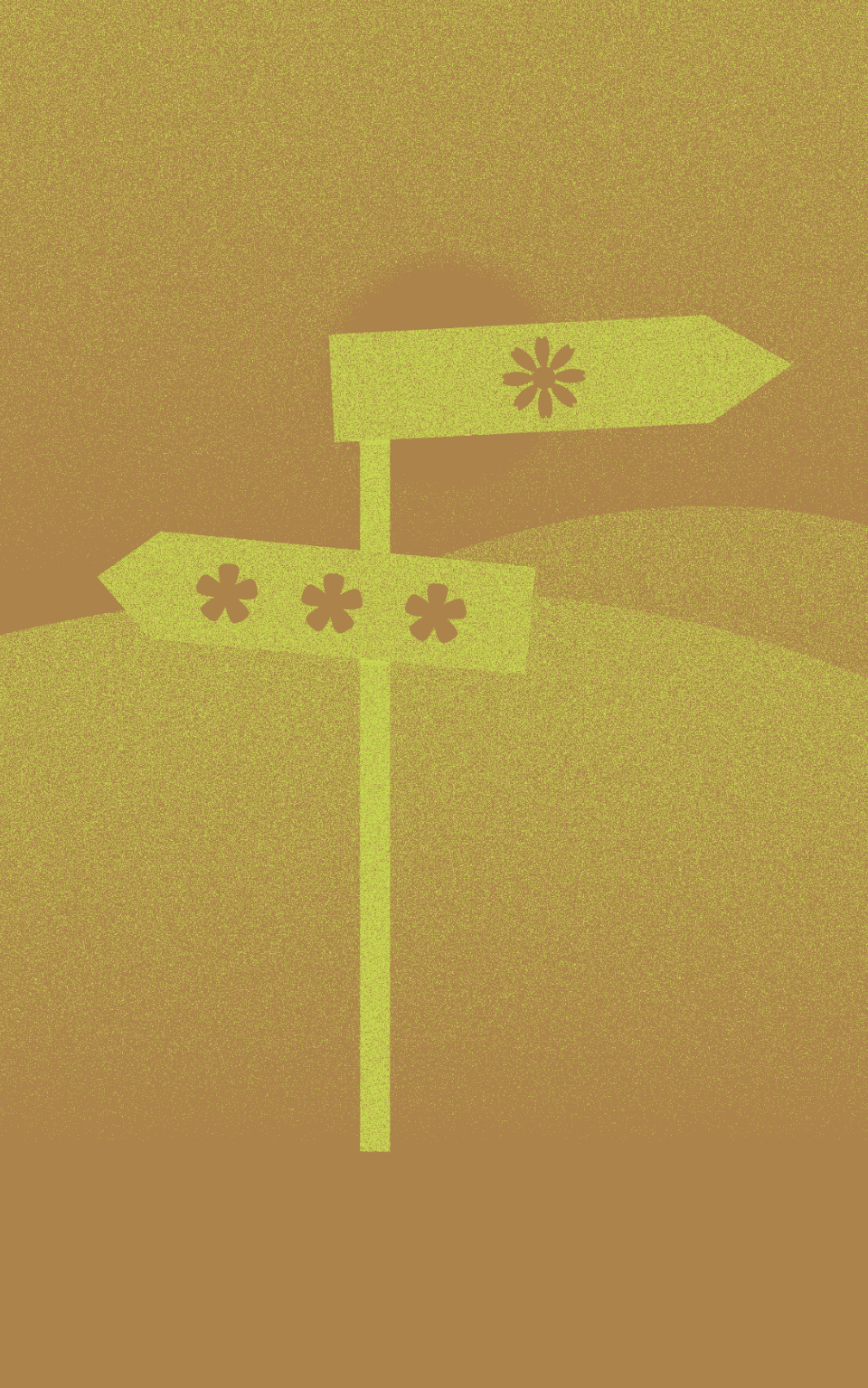
Abhängig von Alter und – von den Ammenbienen vorbestimmter – Eignung durchläuft die Arbeitsbiene in ihrem Leben mehrere Berufe. Vom Anfang und bis zum Ende ihres etwa 18 Tage dauernden Innen-dienstlebens ist sie als Heizerbiene im Brutbereich tätig. Heizerbienen heizen sich selbst durch spezielle Flügelbewegungen auf und geben ihre Wärme anschließend an die Larven in den Wabenzellen ab, indem sie ihren Brustkorb an die Deckel der Waben drücken. Daneben verbringt die Arbeitsbiene die ersten drei Tage ihres Lebens als Reinigungsbiene und putzt leere Wabenzellen. Ab dem vierten Tag wird sie zur Ammenbiene und versorgt die Larven mit Nahrung und Wärme – oder wird Teil des Hofstaats und kümmert sich um die Königin des Volkes. Am elften Tag wechselt sie ins Metier der Baubienen und schwitzt aus speziellen Drüsen im Hinterleib »Wachsziegel« aus, die sie anschließend für die Herstellung neuer Wabenzellen verwendet. Mehr und mehr verlegt sie dabei ihren Aufenthaltsbereich zum Nestausgang. Zunächst nur gelegentlich, dann immer öfter nimmt sie nun von ankommenden Sammelbienen Pollen und Nektar entgegen, um sie zu verstauen, und wandelt sich so zur Abnehmerbiene. Wenn es zu warm im Nest wird, reiht sie sich jetzt auch in den Trupp der Fächerbienen ein, die durch gemeinsame Flügelbewegung vor dem Eingang für einen kühlenden Luftstrom im Innern des Nestes sorgen. Und schließlich arbeitet sie von ihrem 19. bis 21. Lebenstag als Wächterbiene und bleibt permanent am Ausgang: Dort weist sie fremde und kranke Bienen ab und bekämpft mit ihrem Giftstachel Gegner wie Wespen und Hornissen.

Der Lebenslauf der Honigbiene

Die letzten beiden Stationen

An ihrem 22. Lebenstag schließlich sind die kognitiven Fähigkeiten der Honigbiene ausgereift. Sie befindet sich jetzt auf dem Höhepunkt ihrer Lernfähigkeit und beginnt mit Orientierungsflügen, auf denen sie die Umgebung des Stocks erkundet und kartiert. Anschließend wird sie zur Pfadfinderbiene, die nach Futterquellen sucht, zur Tänzerin, die den Weg zu den gefundenen Futterquellen weist, und zur Sammelbiene, die anderen Tänzerinnen folgt, um Nektar, Pollen und Pflanzenharze zum Nest zu tragen. So verbringt sie die verbleibenden drei Wochen ihres Lebens. Nach sechs Wochen ist das Leben der sogenannten Sommerbiene bereits vorbei und sie stirbt an Altersschwäche. Nur der kleinere Teil der Arbeiterinnen überdauert den Winter in einer Traube aus sogenannten Winterbienen. Diese schlüpfen im Spätherbst und starten im folgenden Frühjahr noch einmal als die ersten Sammelbienen des Jahres. Doch wusstest Du, dass die meisten Arbeitsbienen den größten Teil ihres Daseins gar nicht mit Arbeit, sondern mit Müßiggang verbringen? Mit 30 bis 70 Prozent ihres gesamten Bestandes hält sich jedes Bienenvolk eine stattliche Anzahl an Reservebienen. Eigenartig? Wir werden später noch sehen, wie wichtig diese Reserve für das Erfolgsrezept des Bienen ist.

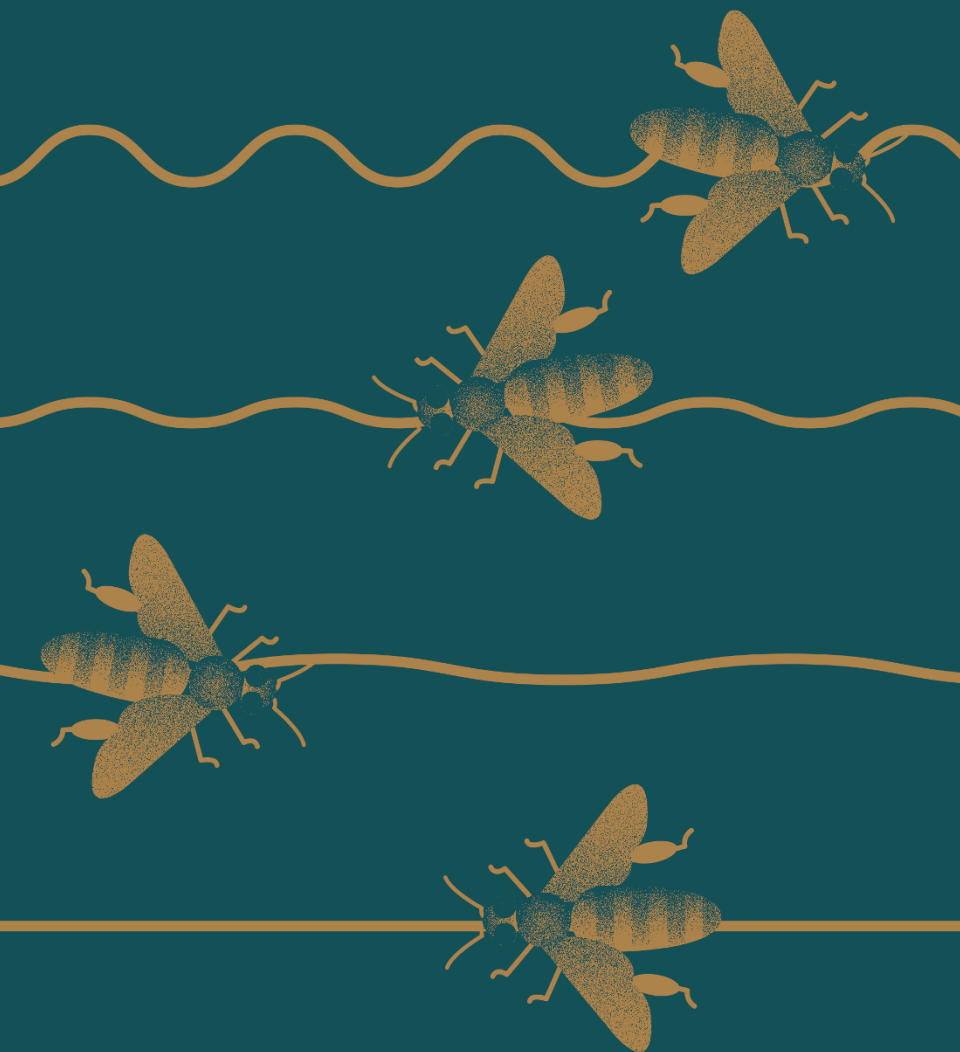




Die Pfadfinderbiene

Von der hoch komplexen Kommunikation unter den Bienen

10 Uhr vormittags. Ein Kirschbaum in voller Blüte. Eine, zwei oder drei einsame Bienen tauchen auf, besuchen flüchtig einige Blüten und verschwinden wieder. Dasselbe wiederholt sich einmal, zweimal — ansonsten aber bleibt es in der Baumkrone ruhig. Plötzlich jedoch treffen immer mehr Bienen ein, und spätestens eine halbe Stunde später ist der Baum voll summender Sammlerinnen, die die Blüten regelrecht abgrasen. Ihr Eintreffen erfolgt viel zu rasch und in viel zu großer Zahl, als dass sie alle zufällig gleichzeitig den Baum entdeckt haben könnten. Tatsächlich wurden sie über die Lage des Baumes und über seine reiche Blütenfülle informiert. Und zwar von jenen ersten wenigen Bienen, die wir anfangs am Baum beobachtet haben: den Pfadfinderbienen. Sie haben den Baum aufgespürt, sein Angebot als Futterquelle geprüft, im Nest von ihrem Fund berichtet und Sammelbienen rekrutiert, die sich ihrerseits sofort auf den Weg gemacht haben — auf den Weg, den ihnen die Pfadfinderinnen beschrieben haben. Wäre eine solche Informationsübertragung denkbar ohne eine hoch komplexe Kommunikation unter den Bienen?



Luftlinie gesucht

Wie die Pfadfinderin den kürzesten Weg ausmacht

Bis heute ist die vielschichtige Kommunikation, die sich zwischen den »wissenden« und den noch »unwissenden« Bienen abspielt, nicht vollständig verstanden. Soviel aber ist sicher: Diese Kommunikation besteht aus einer Kette von Verhaltensweisen, die sich sowohl im Stock als auch im Feld abspielen. Ein Glied in dieser Kette ist die sogenannte Tanzsprache der Bienen, die der Bienenforscher und Nobelpreisträger Karl von Frisch (1886–1982) entdeckte. Sie zählt zu den bekanntesten und am intensivsten studierten Kommunikationsformen des Tierreichs. Hat eine Pfadfinderbiene eine Futterquelle – wie etwa einen in voller Blüte stehenden Kirschbaum – entdeckt, kehrt sie mit etwas Nektar, den sie an der Quelle aufgenommen hat, zum Stock zurück. Dort übergibt sie ihre Fracht den Abnehmerbienen und fliegt erneut zu der Quelle. Dasselbe wiederholt sie mehrmals hintereinander, wobei sie Hin- und Rückweg immer rascher zurücklegt – vermutlich, weil sie ihre Flugstrecke mehr und mehr begradigt. Erst wenn sie den kürzesten Weg gefunden hat, was bis zu zehn Anflüge erfordern kann, sucht sie einen speziellen Ort im Innern des Stockes auf, den Tanzboden, und beginnt zu tanzen.

Der Rundtanz

Vom Kurznachrichtendienst der Bienen

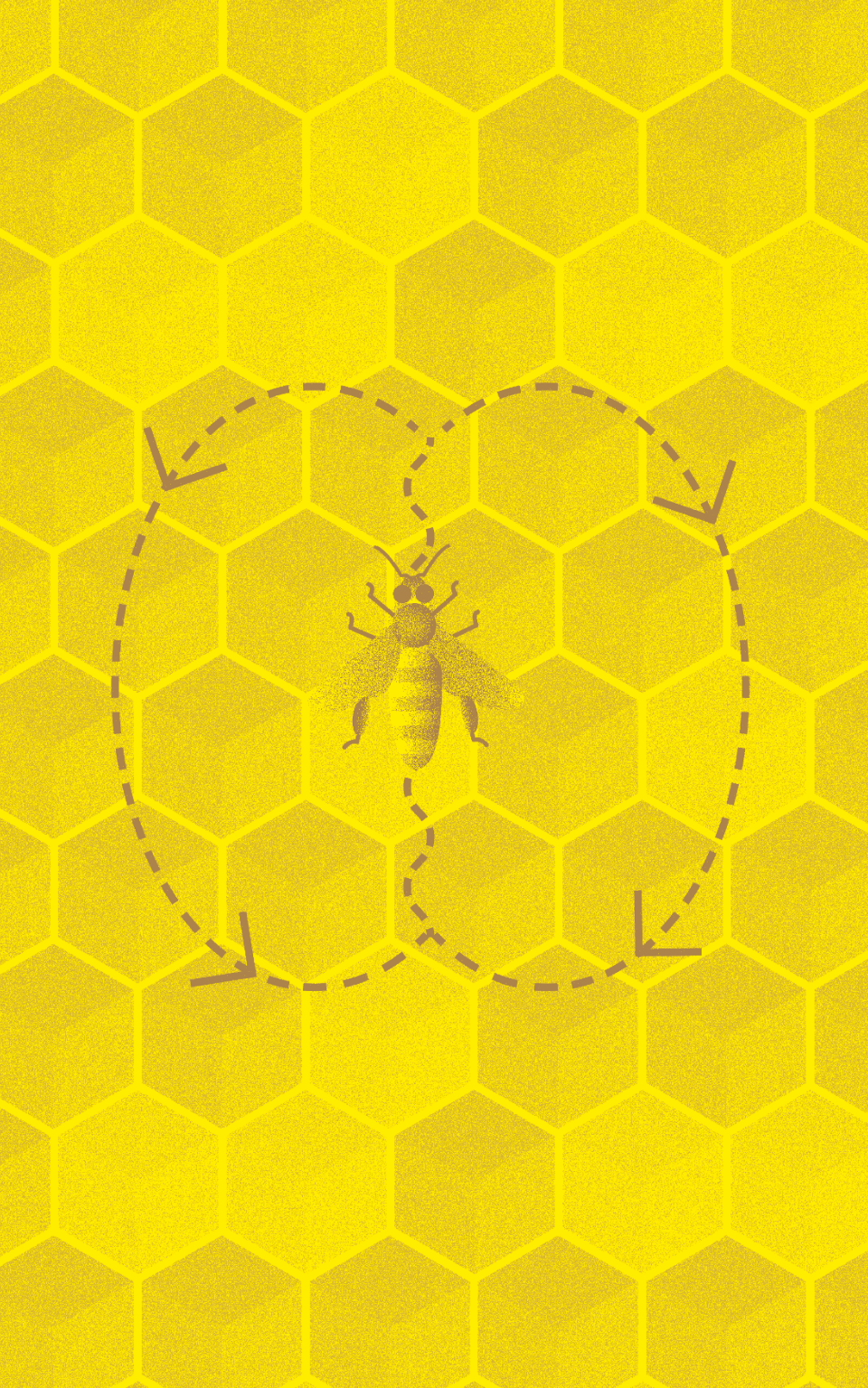
Wer hat im Biologieunterricht nicht von ihm gehört, dem Schwänzeltanz der Bienen? Mit ihm teilt die Pfadfinderbiene den Sammelbienen die Lage der entdeckten Futterquelle mit. Seinen Namen trägt der Tanz wegen der Schwänzelsbewegung, die die Tänzerin mit ihrem Hinterleib vollführt. Weniger bekannt ist, dass nicht in jedem Bientanz geschwänzelt wird. Befindet sich die Futterstelle weniger als 50 bis 70 Meter vom Nest entfernt, führt die Pfadfinderbiene den sogenannten Rundtanz auf, bei dem sie nicht schwänzelt. Im Rundtanz wird auch nicht mitgeteilt, wo, sondern nur, wonach gesucht werden muss – und zwar über den Duft: Die Pfadfinderin, die von einem Kirschbaum zurückkehrt, duftet nämlich nach – Kirsche. Gleichzeitig signalisiert das Ausbleiben des Schwänzels den »zuschauenden« und den Geruch der Tänzerin aufnehmenden Bienen, dass sich die Blütentracht ganz in der Nähe des Nestes befindet. Das genügt an Information, denn ein blühender Kirschbaum lässt sich mit wenigen Flugrunden um den Stock finden. Es wird deutlich, wie effizient der Bienen seine Ressourcen einsetzt: Keine Biene muss sich beim Schwänzeltanz verausgaben, wenn es auch mit weniger Aufwand geht. Doch was, wenn die Quelle weiter entfernt liegt und zusätzliche Informationen vonnöten sind?



Der Schwänzeltanz

Die etwas genauere Wegbeschreibung

Liegt die Futterstelle mehr als 50 bis 70 Meter vom Nest entfernt, wird eine genauere Ortsangabe, als sie der Rundtanz vermittelt, unerlässlich, denn bei großen Entfernungen würden langwierige Suchflüge viel zu viel wertvolle Energie kosten. Nun kommt das Schwänzeln ins Spiel: Der Rundtanz geht mit wachsender Entfernung immer deutlicher in den Schwänzeltanz über. In einem bestimmten Abschnitt der Tanzfigur, dem sogenannten Schwänzellauf, wirft die Tänzerin ihren Hinterleib heftig und schnell hin und her – extrem schnell sogar: etwa 15-mal pro Sekunde! Anschließend läuft sie in einem Bogen an den Ausgangspunkt der Schwänzelsbewegung zurück, wiederholt das Schwänzeln und läuft erneut, dieses Mal auf der anderen Seite, in einem Bogen wieder zum Ausgangspunkt. Ein solcher Tanzyklus dauert nur wenige Sekunden und spielt sich auf einer Fläche von zwei bis vier Zentimetern ab. Der Schwänzeltanz zählt zu den am besten erforschten Kommunikationsformen im Tierreich. Ironie der Wissenschaft: Die Forschung mit modernen technischen Möglichkeiten, namentlich der Zeitlupenanalyse, brachte ans Licht, dass der Schwänzellauf, das Kernstück des Schwänzeltanzes, seinen Namen zu Unrecht trägt. Denn er ist eine optische Täuschung: Die schwänzelsnde Biene – sie läuft überhaupt nicht!





Läuft sie – oder steht sie?

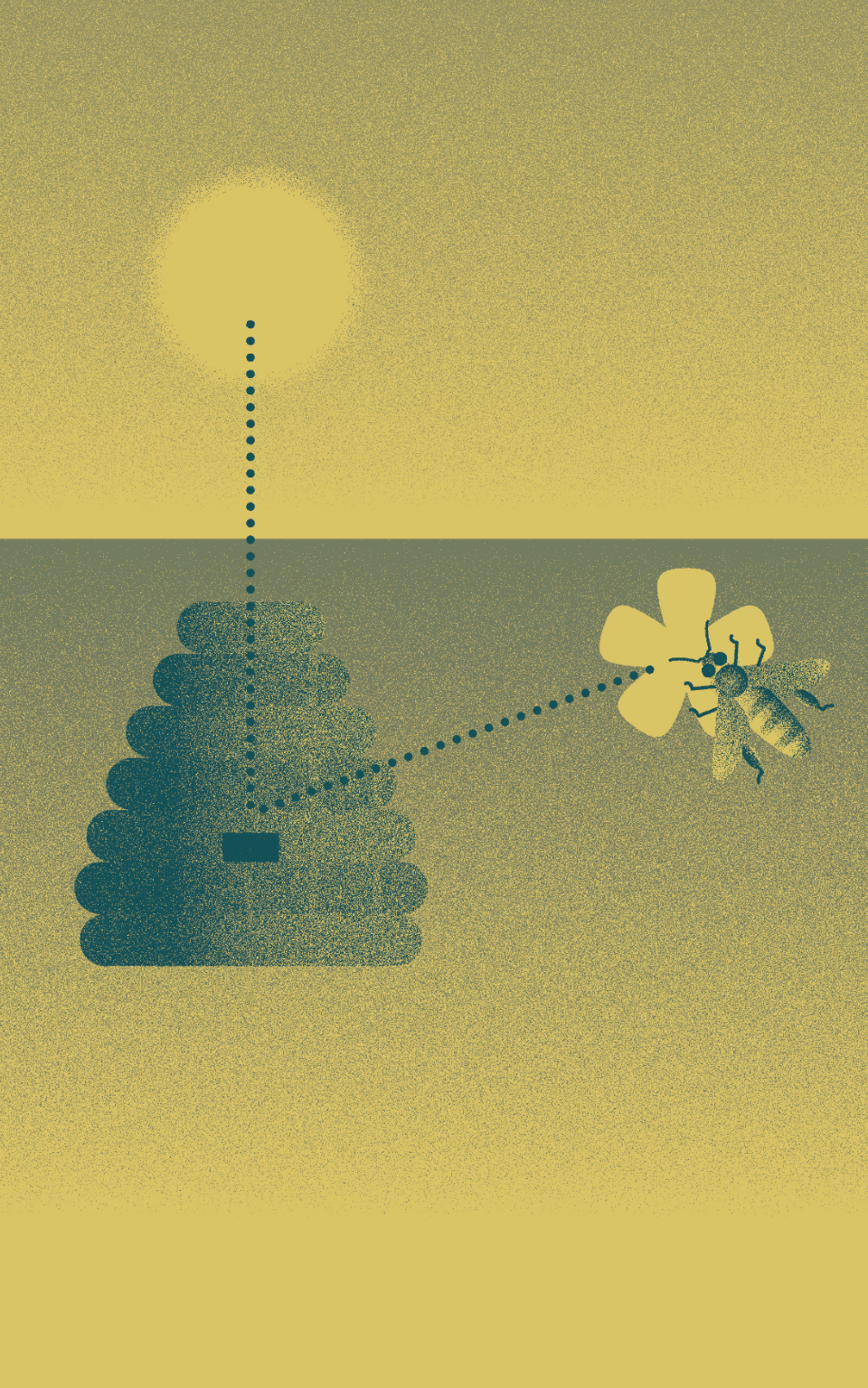
Was die Tänzerin beim Schwänzellauf wirklich tut

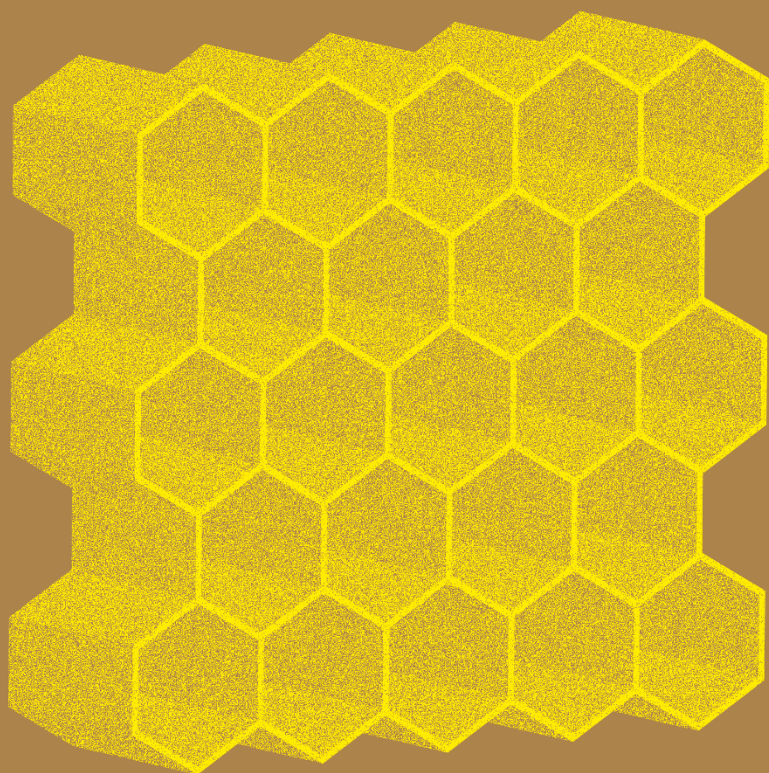
Der Schwänzellauf, Herzstück des berühmten Schwänzeltanzes, ist in Wirklichkeit ein Schwänzelstand. Denn beim Schwänzeln bleibt die Tänzerin mit ihren sechs Füßen so lange wie möglich fest dem Untergrund verhaftet, während ihr schnell schwingender Körper über den stehenden Füßen nach vorne kippt – daher die Illusion eines kurzen Laufs. Einzelne Beine hebt sie dabei durchaus kurz an, wenn diese maximal gestreckt sind und sie einen neuen, stabilen Halt sucht. Doch so lange, wie es mechanisch nur machbar ist, lässt sie die Beine so fest wie möglich in Kontakt mit den Zellrändern. Und das ist, wie wir später sehen werden, absolut notwendig. Denn mit den Vibrationen, die von ihren Füßen aus über das Netz der Zellränder laufen, funkt die Tänzerin gleichsam weiter entfernte Sammelbienen an, damit diese herbeikommen und ihren Tanz verfolgen.

Alles im Lot

Wie die Biene den Winkel bestimmt

Wie lässt sich ein Weg beschreiben? Die Schilderung kann aus detaillierten Beschreibungen von Teilabschnitten bestehen: »Gehen Sie 100 Meter die Bahnhofstraße entlang bis zur ersten Ampel, dort nach links bis zur Gaststätte ›Zur Honigbiene‹, und dahinter biegen Sie rechts ab ...« Unter Menschen sind derart komplexe Wegschilderungen üblich, doch mit den Möglichkeiten eines Bienenhirns decken sie sich nicht. Sie sind aber auch nicht notwendig, weil sich eine Biene, anders als der Mensch, fliegend und damit geradlinig auf ein Ziel zubewegen kann. Und eine geradlinige Verbindung lässt sich durch einen einzigen Vektor, einen Pfeil, darstellen, der idealerweise neben der Richtung auch die Länge des Weges angibt. Da es aber keine absoluten Richtungen gibt, muss immer eine Bezugsgröße angegeben werden – »links« und »rechts« bedeutet immer »links von etwas« und »rechts von etwas«. Im Freien liefert der Stand der Sonne diese Bezugsgröße. Was aber ist sie im dunklen Bienenstock? Die Antwort ist so überraschend wie einfach: die Schwerkraft. Die Waben im Stock hängen immer senkrecht. Das Lot, das sie damit darstellen, ist die Bezugsgröße, und der Winkel, in dem die tanzende Biene zur Senkrechten schwänzelt, entspricht dem Winkel zur Sonne, in dem die Biene das Nest verlassen muss, um zur Futterquelle zu gelangen.

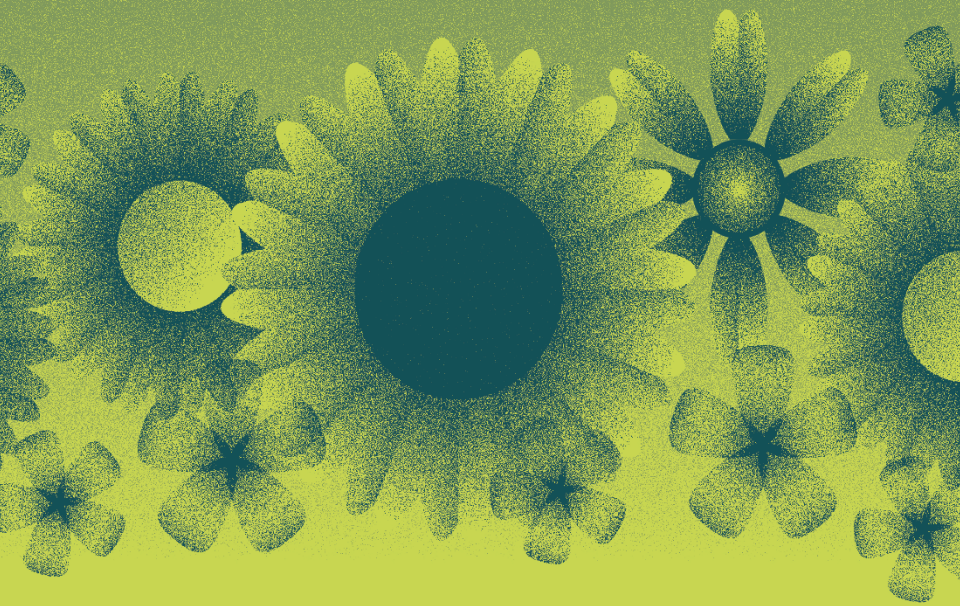




Senkrechte Waben

Warum es ohne senkrechte Waben nicht geht

Damit die Richtungsdarstellung im Schwänzeltanz im Laufe der Evolution überhaupt entstehen konnte, musste im dunklen Nest eine zuverlässige Größe vorhanden sein, auf die sich die Richtungsangabe beziehen kann. Da die Waben an der Schwerkraft ausgerichtet exakt senkrecht hängen, bieten sie Flächen, die als zuverlässige Bezugsgröße genutzt werden können. Und es gilt: Staatenbildende Insekten ohne senkrechte Flächen in ihren Nestern können keine Tanzsprache entwickeln, die einen im Flug gesehenen Winkel in einen im dunklen Stock darstellbaren Winkel übersetzt. Und tatsächlich gibt es keine entsprechende Kommunikationsform bei Hummeln, Wespen oder den tropischen Stachellosen Bienen, deren Waben nicht senkrecht ausgerichtet sind. Nur für einige ganz wenige Stachellose Honigbienen ist beschrieben, dass sie senkrecht hängende Waben bauen. Ob sie eine ähnliche Tanzsprache entwickelt haben wie die Honigbiene? Das ist noch unerforscht. Aus rein nestarchitektonischen Gründen würde es jedoch nicht überraschen.



Insekt mit Kilometerzähler

Was die Biene im Schwänzeltanz wirklich übermittelt

Die Art der Futterquelle wird über den mitgebrachten Duft mitgeteilt, die Richtung über den Winkel der Schwänzelsbewegung zur Schwerkraft und die Länge des Weges über die Länge der Schwänzelsphase: je weiter der Weg, desto länger die Schwänzelsphase. Allerdings nimmt die Zeitspanne der Schwänzelsphase nur bei der Beschreibung der ersten Hunderten von Flugmetern gleichmäßig zu; danach steigt sie nur noch langsam an, sodass Entfernungsangaben zu entlegenen Zielen immer ungenauer werden – zwischen einem und drei Kilometern wird im Schwänzeltanz kaum mehr unterschieden. Dabei wären genaue Angaben doch umso wichtiger, je weiter die Futterquelle entfernt ist. Und das ist nicht das einzige Problem mit der Entfernungsangabe. Die Bienen verfügen zwar über ein geniales biologisches Werkzeug zur Bestimmung von Flugdistanzen: einen optischen Kilometerzähler. Doch der liefert nur relative Entfernungsdaten. Das bedeutet, die tanzende Biene »weiß« und vermittelt nicht, wie weit die Futterquelle entfernt ist, sondern als wie weit sie den Weg »empfunden« hat. Bevor wir uns der Frage zuwenden, wie die informierten Bienen trotz der Ungenauigkeit der Angaben den Weg zur Futterquelle relativ sicher finden, wollen wir uns den optischen Kilometerzähler genauer anschauen ...

Der Täuschtunnel

Wie die Biene misst, wieviel unterwegs
zu sehen ist

Für die Biene wandert beim Flug durch eine strukturierte Umgebung ein Bild aus Farbgrenzen und Objektkanten von Einzelfacette zu Einzelfacette ihrer Komplexaugen. Durch dieses Wandern des Umgebungsbildes über das Auge entsteht ein optischer Fluss im Sehfeld des Insekts. Mittels dieses optischen Flusses kann es seine Fluggeschwindigkeit bestimmen — und ebenso die zurückgelegte Distanz. Dabei misst die Biene allerdings nicht wirklich die Distanz, sondern sie merkt sich, wie komplex die Struktur des optischen Flusses ist. Mit anderen Worten: Sie misst, wie viel auf der geflogenen Strecke zu sehen ist. Lässt man eine Biene durch einen schmalen, zum Beispiel sechs Meter langen Tunnel mit gemusterten Wänden zu einer Futterquelle fliegen, erfährt sie einen künstlich erhöhten optischen Fluss. Den optischen Eindruck einer solchen Strecke übersetzt sie folgerichtig in eine längere Schwänzelpphase. Die informierten Sammlerinnen, die jetzt starten und dabei nicht durch den Tunnel fliegen, findet man kurz darauf nicht am tatsächlichen Standort der Futterquelle — also in sechs Metern Entfernung —, sondern zum Beispiel 180 Meter entfernt. Denn so wurde es ihnen im Schwänzeltanz mitgeteilt.

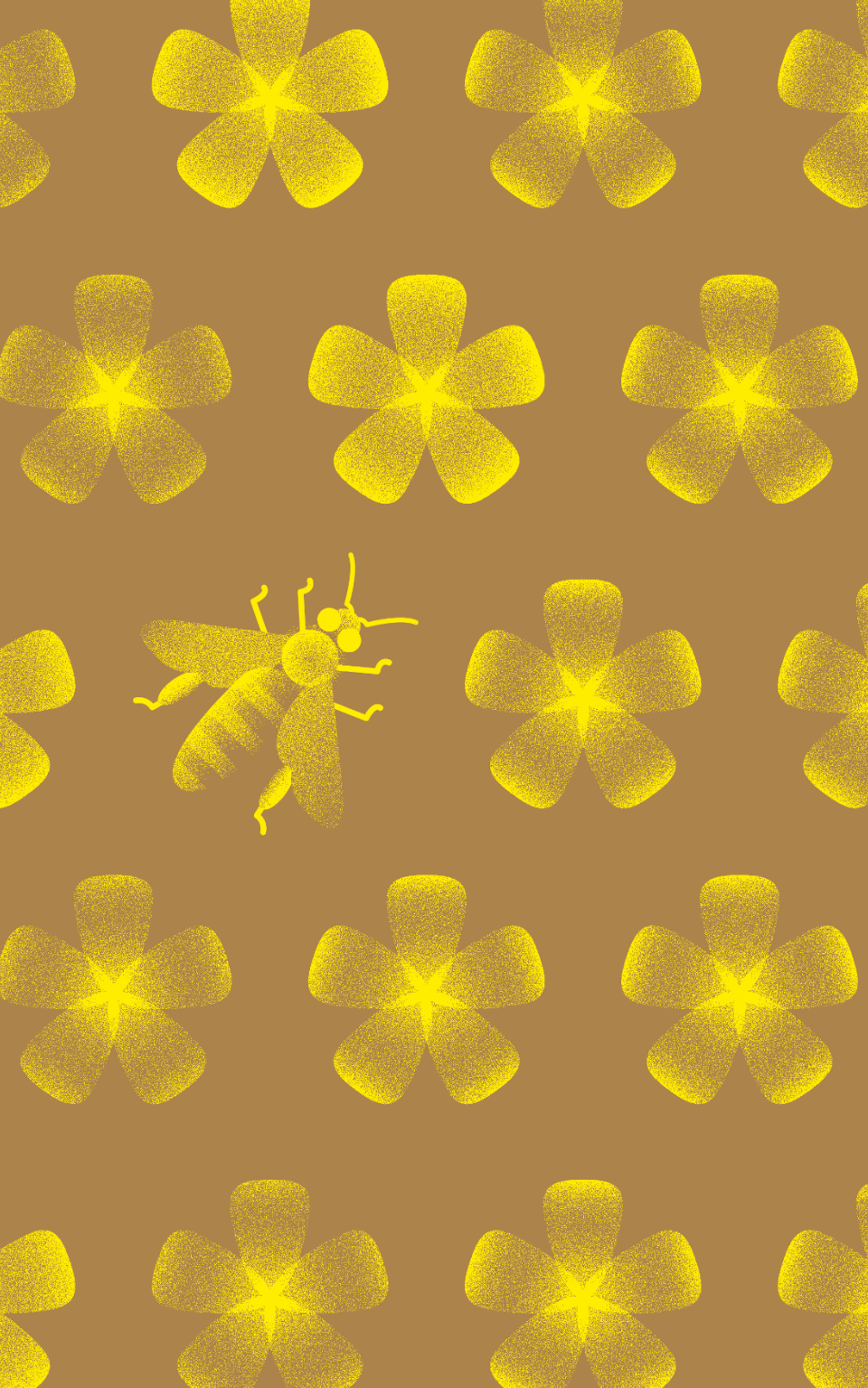


Der Kilometerzähler steht still

Warum der Kilometerzähler über Wasser ausfällt

Die Entfernungsangabe, die der optische Kilometerzähler der Bienen liefert, ergibt sich aus den Eigenschaften der Landschaft. Ist diese gleichförmig und weist kaum markante Strukturen auf, gibt die Biene die Entfernung in einer kurzen Schwänzelpase wieder. Eine exakt gleich lange Flugstrecke, die aber durch eine komplex strukturierte Landschaft führt, stellt die Biene in einer langen Schwänzelpase dar. So kommt es, dass sie einen Weg, der in einer Richtung vom Nest wegführt, als doppelt so lang angibt wie einen anderen Weg, der in eine andere Richtung führt, obwohl beide objektiv genau gleich lang sind. Das hat seine Ursache in einer Besonderheit des biologischen Kilometerzählers, die auf den ersten Blick erstaunt, sich bei genauerem Hinsehen aber als völlig stimmig erweist: Führt ein Streckenabschnitt über Wasser, gibt die Biene ihn im Schwänzeltanz überhaupt nicht wieder – natürlich nicht, denn eine Wasseroberfläche, aus der nichts hervorragt, ist eine maximal gleichförmige Struktur, und ohne markante optische Eindrücke steht der Kilometerzähler still. Daher kann eine Schwänzelpase von 500 Millisekunden bei einem Flug nach Süden eine Strecke von 250 Metern und bei einem Flug nach Westen 500 Meter bedeuten, wenn die Landschaften gleich komplex sind, die Strecke nach Westen jedoch über 250 Meter Wasser führt. Diese Unzuverlässigkeit der Entfernungsmessung zeigt, wie wichtig weitere Zielfindungshilfen draußen im Feld sind. Nachdem eine Tänzerin ihre Rekrutinnen in ein bestimmtes Gebiet geschickt hat, tun dort, wie wir noch sehen werden, lockende Signale von erfahrenen Bienen und von den Blumen selbst das ihre, um die Neulinge ans Ziel zu lotsen.





Die ideale Futterquelle

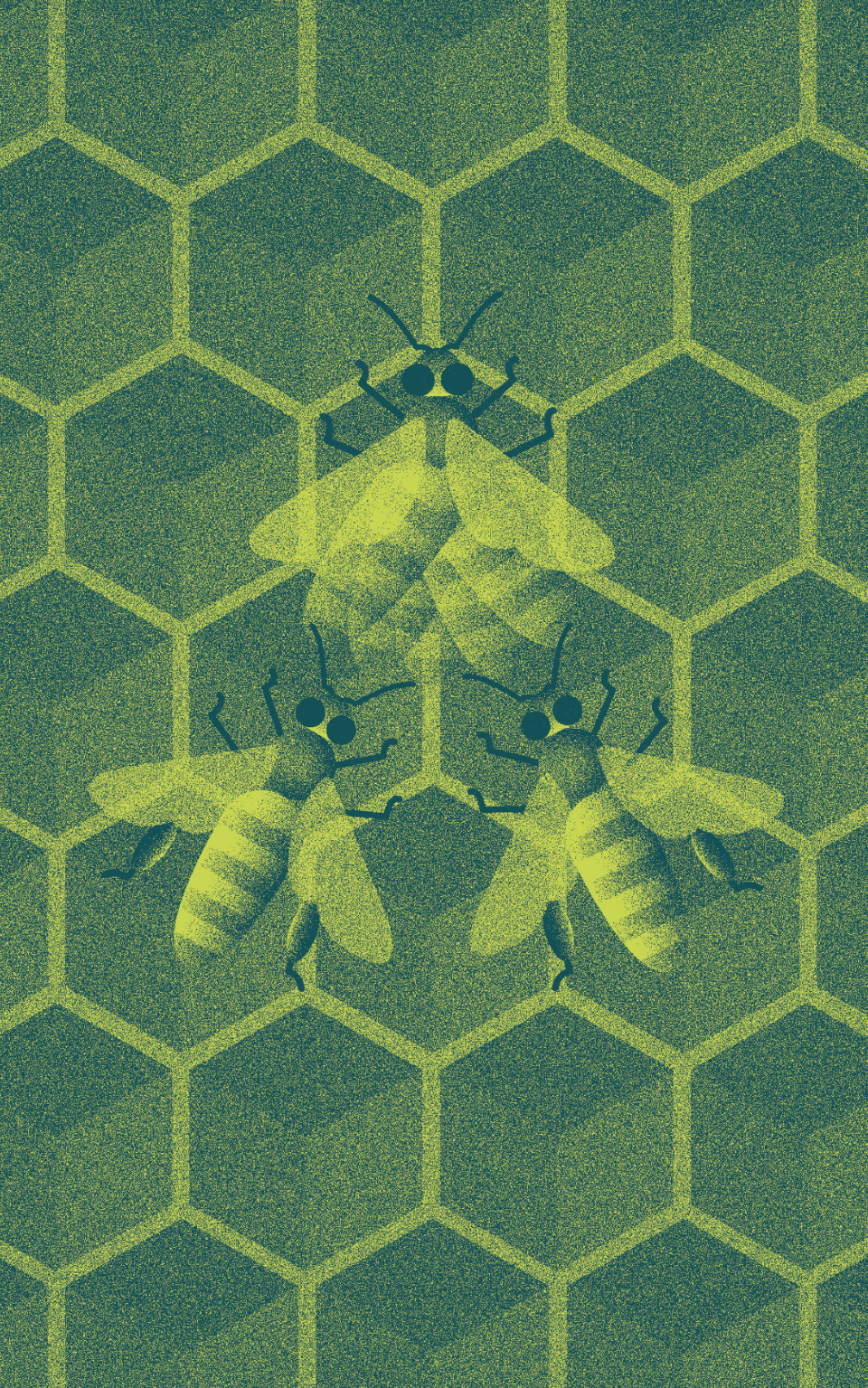
Welche Faktoren bestimmen die Güte einer Quelle?

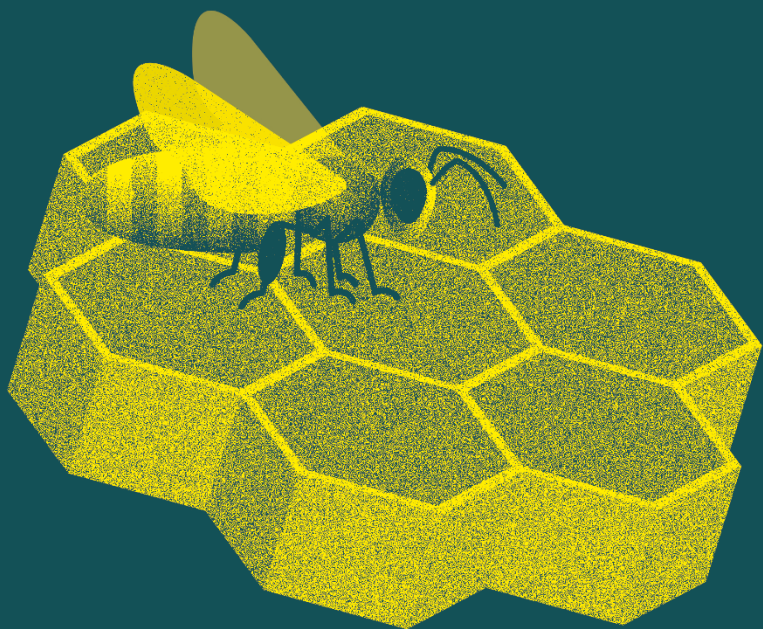
Neben den geografischen Angaben zur Lage des Ziels übermitteln die Tänzerinnen noch weitere wichtige Informationen zu Flugstrecke und Futterquelle: Attraktive Futterquellen stellen sie in lebhaften Tänzen dar, weniger attraktive in weniger lebhaften. Lebhafteste Tänze stoßen auf größeres Interesse und bringen mehr Sammelbienen an die entsprechenden Futterplätze. Lebhaft wird ein Tanz, indem die Tänzerin zügig zum Ausgangspunkt der Schwänzelpase zurückkehrt. Bei weniger lebhaften Tänzen lässt sie sich dazu deutlich mehr Zeit. Die Attraktivität der Futterquelle hat jedoch nur auf die Lebhaftigkeit der Schwänzelpase Einfluss und nicht darauf, wie lange dieselbe dauert. Und wann ist eine Futterquelle attraktiv? Hier wirkt eine ganze Reihe von Faktoren mit: Die ideale Futterquelle besteht aus einer großen Anzahl gleicher Blüten auf engem Raum — zum Beispiel eine mit blühendem wildem Wein bewachsene Hauswand —, ihr Nektar weist einen hohen Zuckeranteil auf und die Quelle ist schnell, gefahrlos und ohne Hindernisse zu erreichen. Kommt all das zusammen, preist die Pfadfinderin die Quelle mit dem entsprechenden Enthusiasmus an. Schwierigkeiten auf dem Weg dagegen, wie enge Durchgänge oder starke Winde, machen die Futterquelle weniger attraktiv und reduzieren die Lebhaftigkeit des Tanzes.

Die Nachtänzerinnen

Wie die Sammelbienen mit allen Sinnen lauschen

Um die Botschaft der Tänzerin zu verinnerlichen, tanzen die angesprochenen Sammlerinnen der Tänzerin nach. Doch um zu wissen, was sie nachtanzten sollen, müssen sie die Botschaft zuvor auch aufnehmen, sprich, sie müssen den Tanz sehr genau beobachten. Wie tun sie das im lichtlosen Stock, wo sie nichts sehen können? Hier haben verlangsamte Filmaufnahmen Aufschlüsse gegeben. Der immer gleiche Ablauf der Tanzchoreografie ermöglicht es den Nachtänzerinnen, die Botschaft über ihre Fühler zu ertasten. Während der Schwänzelpphase stehen sie mit starr gestreckten und in einem 120- bis 150-Grad-Winkel zueinander ausgerichteten Fühlern still. Das tun sie so dicht an der Tänzerin, dass deren ausschlagender Hinterleib rhythmisch gegen ihre Fühler drückt. Da sich die Tänzerin vorwärtsschiebt, während die Nachtänzerin stillsteht, verschiebt sich auch das Berührungsmuster. Weil sie über sogenannte Schwere-sinnesorgane verfügt, kennt die Nachtänzerin die Zugrichtung der Schwerkraft. Oder anders gesagt: Sie weiß, wo unten ist. Kombiniert sie dieses Wissen mit dem ertasteten Berührungsmuster, erschließt sich ihr der Winkel des Schwänzellaufs zur Schwerkraft. Später, am Ausgang, braucht sie diesen Winkel nur noch zu übertragen und das Nest in genau dem Winkel zur Sonne zu verlassen, in dem die Tänzerin zur Schwerkraft tanzte. Und über die Dauer des Tremolos auf ihren Fühlern wurde ihr beim »Beobachten« des Tanzes mitgeteilt, wie weit sie zu fliegen hat.

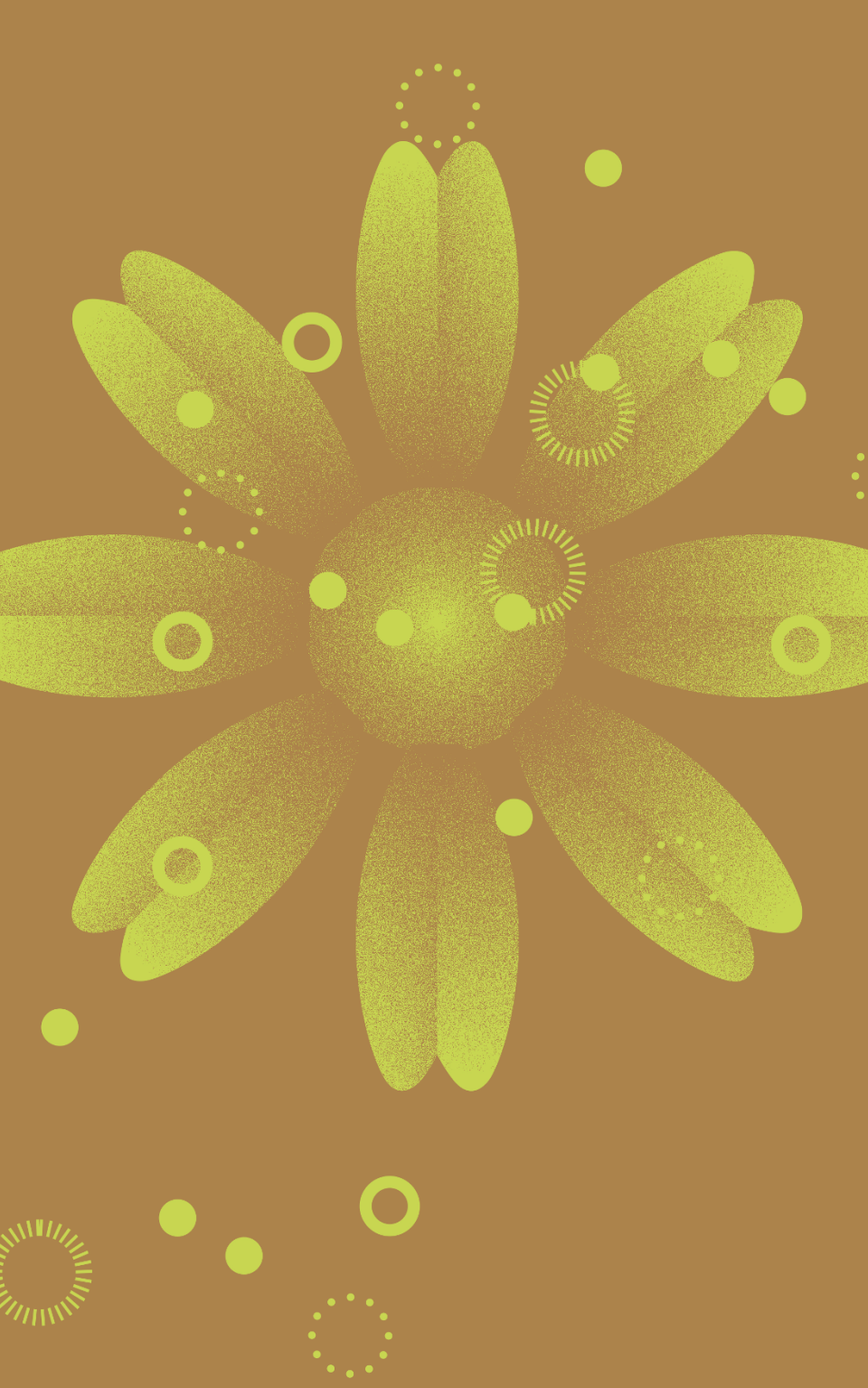




Der Tanzboden

Das wabenweite Web der Bienen

Der etwa zehn mal zehn Zentimeter große Tanzboden, auf dem sich Pfadfinderinnen und Sammlerinnen im Nest begegnen, wird offenbar chemisch erkannt. Schneidet man ihn aus und versetzt ihn an einen anderen Ort im Stock, suchen die Bienen so lange, bis sie ihn wiederentdeckt haben, und setzen dann erst ihre Tänze fort. Es herrscht so reges Gedränge auf dem engen Tanzboden, dass man sich unweigerlich fragt, wie Tänzerinnen und Nachtänzerinnen überhaupt zueinander finden. Purer Zufall, wie man vermuten könnte, ist es nicht, sondern vielmehr die Fähigkeit der Tänzerinnen, andere Bienen anzusprechen, und zwar sogar solche, die sich am anderen Ende des Tanzbodens befinden — und hier kommen die Füße auf den Zellenrändern wieder ins Spiel: Der obere Abschluss der Zellen besteht aus Wülsten, die in ihrer Gesamtheit ein Netz aus sechseckigen Maschen über den gesamten Tanzboden bilden. Während des Schwänzeltanzes koppelt die Tänzerin ihre Flügel aus und erzeugt mit ihrer kräftigen Flugmuskulatur Vibrationsimpulse. Diese gibt sie über ihre Füße an die Zellenränder ab und verschickt sie so als Aufruf in alle Richtungen über das Zellrandnetz. Sie wird damit zum Sender von Schwingungen, die andere Bienen empfangen können. Das Muster der Schwingungen, das interessierte Bienen nun über ihre Füße an anderen Stellen empfangen können, verrät ihnen die Position der Tänzerin und leitet sie im Dunkeln zu ihr. Und nun wissen wir auch, warum die Tänzerin beim Schwänzellauf steht und nicht läuft: Liefе sie, würde der Kontakt zu den Zellrändern immer wieder unterbrochen und sie könnte keine durchgehenden Schwingungsimpulse mehr auf das Zellrandnetz übertragen.



Es ist nicht der Tanz allein

Wie die Blüten den Bienen den Weg weisen

Je größer die Distanz zwischen Nest und Futterquelle, desto schlechter kann die Biene sie im Tanz vermitteln. Schon zwischen einer zwei und einer drei Kilometer langen Flugstrecke – das entspricht in etwa den Außengrenzen ihrer normalen Sammeltätigkeit – wird im Tanz kaum mehr unterschieden. Bienen können aber auch bis zu zehn Kilometer vom Stock entfernt noch nach Futter suchen. Solche extremen Entfernungen können die Pfadfinderinnen im Tanz noch viel schlechter wiedergeben. Wie ist es also möglich, dass die Sammelbienen trotz der ungenauen Angaben, mit denen sie losgeschickt werden, die Futterstellen finden? Aufschluss geben Experimente, in denen die Quellen mit attraktiven Düften versehen werden, die ein günstiger Wind direkt zum Nest trägt: Für eine Distanz, die bereits ortskundige Bienen in 40 Sekunden zurücklegen, können Neulinge trotz Tanz bis zu 20 Minuten benötigen – es sei denn, eine künstliche Duftspur weist ihnen den Weg. Eine solche Spur verkürzt die Flugzeit der Neulinge massiv. Gerüche spielen also bei der Orientierung eine besondere Rolle. Fällt die Duftspur einer Futterquelle aus, etwa weil kein Wind geht, zeigt sich allerdings, dass neben Tanz und Duft auch der Kontakt und die Kommunikation zwischen den Bienen im Feld von großer Bedeutung sind.

Tandemlandung

Von Huckepack- und Brauseflügen

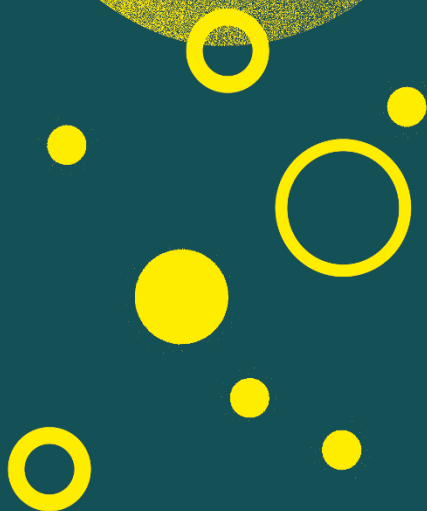
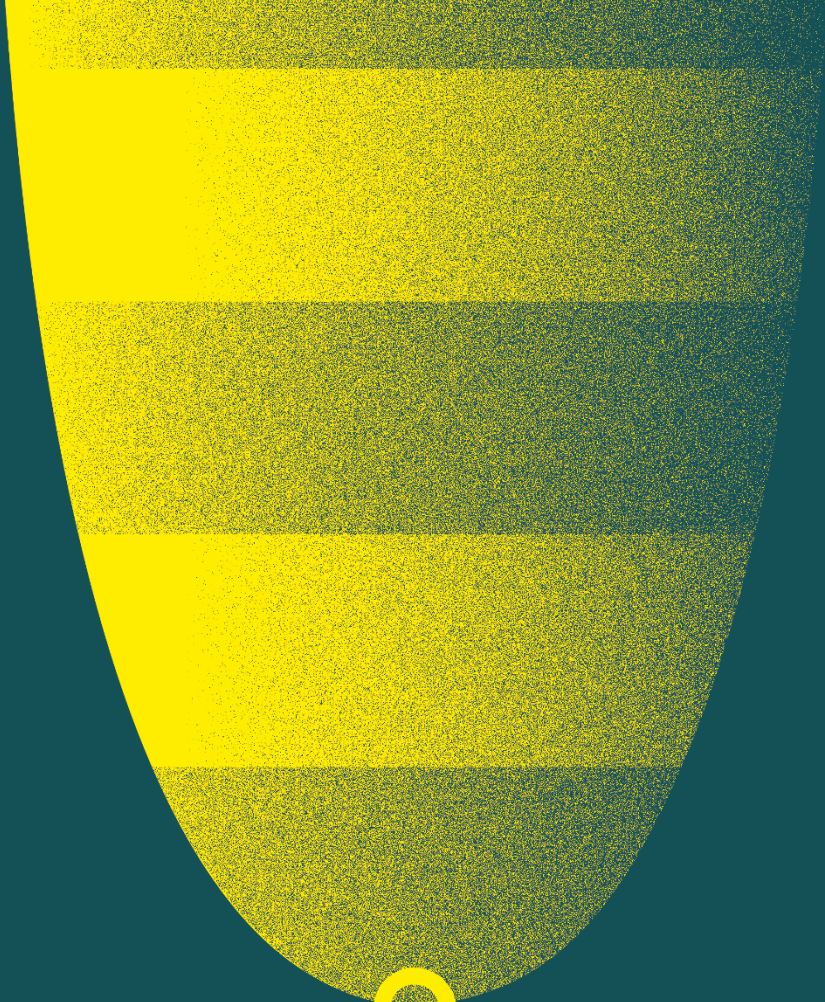
Frisch rekrutierte Bienen und solche, die den Weg bereits kennen, verlassen das Nest zwar nicht gemeinsam, doch irgendwo auf dem Weg zur Futterstelle finden sie zu gemischten Gruppen von bis zu zehn Tieren zusammen. Auf den Blüten landen immer zuerst die ortskundigen Bienen, knapp gefolgt von den nachfliegenden, neu rekrutierten, sodass es oft zu regelrechten Tandem- oder gar Huckepacklandungen kommt – die Führenden unten, die Folgenden oben auf. Die Kenntnisse darüber, wie sich diese Gruppen bilden, sind spärlich, aber nicht gleich null. Wenn eine Biene einen Futterplatz besucht und anschließend im Stock ihre Ladung abgeliefert, aber nicht tanzt, also keine anderen Bienen rekrutiert, dann sucht sie die Quelle beim nächsten Anflug für menschliche Ohren geräuschlos auf. Hat sie aber getanzt, dann umkreist sie das Ziel laut summend in ausladenden Schleifen, den sogenannten Brauseflügen. Die Erklärung ist so simpel wie einleuchtend: Eine Biene, die keine weiteren Bienen rekrutiert hat, muss im Feld auch niemandem den Weg weisen. Eine Biene dagegen, der andere folgen, gibt diesen auch über den Tanz hinaus Hilfestellungen, das Ziel zu finden. Da Bienen aber keinen echten Gehörsinn besitzen, kann die Lautstärke der Brauseflüge nicht das entscheidende Signal sein. Tatsächlich zielen die Brauseflüge vielmehr auf das hervorragende Bewegungssehen und den Geruchssinn der Kolleginnen ab. Auf den Geruchssinn? Ganz genau. Denn der Flugton des Brauseflugs ist wahrscheinlich nur der unbeabsichtigte Nebeneffekt einer ganz besonderen Flügelbewegung – mit der spezielle Duftsignale in die Umgebung verteilt werden: Die Biene macht buchstäblich viel Wind um ihren Duft.



Der Brauseflug

Wie die Biene chemische Leitpfosten in der Luft platziert

Im Brauseflug fliegen die Bienen sehr langsam. Das macht es dem Beobachter leicht, an ihrem Hinterleib zwischen den beiden letzten Segmenten einen hellen Streifen auszumachen. Dies ist der Zugang zur im Brauseflug weit geöffneten Nasanovdrüse. Die Nasanovdrüse entlässt den lockenden Duftstoff Geraniol — also denselben Duftstoff, mit dem sich die Bienen auch beim Anlanden am Bienenstock gegenseitig Orientierung bieten. Und genau wie am Eingang zum Bienenstock verteilen die Bienen beim Brauseflug um die Nahrungsquelle ihre Duftfahne durch intensives Flügelschwirren. Diese spezielle Flügelbewegung erzeugt vermutlich Turbulenzen, die für eine bestimmte Zeit stabil in der Luft stehen bleiben, vergleichbar der Spur eines Schiffes im Wasser oder den Luftwirbeln hinter einem Flugzeug. So werden die Pheromone der Nasanovdrüse in den sich drehenden Luftwirbeln eingefangen und festgehalten und dienen als chemische Leitpfosten, an denen entlang sich die Neulinge zum Ziel hin riechen.





Kameradinnen

Wie das Sammeln die Arbeiterinnen zusammenschweißt

Bestimmte Bienen finden die angezeigten Futterplätze schnell und ohne Begleithilfe, nachdem sie im Stock die entsprechenden Tänze verfolgt haben. Diese Bienen sind erfahrene Sammelbienen, sie kennen die angezeigten Quellen mitunter von früheren Besuchen, die durchaus auch schon einige Tage her sein können. Die Tänzerinnen rekrutieren also nicht nur Neulinge. Manchmal machen sie auch solche Bienen, die den Weg bereits kennen, durch ihren Tanz auf zwischenzeitlich versiegte und nun »neu eröffnete« Quellen aufmerksam. Übrigens: Markiert man die einzelnen Sammelbienen einer Gruppe, die tagsüber im Freien gemeinsam dieselbe Futterquelle ausgebeutet hat, jeweils mit einem kleinen Farbpunkt, so lässt sich später im Stock beobachten, dass diese Bienen sehr eng beisammen bleiben und sogar das Nachtlager teilen — um am nächsten Tag wieder gemeinsam an derselben Quelle zu sammeln, sofern diese noch Nektar gibt. Es zeigt sich also: »Who flies together, lies together! — Wer fliegt zusammen, liegt zusammen!«

Sammelbiene, schlafend

Wann die Biene die Antennen hängen lässt

Ihr Dasein als Sammelbiene ist nicht nur der letzte, sondern auch der anspruchsvollste Lebensabschnitt einer Honigbiene. Erstaunt es da, dass es vor allem die Sammelbienen sind, bei denen Forscher ausgeprägte Schlafzustände beobachten? Auch Jungbienen schlafen, aber kürzer und ohne ausgeprägten Tag-Nacht-Rhythmus. Mit anderen Worten, Jungbienen halten kurze Schläfchen, wo und wann ihnen die Antennen gerade schwer werden. Sammelbienen dagegen schlafen länger und vor allem nachts. Nicht selten bilden sie dazu in ruhigen Randbereichen des Nestes regelrechte Schlaflager, in denen viele Bienen dicht an dicht ruhen – in denselben Gruppen, in denen sie tagsüber gesammelt haben! Schlafende Bienen sind an der fehlenden Muskelspannung zu erkennen: Ihre Antennen hängen herab, die Beine sind eingeknickt. Dass Schlaf so deutlich und hauptsächlich nachts nur bei den Sammelbienen auftritt, ist ein Indiz dafür, dass die hellen Stunden für sie zu wertvoll sind, um sie zu verschlafen, und zeigt außerdem, dass die besondere Leistung im Außendienst auch besondere Phasen der Regeneration und wohl auch der Gedächtnisfestigung notwendig macht.





Maximale Flugdistanz

Wie weit die Biene mit einer Honigmagenfüllung kommt

Aufgabe der Sammelbienen ist es, Energie und Materie ins Nest zu bringen. Daher verlassen sie den Stock, um Nektar, Pollen und Harze herbeizuschaffen, letztere zur Herstellung von Propolis. Gemeinsam legen sie dabei mit ihren Suchflügen ein dichtes, unsichtbares Netz über die Umgebung. In diesem Netz bleibt jede Einzelblüte hängen, kaum etwas wird übersehen — mehrere Millionen Blüten vermag ein Bienenvolk an einem einzigen Arbeitstag zu besuchen. Rein theoretisch kann es dabei eine Fläche von bis zu 400 Quadratkilometern um das Nest abdecken. Die einzelne Biene entfernt sich maximal zehn Kilometer vom Nest. Denn für diese Flugstrecke reicht die im Stock aufgenommene Tankfüllung an Honigreserven. Fliegt die Biene tatsächlich so weit, muss sie für den Rückflug Nektar im Feld aufnehmen und kommt ohne Beute nach Hause. In der Regel entfernen sich die Sammelbienen daher nur zwischen zwei und vier Kilometer vom Nest und decken dabei insgesamt eine Fläche von 100 Quadratkilometern ab. Bei dieser Distanz ist gewährleistet, dass die Energieausbeute in Form von eingebrachtem Nektar größer ist als der Energieverbrauch in Form von Honigtreibstoff. Oder anders gesagt: Jede Sammelbiene muss mehr eintragen, als sie verbraucht. Denn eine neutrale oder gar negative Bilanz könnte sich das Bienenvolk nicht lange leisten.



Pollenhosen und Bienenbrot

Wie die Biene ihre Fracht transportiert

Im Laufe der Evolution haben sich die Honigbienen eine anatomische Ausrüstung zugelegt, mit der sie den Blütenstaub optimal einsammeln und transportieren können. Mit Vorder-, Mittel- und Hinterbeinen pressen sie ihn zu festen Pollenpaketen zusammen, die sie zwischen Borsten an bestimmten Abschnitten ihrer Hinterbeine, den sogenannten Körbchen oder Pollenhöschchen, befestigen. Wenn sie den Heimflug antreten, ist links und rechts an den Hinterbeinen deutlich je ein festes, gelbes, im Vergleich zur Körpergröße gar nicht so kleines Pollenklümpchen zu sehen, was wie ein zu ihren Körperfarben passendes Höschchen aussieht – daher auch der Name. Das Verstauen in den Pollenhöschchen vollbringt die Sammelbiene äußerst geschickt größtenteils im Fliegen. 15 Milligramm Pollen kann eine einzelne Biene von einem Sammelflug heimtragen, und 20 bis 30 Kilogramm reinen Pollenstaub bringt ein Bienenvolk innerhalb eines Jahres zusammen – was einer Menge von zwei Millionen Flügen entspricht. Im Nest dient der Pollenstaub als Kraftfutter für den Nachwuchs: die Ammenbienen fressen ihn, um Schwesternmilch für die jungen Larven produzieren zu können; und die älteren Larven werden mit einem Honig-Pollen-Gemisch gefüttert, dem sogenannten Bienenbrot.

Der Honigmagen

Warum der Bienenkommunismus durch den Magen geht

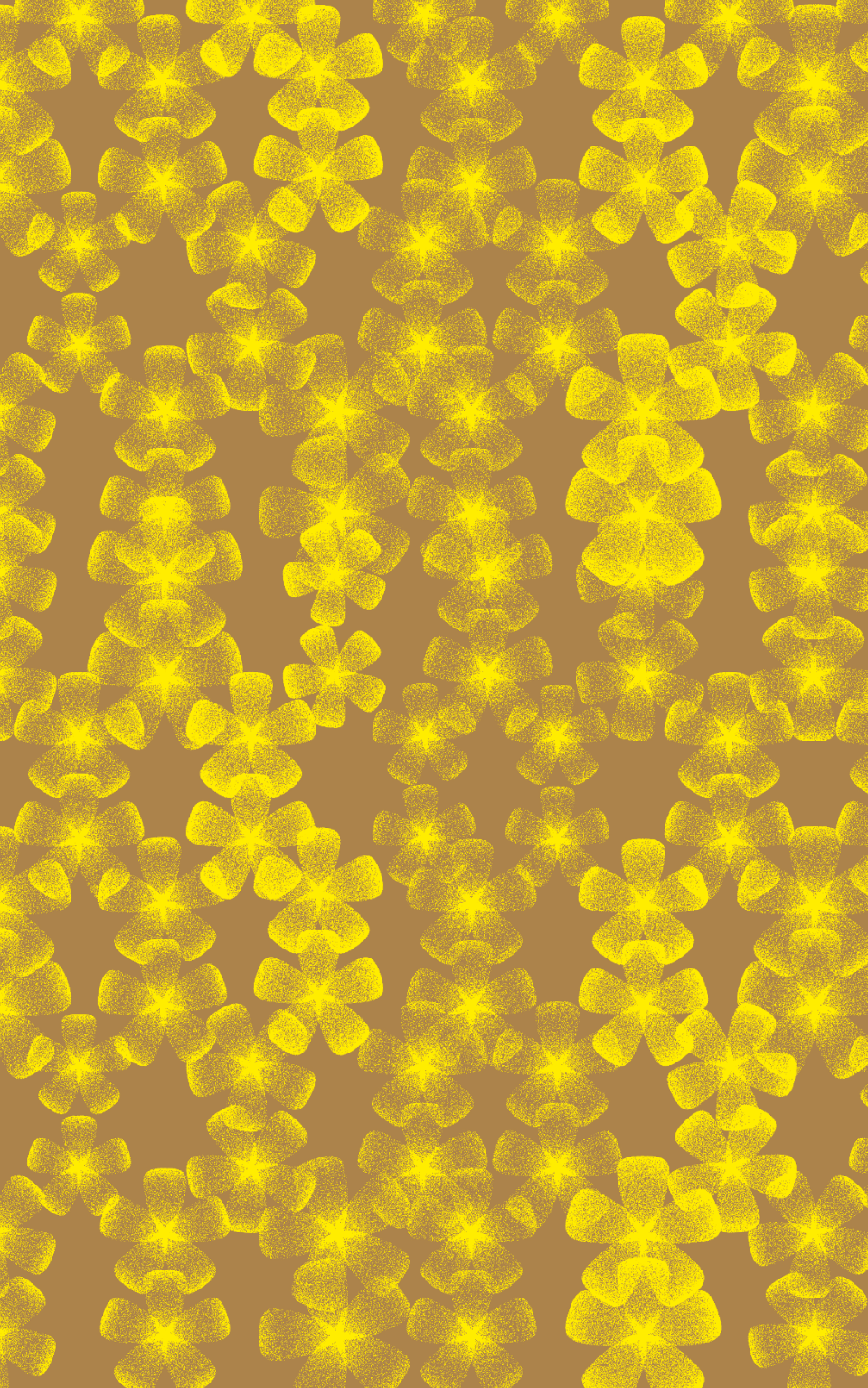
Blütenpflanzen locken Honigbienen mit Farben und Düften an, um anschließend einen Tauschhandel mit ihnen einzugehen: Die Biene bekommt Pollen und Nektar und befruchtet dafür die Blüte, indem sie Pollen von den Staubbeuteln auf die Narbe der Blüte trägt. Natürlich tut die Biene das nicht bewusst, sondern die Blüten sind so angelegt, dass die Biene beim Ernten die Narbe berühren und an deren klebriger Oberfläche Pollenstaub abstreifen muss. Ursprünglich war der Nektar nur ein Abfallprodukt des Pflanzenstoffwechsels. Doch im Laufe der Evolution haben die Pflanzen »verstanden«, wie wichtig er als Tauschmittel gegen die Bestäubung ist, und bieten ihn der Biene nun seit vielen Millionen Jahren so an, dass diese ihn möglichst mühelos aufnehmen kann. Einige Blüten haben ihre Blätter zu regelrechten Landeplattformen ausgebildet, auf denen sich oft auch ultraviolette Muster als optische Landemarkierungen finden. Auf der anderen Seite haben sich auch die Bienen auf die Blütenpflanzen eingestellt, indem sie für die Ernte und den Transport des Nektars geeignete Mundwerkzeuge entwickelten. Im Hinterleib haben sie zudem einen Darmabschnitt als Tank ausgebildet, den sogenannten Sammel- oder Honigmagen. Die Honigbiene kann 40 Milligramm Nektar zuladen — also beinahe die Hälfte ihres Körpergewichts. Obwohl die Biene den Nektar zunächst in ihrem Sammelmagen verstaut, »gehört« er ihr nicht, sondern ist gemeinsamer Besitz der Kolonie. Für sich selbst verbraucht die Biene nur einen Bruchteil der Beute: Durch ein winziges Ventil wird er vom Honigmagen in den Darm geleitet und dort verdaut. Im Nest würgt die Sammelbiene die Fracht wieder hoch, vermischt sie mit Enzymen und überlässt sie den Abnehmerbienen, die das Produkt in Wabenzellen verstauen und später zu Honig weiterverarbeiten.



Nektar in Hülle und Fülle

Wie viele Blüten die Biene pro Tag besucht

Da die Honigbiene für die Bestäubung eine so ideale Partnerin ist, legen sich die Blüten für sie mächtig ins Zeug: Ein Kirschbaum kann es täglich auf zwei Kilo Nektar bringen, und eine Kirschblüte produziert an nur einem Tag mehr als 30 Milligramm Nektar, also beinahe so viel, wie eine einzelne Biene von einem Ausflug ins Nest tragen kann. Das bedeutet aber nicht, dass eine Biene nur zwei Kirschblüten besuchen muss, um ihren Transportmagen zu füllen. Denn sie kann immer nur so viel Nektar aufnehmen, wie die Blüte im jeweiligen Moment enthält. Bienen hinterlassen Duftmarken an Blüten, die sie gerade geleert haben. Solange diese Markierungen nicht verblasst sind, bleiben andere Bienen fern und geben der Blüte Zeit, sich wieder aufzufüllen. Doch nicht immer ist sie nach dem Verblasen der Markierung auch wieder maximal gefüllt, weshalb die Biene meist mehr Blüten besuchen muss, um ihren Honigmagen zu füllen. Bis zu 3000 Blüten kann eine rekordverdächtige Biene an einem Tag aufsuchen. Dazu fliegt sie allerdings nicht 3000-mal aus – in dieser Hinsicht sind die Bienen eher faul. Stattdessen bündeln sie und besuchen bei jeder ihrer verhältnismäßig wenigen Tagestouren möglichst viele Blüten der gleichen Art auf möglichst engem Raum. Wie viele genau, hängt, wie wir gesehen haben, ganz davon ab, wie viel Nektar die einzelnen Blüten zum Zeitpunkt der Bienenankunft anbieten können.





Große Mengen, wohldosiert

Vom Feingefühl der Bienen und der Pflanzen

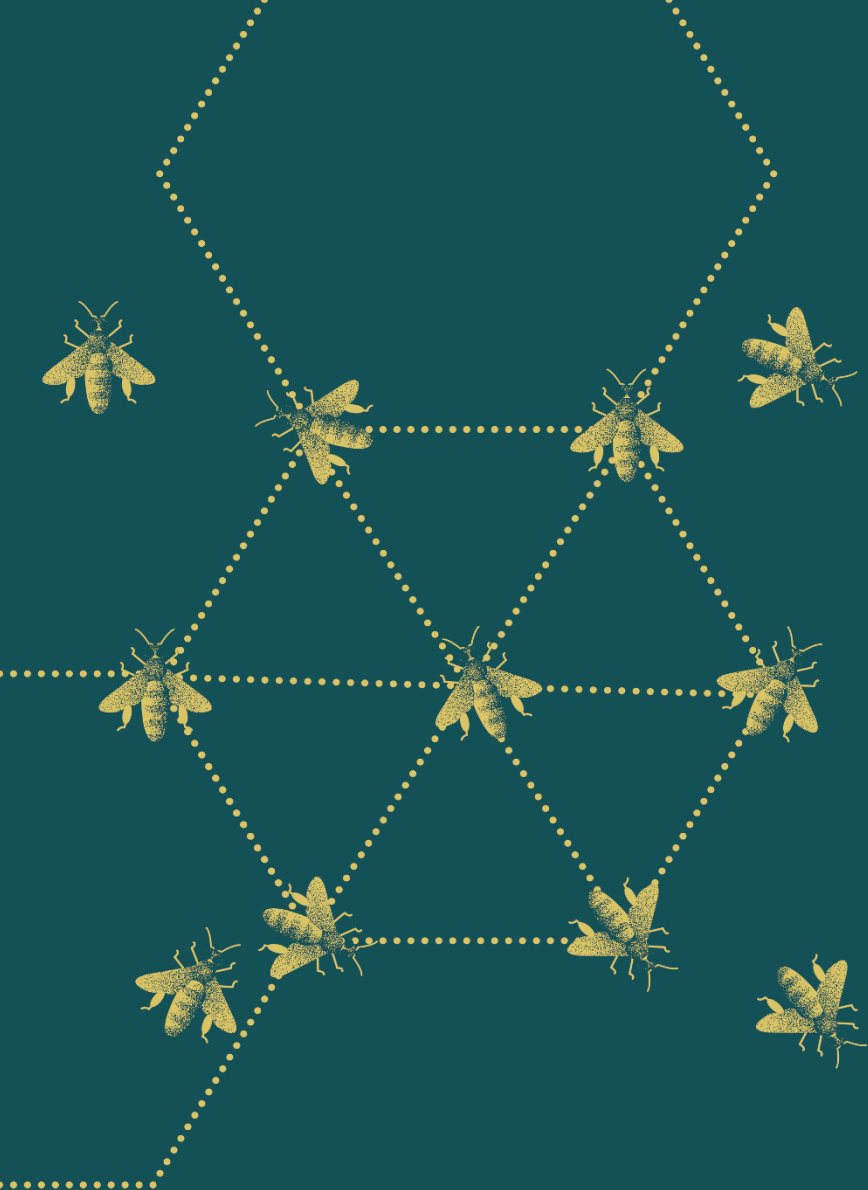
Aus Sicht der Blüten ist es natürlich sinnvoll, den Nektar sparsam abzugeben, denn damit erhöhen sie die Besuchsfrequenz. Und je öfter die Blüte angefliegen wird, desto sicherer findet eine Bestäubung statt. Allerdings darf es die Blüte nicht auf die Spitze treiben. Spart sie zu sehr, bleibt die enttäuschte Bienenkundschaft fern und wendet sich spendableren Konkurrentinnen zu. Ist eine Nektar- und Pollenquelle — ein blühender Busch oder Baum, ein blühendes Feld — von den Bienen im Einzugsgebiet ihres Stockes entdeckt worden, beginnt eine konzertierte Ausbeutungsaktion. Entscheidend für die optimale Nutzung des Angebots ist die erstaunliche Fähigkeit des Bien, jeder Quelle exakt so viele Sammelbienen zuzuteilen wie für die optimale Ausbeutung nötig. Ergiebige Quellen werden stark besucht, weniger ergiebige nicht komplett ignoriert, aber durch weniger Arbeitskräfte angefliegen. Und erschöpfte Quellen werden komplett ausgelassen. So sind Angebot und Ausbeutung immer fein abgestimmt und die Energiebilanz des Volkes bleibt im grünen Bereich. Aber woher »weiß« der Bien, wie viele Sammlerinnen eine Quelle anfliegen müssen? Um dieses Rätsel zu lösen, müssen wir uns die ausgeklügelte Kommunikation unter den Bienen genauer anschauen ...

Datenverarbeitung im Bienenneest

Wie die Bienen gemeinsam wissen, was keine einzelne weiß

Um eine ideale Verteilung der Sammelbienen im Gelände zu gewährleisten, muss die Information über die Nektar- und Pollensituation im Feld unablässig aktualisiert werden, denn die Angebotslage im Feld ändert sich fortlaufend. Und die Information über das Angebot im Feld muss pausenlos mit dem Bedarf im Nest abgeglichen werden: Bei vollen Speichern müssen die Bienen natürlich weniger Nachschub einholen, als wenn die Vorratzzellen leer sind, und es wäre Verschwendung, in einem solchen Moment zu viele Bienen ins Feld zu schicken. Tatsächlich lässt sich beobachten, dass die Zahl der Sammlerinnen im Einsatz stark schwankt und sich auch ihre Verteilung auf Nektar- und Pollensammlerinnen fortwährend ändert. Beides, Nektar und Pollen zugleich, können höchstens 15 Prozent der Sammelbienen einholen. Die große Mehrheit ist beim Sammeln auf eines der beiden Produkte spezialisiert. Klar ist, dass keine einzelne Biene im Volk den Überblick über Angebot und Bedarf haben und alle anderen Bienen delegieren kann — schon gar nicht die Königin, die ja unentwegt mit nichts anderem als dem Legen von Eiern beschäftigt ist. Und doch wissen wir, dass das Bienenvolk seine Arbeitskräfte optimal im Feld einsetzt und verteilt. Wie ist das möglich, wenn niemand in der Kolonie auch nur den Hauch eines Überblicks hat?





Flexibles Beutenetz

Von der stillen Reserve im Bienennest

Die optimale Delegierung der Sammelbienen im Feld beruht auf einem Phänomen, das Wissenschaftler dezentrale Selbstorganisation nennen. Dezentral bedeutet in diesem Fall, es gibt keine Führungsinstanz. Selbstorganisierend heißt, das Muster des Kräfteeinsatzes entsteht ganz von allein durch unzählige, pausenlos stattfindende kurze Kontakte unter den etwa 50.000 Bienen des Sommervolkes. Bei diesen »Klein-Klein«-Kontakten werden unablässig Informationen darüber ausgetauscht, wieviel Pollen- und Honigreserven im Nest vorhanden sind und wie das Blütenangebot im Feld aussieht. Tut sich draußen eine ergiebige Quelle auf, heißt das allerdings nicht, dass, wie man erwarten könnte, die im Einsatz befindlichen Bienen ihre Sammelleistung erhöhen. Nein, sie arbeiten im selben Tempo weiter wie gehabt. Um die Quelle auszubeuten, werden stattdessen zusätzliche Sammelbienen im Nest aktiviert, und zwar aus der stillen Reserve, die einen guten Teil des Volkes ausmacht. So kann, ausgehend von ein paar Hundert aktiven Sammlerinnen zu Beginn eines Tages, an dessen Ende ein ganzes Drittel einer Kolonie im Gelände sein. Versiegt die Quelle wieder, kehrt genau die Zahl an Sammlerinnen, die nicht mehr gebraucht wird, in den Stand-by-Modus zurück. Diese fließende Aktivierung und Deaktivierung von Reservebienen ist das Geheimnis, mit dem die Bienen ihr Revier trotz fehlender zentraler Führung optimal ausbeuten und wie von unsichtbarer Hand gesteuert immer die richtige Zahl an Sammlerinnen im Feld haben.



Juvenilhormon

Warum die alten Bienen die jüngsten sind

Sammelbienen sind die ältesten, erfahrensten und, dank des hohen Anteils an Juvenilhormon im Körper, die lernfähigsten Bienen der Kolonie. Juvenilhormon? Heißt juvenil nicht »jugendlich«? Genau das ist der Fall – die älteren Sammelbienen haben mehr davon im Körper als die jüngeren Bienen. Das macht sie zwar nicht jünger und sie werden trotzdem vor den Bienen sterben, die noch im Nest tätig sind, aber es macht sie kognitiv besonders aufnahmefähig. In ihrem Honigmagen kann die Sammelbiene 20 bis 40 Milligramm Nektar transportieren. Pro Tag absolviert sie drei bis zehn Ausflüge und fliegt dabei maximal zehn Kilometer weit. In diesem Fall verbraucht sie die gesamte Honigreserve, die sie im Nest aufgenommen hat, und muss für den Rückflug im Feld energieärmeren Nektar aufnehmen. Eine Sammelbiene kann über eine Periode von zehn bis 20 Tagen sammeln. Handelt es sich um Sommerbienen, endet ihr Leben danach. Die spät im Herbst geschlüpften Winterbienen dagegen starten im nächsten Frühjahr noch einmal als Sammlerinnen. Eine Kolonie kann im Laufe eines Sommers 100.000 bis 200.000 Sammelbienen hervorbringen – die durch Teilung zwei oder mehr Völker bilden. Die bis zu 600 Kilogramm Nektar, die ein Volk pro Jahr einsammelt, verarbeiten die Bienen zu 300 Kilogramm Honig, den sie als Treib- und Brennstoff verwenden und als Energiereserve für den Winter einlagern. Ein Teil dieser Energiereserve gibt den Honig, den der Imker entnimmt und verkauft, sodass er auf unseren Tischen landet.

Ultraviolette Leitmuster

Wie die Pflanzen den Bienen beim Landen helfen

Durch ihre Farben heben sich Blüten vom grünen Blattgrund ab und geben sich auf diese Weise ihren Bestäuberinnen zu erkennen. Viele Blüten haben dabei für die Biene nicht dieselbe Farbe wie für den Menschen. Lange, rote Lichtwellen reizen die Sehzellen der Insekten kaum, weshalb roter Mohn für Bienen zum Beispiel schwarz ist. Am kurzwelligen Ende des Spektrums aber sehen die Bienen – und das ist für uns Menschen ohne technische Hilfsmittel nicht möglich – ultraviolettes Licht. Viele Blüten haben sich deshalb Flächen zugelegt, die das UV-Licht besonders stark reflektieren, den Bienen dadurch ins Auge springen und ihnen als Landehilfe und zur leichteren Unterscheidung der verschiedenen Pflanzenarten dienen. Ultraviolettes Sehen ist jedoch nicht die einzige Besonderheit der Bienenoptik. Eine echte Überraschung kommt noch hinzu: Welche Farbe eine Biene sieht, hängt zwar genau wie beim Menschen von der Wellenlänge des Lichts ab, aber auch – für uns nur schwer vorstellbar – von der Fluggeschwindigkeit des Insekts: Rasch fliegende Bienen sehen nur noch hell und dunkel, also gewissermaßen schwarz-weiß!



Pixel, nicht Monet

Warum die Biene im Schnellflug keine Farben sieht

Fliegen Bienen eilig über eine Landschaft, tun sie das mit einer Reisegeschwindigkeit von etwa 30 Kilometern pro Stunde. Dann ist ihre Farbwahrnehmung ausgeschaltet und sie sehen nur noch hell und dunkel, also quasi schwarz-weiß. Erst wenn sie im Schleichflug Blüten umkreisen, tauchen Farben auf. Biologisch betrachtet ergibt das durchaus Sinn, denn für eine Biene im Schnellflug sind Farben unnütze Informationen und das Bienenhirn muss sich auf Dinge konzentrieren, die jetzt wichtiger sind, etwa das Erkennen von Hindernissen und Wegmarken. Deshalb kommt es beim Fliegen darauf an, viele farblose Objekte und Muster in rascher Folge wahrzunehmen. Und das kann die fliegende Biene sehr gut, da das Bild der Umgebung für sie nicht verwischt ist wie für das menschliche Auge, an dem Gegenstände schnell vorüberziehen. Stattdessen besteht es für sie aus vielen schwarz-weißen, aber scharfen Einzelbildern. Ein farbiges, aber verschwommenes Bild, wie wir Menschen es sehen, hätte für die Biene im Flug keinerlei Nutzen.





Wenn der Spitzwegerich winkt

Warum die Biene schnelle Bewegungen scharf sieht

Dank ihrer Facettenaugen sehen Bienen, wie viele andere Insekten auch, »in Zeitlupe«. Schnelle Bewegungen, die uns verwischt erscheinen, sehen sie in allen Phasen scharf. Panische Handbewegungen, mit denen ängstliche Menschen Bienen und Wespen vertreiben wollen, bieten diesen also bestens erkennbare Angriffsziele. Das scharfe Sehen von Einzelbildern in rascher Folge hat seinen Sinn aber natürlich nicht darin, Menschen besser stechen zu können. Es versetzt die Biene vielmehr in die Lage, andere, rasch vorüberfliegende Bienen zu erkennen und sich ihnen an die Fersen zu heften. Das gilt genauso für die Eskortbienen, die eine Königin auf dem Hochzeitsflug begleiten, wie für die Bienen im Primärschwarm auf dem Weg zu einer neuen Behausung und für die Drohnen, die die Königin im Feld erspähen und ihr folgen. Außerdem ermöglicht es die Bildung von Minischwärmen aus neu rekrutierten Sammlerinnen, die den führenden Bienen zu den Futterplätzen folgen. Auch manche Pflanzen, wie zum Beispiel der Spitzwegerich, machen sich das Bewegungssehen der Bienen zunutze. Indem sie ihre Blüten auf langen, dünnen und beweglichen Stängeln präsentierten, die schon in der kleinsten Brise zu wippen beginnen, sichern sie sich trotz ihres unauffälligen Farbenkleides die Aufmerksamkeit der Bestäuberinnen.

Orientierung auf dem Heimweg

Warum Ornamente auf dem Bienenkasten besser sind als Farben

Nur auf den ersten Blick erstaunt es, dass die Fähigkeit der Sammelbiene, Farben zu sehen, auch davon abhängt, ob sie sich auf dem Weg ins Feld oder auf dem Rückweg zum Stock befindet: Beim gedrosselten Blütenanflug zeigt sie ein hervorragendes Farbunterscheidungsvermögen — hat sie aber ihre Blütenbesuche beendet und begibt sich mit vollem Honigmagen auf den Rückflug zur Kolonie, fällt es ihr selbst bei langsamer Fluggeschwindigkeit schwer, Farben zu unterscheiden. Das liegt, wie wir gehört haben, daran, dass Farben in diesem Moment keine relevanten Informationen mehr darstellen, weshalb die Biene ihren Farbsehsinn jetzt gleichsam abschaltet. Farbzig gestrichene Bienenstöcke bieten ihr bei der Heimkehr deshalb kaum Orientierung — mit Ausnahme der Farbe Blau, die sie immer erkennt und gegenüber jeder anderen Farbe bevorzugt. Egal jedoch, ob die Biene gerade ins Feld oder nach Hause fliegt, ist sie immer bestens in der Lage, Muster zu erkennen und auseinanderzuhalten. Daher sind Streifen oder Ornamente — wie das Blumenbild in der Grafik — auf dem Bienenstock viel bessere Signale als verschiedenfarbige Anstriche.





Von Düften geleitet

Warum Bienen mit den Fühlern riechen

Farben erschließen sich Bienen erst beim langsamen Anflug. Düfte hingegen locken sie bereits aus großer Entfernung an. In ruhender Luft verbreiten sich Gerüche zwar nur diffus und tragen wenig zur Orientierung bei. Wenn die Luft aber in Bewegung ist, entsteht ein von der Blüte ausgehender Duftstrahl, der die Bienen zum Ziel führt. Das erklärt auch, warum Bienen grundsätzlich gegen die Windrichtung an der Blüte landen: Sie schnüffeln sich der Blüte praktisch entgegen. Selbst wenn eine Sammelbiene den Duft einer Futterquelle, nicht aber deren Lage in der Landschaft kennt, trifft sie dennoch schnell am Ziel ein, wenn die Luftströmung direkt von der Quelle zum Bienennest zieht. Andernfalls sieht man die Biene im Suchflug kreuzen, bis sie auf eine Strömung mit dem Zielduft stößt. Und womit riechen Bienen? Nasen haben sie ja bekanntlich nicht. Antwort: mit den Fühlern! Neben Tastsinn, Temperatursinn und der Wahrnehmung von Luftfeuchtigkeit hat nämlich vor allem die Wahrnehmung von Düften ihren Sitz in den Fühlern. Der Geruchssinn von Bienen ist empfindlicher als der von Hunden, und da sie zudem schneller lernen als diese, sind Bienen auch immer wieder als Alternative zu Spürhunden im Gespräch.



Biene, bleib bei deiner Blüte

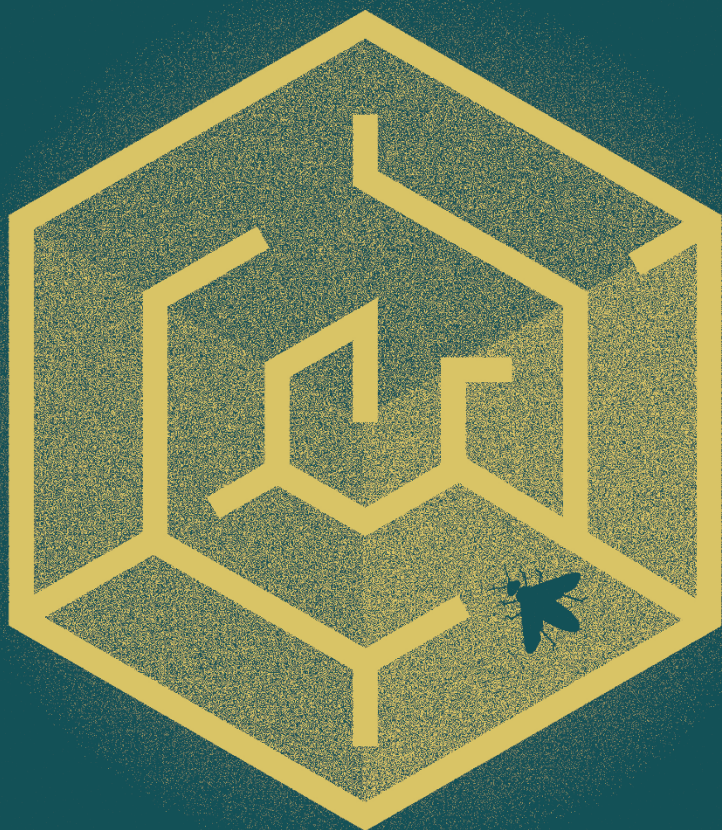
Wieso die Biene die Routine liebt

Bienen sind treu. Sie besuchen nicht wahllos jede Blüte, auf die sie treffen, so wie andere Blütenbesucher und Bestäuber es tun, etwa Käfer, Schmetterlinge und Fliegen. Nein, eine Honigbiene sammelt an einem Arbeitstag bevorzugt an der Blütenpflanze, mit der sie am Morgen begonnen hat. Für die Pflanzen hat dieses Verhalten — Biologen nennen es »Blütenkonstanz« oder auch »Blütenstetigkeit« — den Vorteil, dass der Pollen nicht auf den Narben artfremder Blüten landet und dadurch verschwendet wird. Und den Bienen ermöglicht die Blütenkonstanz, sich auf einen Blütentyp einzustellen. Würde die Biene jedes Mal auf einer anderen Pflanze landen, müsste sie sich auch jedes Mal auf deren blüteneigene Formen und eine stets neue Lage der Nektardrüsen einstellen. Das kostet neben wertvoller Zeit auch viel zu viel Energie. Hartnäckig ignoriert die Biene daher andere Blüten, selbst wenn diese reichlich Nektar und Pollen anbieten, sobald sie eine ausreichende Menge Blüten ein- und derselben Pflanze gefunden hat. Durch Versuch und Irrtum entwickelt sie schnell eine Routine an dieser ihrer Pflanze und kann so den Rest des Tages effektiv und zügig sammeln.

Links – rechts, ungleich – gleich

Wie Bienen in fremden Labyrinthen zurechtkommen

Honigbienen lassen sich trainieren und zeigen dabei in ihrem Lernverhalten wahre Spitzenleistungen. Ein einziger Kontakt mit einem Duft genügt ihnen, um ihn sich für den Rest ihres Lebens zu merken. Und nach zwei bis drei Trainingsläufen erkennen sie ihn sogar zu hundert Prozent fehlerfrei wieder. Und genauso gewinnen Bienen beim Erkennen von Formen und Farben schnell vollkommene Sicherheit. Bestimmte antrainierbare Verhaltensweisen können sogar nur so gedeutet werden, dass es für sie die abstrakten Begriffspaare »links – rechts«, »symmetrisch – asymmetrisch« und »gleich – ungleich« gibt. Und natürlich können Bienen auch »mehr« von »weniger« unterscheiden und beherrschen damit eine einfache Art des Zählens. Damit nicht genug, sind sie auch in der Lage, aus Erfahrungen Verhaltensregeln zu abstrahieren und diese auf vollkommen neue Situationen zu übertragen. So können sie sich anhand zuvor erlernter Zeichen sogar in Labyrinthen zurechtfinden, in denen sie zuvor niemals gewesen sind.



Bienenintelligenz

Woher die Biene weiß,
wo nichts zu holen ist

Wenn eine Sammlerin das Nektarangebot einer Blüte vollständig geleert hat, hinterlässt sie am Kelch eine chemische Botschaft, an der allen andere Sammlerinnen schon beim Anflug erkennen können, dass in dieser Blüte nichts mehr zu holen ist. Bis die Blüte Nektar nachproduziert hat, ist auch die Markierung wieder verblasst, und neu ankommende Bienen betreten die Blüte wieder. So ersparen die Bienen, die eine Blüte leeren, ihren Kolleginnen überflüssige Landungen, die nur unnötig Zeit und Energie kosten würden. Rasch lernen die Bienen, unterschiedliche Orte und Zeiten mit bestimmten Entscheidungen zu verknüpfen. Konkret gesprochen: Sie registrieren schnell, an welchen Standorten welche Blüten zu welchen Tageszeiten welche Mengen an Nektar abgeben – und aktualisieren dieses Wissen fortlaufend. Theoretisch müsste sie das in die Lage versetzen, ihr tägliches Arbeitsprogramm im Voraus zu planen und ihre Sammelausflüge dadurch möglichst gewinnbringend zu gestalten. Und tatsächlich zeigen die Resultate entsprechender Untersuchungen, dass Honigbienen Tagesprogramme abarbeiten, die sie vorab festlegen, um immer zur richtigen Zeit am richtigen Ort an den richtigen Blüten zu sein. Das ist Bienenintelligenz.

leer





Kartiertes Gebiet

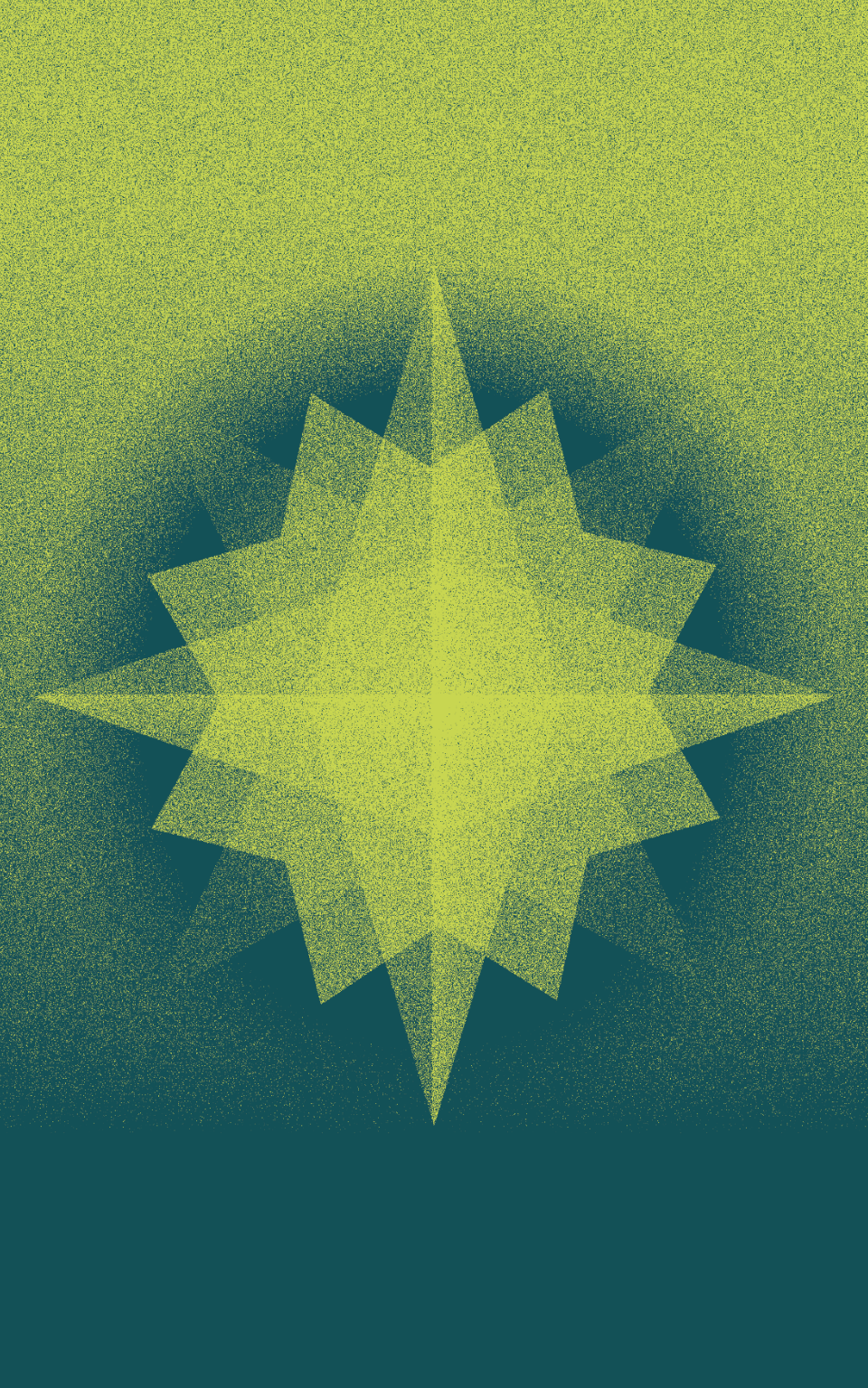
Wie Bienen sich die Gegend einprägen und Leuchttürme aus Duft errichten

Das Bienenvolk ist sesshaft und ortsgebunden, und den überwiegenden Teil ihres Lebens verlassen die Bienen ihre autarke Nestwelt nicht. Ein bestimmter Zustrom an Energie und Materie muss jedoch gewährleistet sein, weshalb eine variierende Zahl von Sammelbienen hinaus ins feindliche Leben muss. Ihre Aufgabe ist es, ergiebige Ansammlungen von Blüten ausfindig zu machen, von dort zum Nest zurückzugelangen und dieselben Blüten anschließend wiederzufinden. Was zunächst nach einer banalen Aufgabe klingt, ist bei genauerem Hinsehen mit einer ganzen Reihe anspruchsvoller Probleme verknüpft. Die Biene muss nämlich wissen, wo sich das Nest, wo sich die Futterquelle und wo sie selbst sich befindet – und dies zu jedem Zeitpunkt ihres Fluges. Darüber hinaus muss sie sich die zurückgelegten Wege nicht nur merken, sondern auch wissen, welcher davon zu momentan ergiebigen Quellen führt und welcher nicht. Bei der Meisterrung dieser Aufgaben helfen der Biene eine ganze Reihe von Orientierungstechniken, die jede für sich erstaunlich ist. Zum einen merkt sie sich Landmarken, mittels derer sie sich von Teilstrecke zu Teilstrecke ihrem Ziel entgegenhangelt: Das können Bäume oder Büsche sein, aber auch Gebäude, Strommasten oder Baukräne. Zum anderen unternimmt sie zur Vorbereitung auf ihr Sammelleben mehrere Orientierungsflüge, bei denen sie den Stock jedes Mal in einer anderen Richtung verlässt, bis sie sich die gesamte Umgebung genau einprägt hat. Neben ihren visuellen Fähigkeiten und ihrem Gedächtnis kommt ihr der hervorragende Geruchssinn in ihren Fühlern zugute: Alte Bienen am Stockeingang scheiden den Lockduftstoff Geraniol aus, verteilen ihn durch Flügelschwirren in der nahen Umgebung und machen damit aus dem Nest den reinsten Duftleuchtturm – damit die Sammlerinnen aus dem Feld einfacher wieder zurückfinden können.

Der Himmel als Kompass

Warum die Bienen ultraviolette Muster am Himmel sehen

Die Atmosphäre der Erde polarisiert das Licht, das in ungeordnetem Schwingungszustand von der Sonne ausgeht. Dadurch bekommt das Firmament eine optische Struktur und ein Muster, das den Bienen als Orientierungshilfe dient. Bienen nehmen dieses Muster dank ihrer Fähigkeit wahr, UV-Licht zu sehen — selbst wenn der Himmel von Wolken bedeckt ist, können sie den Stand der Sonne mithilfe des Polarisationsmusters präzise bestimmen und sich an ihm orientieren. Die Orientierung und das Zurückfinden zur Kolonie ist für die Bienen überlebenswichtig. Wahrscheinlich unter diesem evolutionen Druck haben sie die Fähigkeit entwickelt, UV-Licht wahrzunehmen. Später haben sich Blüten diese Fähigkeit der Bienen zunutze gemacht, indem sie UV-reflektierende Muster als Locksignale und Landehilfen auf ihren Blättern ausbildeten. Gewinnbringende Synergieeffekte — auch die Natur weiß sie seit jeher zu nutzen.





Der Sinn für Zeit

Wie Bienen und Blüten sich verabreden

Und noch eine kognitive Bienenfähigkeit machen sich die Blütenpflanzen zunutze: den Zeitsinn der Insekten. Honigbienen sind nämlich in der Lage, das Weiterwandern der Sonne zu jedem Zeitpunkt des Tages korrekt einzurechnen, selbst wenn zwischen ihren Ausflügen stundenlange Pausen liegen. Trotz des immer neuen Sonnenstandes finden sie daher mit absoluter Sicherheit die alte Richtung wieder. Ihr Zeitsinn ist also für die räumliche Orientierung der Bienen unerlässlich. Darüber hinaus befähigt er sie, die unterschiedlichen »Öffnungszeiten« von Blüten zu beachten. Auch das haben bestimmte Blütenpflanzen »erkannt« und beschränken ihre Nektarproduktion deshalb auf bestimmte Tageszeiten — ein kluger Schachzug, denn so mindern sie die Zahl anderer Blütenpflanzen, mit denen sie um die Bienenbesuche konkurrieren. Den Zeitplan der Pflanzen können die Bienen lernen. Dass an den Orten, die sie aufsuchen, häufig viele Blütentypen gemischt stehen, zum Beispiel auf Wiesen, stört die Bienen dabei nicht weiter. Sie prägen sich nämlich nicht nur ein, dass auf dieser Wiese Nektar zu finden ist, sondern eben auch, an welchen Blüten auf dieser Wiese sie zu welcher Zeit sein müssen. Das ist Bieneneffektivität.



Eine Teilung steht an

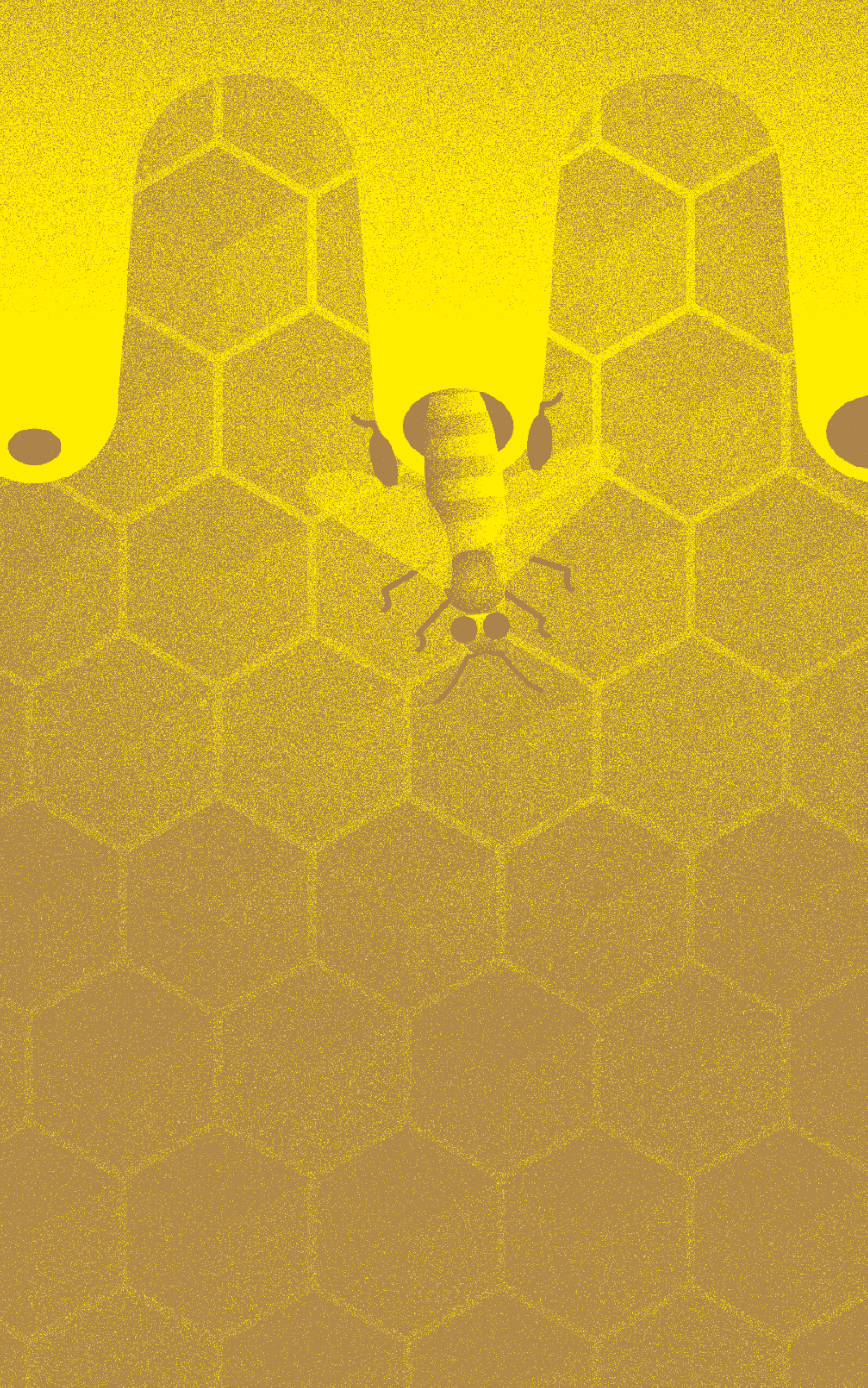
Wie die Arbeiterinnen Königinnen wachsen lassen

Wenn die Sammelbienen ausreichend Energie und Materie in den Stock einbringen, wächst das Bienenvolk immer weiter an, bis es im Nest schließlich zu eng wird. Dann muss ein Teil des Volkes zusammen mit der alten Königin eine neue Unterkunft finden, und eine neue Königin wird den alten Stock weiterführen. Die ersten sichtbaren Zeichen für die bevorstehende Teilung sind die Weiselwiegen, von denen eine bestimmte Anzahl meist am Rand der Waben angelegt wird – in ihnen werden die Arbeiterinnen »Ganztiere« heranziehen, das heißt voll geschlechtsfähige, weibliche Bienen, also: Königinnen. (Mehr zu den Weiselwiegen auf S.130 im *Steckbrief Königin*.) Die weißen Larven, die in den Weiselwiegen heranreifen, unterscheiden sich zunächst in nichts von den Larven gewöhnlicher Arbeiterinnen. Erst der spezielle Futtersaft, mit dem die Arbeiterinnen sie ernähren – bekannt auch als Gelée Royale –, und die höhere Frequenz, mit der sie die Larven füttern, lassen sie zu Königinnen heranwachsen. Sehr viel weniger verwöhnt wird die alte Königin. Die Hofstaatbienen versorgen sie jetzt immer spärlicher mit Königinnen-Futtersaft. Teilweise muss sie sich nun sogar wie die Arbeiterinnen von Honig ernähren. Das mag undankbar erscheinen angesichts der immensen Legeleistung, die sie für ihr Volk erbracht hat. Doch nur diese Schlankheitskur wird sie wieder flugfähig machen und nur so kann sie den bevorstehenden Schwarmauszug und die Suche nach einer neuen Heimstatt antreten.

Zweikämpfe werden vermieden

Vom »Tüten« und »Quaken« der Königinnen

Etwa eine Woche, bevor die erste von meist mehreren Jungköniginnen schlüpft, verlässt die alte Königin mit dem halben Volk das Nest und sucht sich eine neue Bleibe. Dieser ausziehende Schwarm wird Vor- oder Primärschwarm genannt. Begegnen sich danach zwei frisch geschlüpfte Königinnen im Nest, kommt es zum tödlichen Zweikampf. Eine der beiden bleibt auf der Strecke, Gnade wird keine gewährt. Jungköniginnen heranzuziehen, nur damit sie sich gegenseitig töten, widerspricht natürlich dem optimalen Einsatz von Ressourcen, den der Bien ansonsten pflegt. Und tatsächlich werden solche Kämpfe in der Regel dadurch vermieden, dass die erstgeschlüpfte Jungkönigin das Nest zügig verlässt. Dabei nimmt sie einen weiteren Teil des Volkes mit, den sogenannten Nachschwarm. Mitunter kommt es jedoch vor, dass eine unmittelbar nach der ersten geschlüpfte weitere Jungkönigin den Primärschwarm für ihren eigenen hält und sich ihm anschließt – dann findet der tödliche Zweikampf an einem anderen Ort statt. Um zu verhindern, dass die Jungköniginnen zu dicht aufeinanderfolgend schlüpfen, hat sich ein besonderer Mechanismus entwickelt: Die erstgeschlüpfte Königin tritt über – für Menschen deutlich hörbare – Vibrationen mit den noch ungeschlüpfen Königinnen in Kontakt, wie um sie zu warnen. Sie »tütet«, und die Ungeschlüpfen »quaken« zur Antwort, als wollten sie sagen: »Habe verstanden. Ich warte noch einen Moment mit dem Schlüpfen. Sieh du nun zu, dass du ausziehst!«



Tüten und Quaken

Wie eine Königin die andere warnt

Die Töne, mit denen die erstgeschlüpfte die noch nicht geschlüpften Jungköniginnen warnt, erinnern tatsächlich an das »Tüt-tüt« eines elektrischen Weckers und sind derart durchdringend, dass Menschen sie sogar in einiger Entfernung vom Stock noch gut hören können. Dabei sind es eigentlich gar nicht die Töne, mit denen die erstgeschlüpfte die noch ungeschlüpften Königinnen anspricht, sondern die starken Vibrationen, die sie bei ausgekoppelten Flügeln mit ihrer Flugmuskulatur erzeugt und über die Wabenkonstruktion versendet. Der Ton ist lediglich ein Nebenprodukt dieser Vibrationen. Auf das Tüten hin verharren die umstehenden Arbeiterinnen in Ruhe. Falls sie bereits begonnen haben, der nächstschlüpfenden Königin aus der Zelle zu helfen, hören sie damit auf. Auf das Tüten antwortet die noch in ihrer Weiselwiege befindliche Königin gelegentlich mit einem etwas dumpferen sogenannten Quaken. Bewiesen ist es nicht, doch es wird vermutet, dass die schlupfbereite Königin ihren Austritt aus der Weiselwiege nach Empfang der Botschaft selbst auch aktiv verzögert, um einem Zweikampf zu entgehen.





Gläserne Königin

Wieso alle den Zustand der Königin kennen

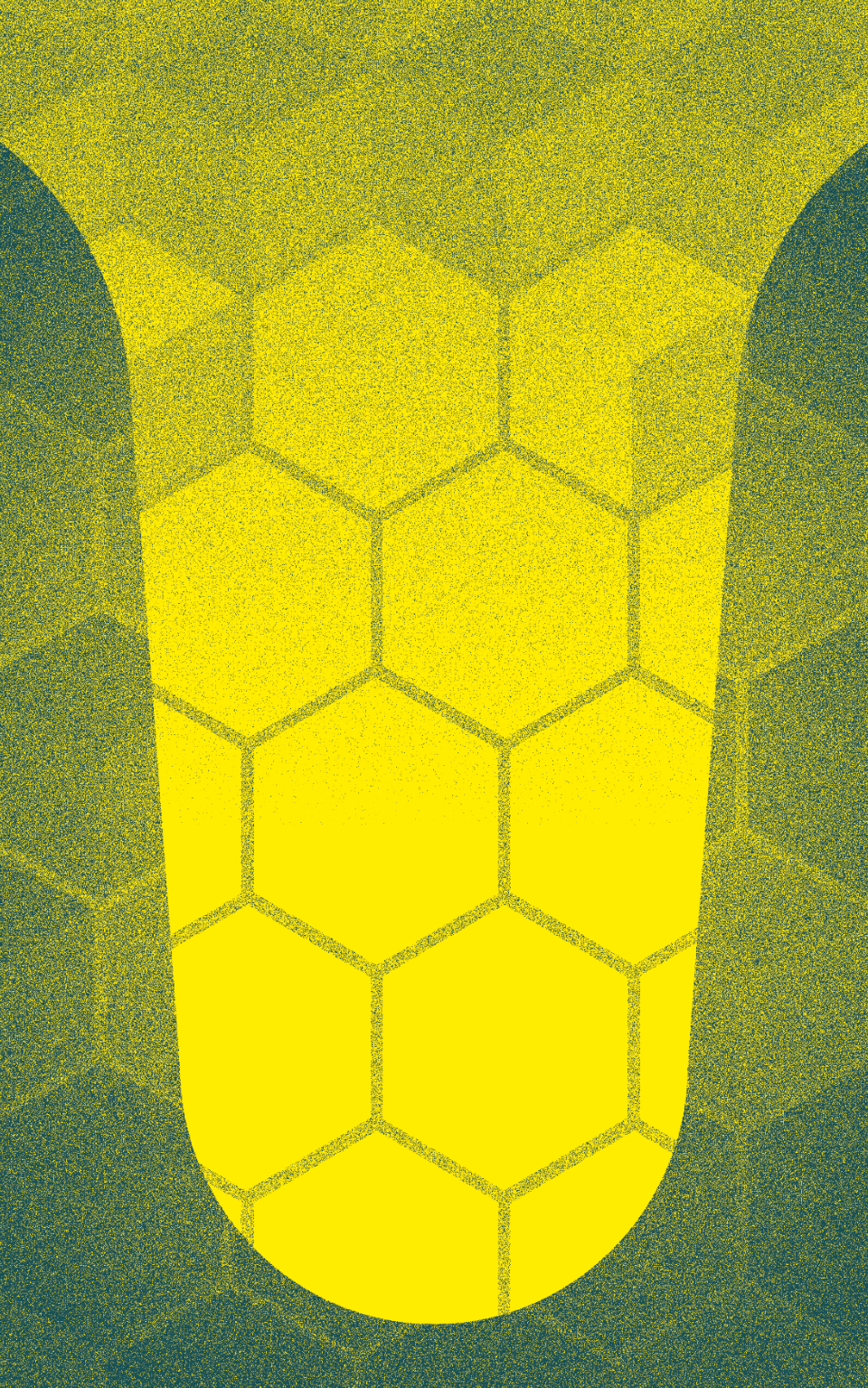
Wann die Zeit reif ist, eine Larve durch spezielle Nahrungsgabe zur Königin heranzuziehen, bestimmen die Arbeiterinnen. In der Regel beginnen sie damit, wenn eine alte Königin nach drei bis fünf Jahren im Dienst ersetzt werden soll. Eine so alte Königin produziert nur noch geringe Mengen an Königinnenpheromon. Mit diesem Botenstoff zeigt die Königin den Arbeiterinnen ihre Anwesenheit im Nest an und informiert sie zugleich über ihre Legepotenz. Hofstaatbienen pflegen und belecken die Königin unablässig und nehmen dabei den Königinnduft von deren Körperoberfläche auf. Durch ständigen Austausch von vorverdautem Futter werden die Pheromone anschließend unter allen Arbeitsbienen im Nest verteilt. So wird die Information über Anwesenheit und Zustand der Königin stetig aktualisiert. Sinkt die Konzentration des königlichen Parfüms im Nest unter einen bestimmten Wert, werden die notwendigen Weiselwiegen angelegt und Jungköniginnen herangezogen.

Perfekt sein oder gar nicht sein

Was mit ausgedienten Königinnen geschieht

Äußerliche Handicaps, die einem menschlichen Beobachter eher belanglos erscheinen, besiegeln das Aus der alten Königin, selbst wenn der Vorrat an Samen, den sie von ihrem Hochzeitsflug zu Beginn ihrer »Regentschaft« mitgebracht hat, noch hinreichend groß ist. Fehlt ihr beispielsweise ein Bein, könnte sie eigentlich problemlos weiter Eier legen und für Nachwuchs sorgen. Doch offenbar liegt die Messlatte für Königinnen so hoch, dass schon bei geringen Normabweichungen eine Nachfolgerin aufgezogen wird, mit vorhersehbarem Ausgang für die fünfbeinige Königin: Sobald die neue einsatzbereit ist, wird die alte, versehrte getötet. Manchmal geschieht es bei solchen sogenannten stillen Umweiselungen allerdings auch, dass die alte Königin nach erfolgtem Hochzeitsflug der neuen noch eine Weile unbehelligt in derselben Kolonie leben und Eier legen darf.





Notfall- Weiselwiegen

Wie das Bienenvolk sein Ende vermeidet

Die Weiselzelle, in der die Ersatzkönigin herangezogen wird, ist leicht daran zu erkennen, dass sie, anders als die Weiselwiegen zur regulären Jungköniginnenaufzucht, durch einfaches Verlängern einer regulären Wabenzelle entsteht. Außerdem hängt sie nicht am Rand der Wabe, sondern steht mitten auf ihr. Dieses Ersatzsystem funktioniert freilich nur, wenn das Volk zu diesem Zeitpunkt über kleine, zwischen anderthalb und drei Tage alte Larven verfügt. Dann hat eine dieser Larven dank Spezialfütterung eine majestätische Karriere vor sich. Die Wabe dieser einen Larve wird hektisch verlängert und zur Weiselwiege ausgebaut. In der Notsituation nach Verlust oder Verletzung der alten Königin reicht die Zeit nicht, um die Wachsdrüsen zu aktivieren, die sich am Bauch der Arbeiterinnen befinden, und mit ihnen frisches Wabenwachs herzustellen. Deshalb wird für die Notfallzellen altes Wabenwachs zusammengekratzt. Wenn die alte Königin überraschend stirbt, ohne junge Larven im Nest zu hinterlassen, bedeutet dies das Ende der Kolonie, die nun keine Königin, also kein geschlechtsreifes weibliches Tier, das Eier legt, mehr hervorbringen kann. Daher tun die Bienen alles dafür, dass es soweit erst gar nicht kommt.



Eierlegen mit Platzanweiserinnen

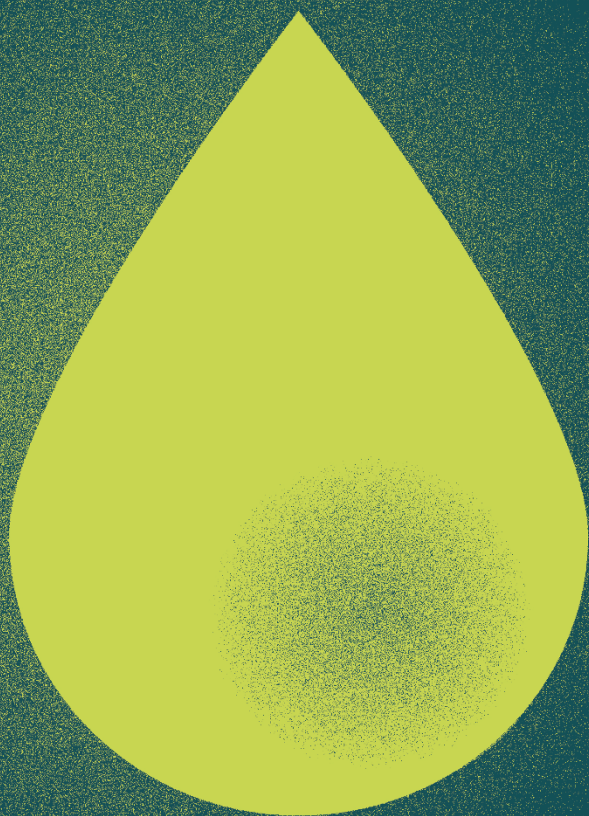
Wie die Königin 1000 Eier legt – pro Tag!

Zwischen 1000 und 2000 Eier legt eine Königin im Sommer pro Tag – also ein bis zwei Eier pro Minute! Jeden Tag setzt die Königin damit einmal ihr eigenes Körpergewicht in Eiern ab. Und das geht so vonstatten: Zunächst werden die zu füllenden Zellen von Arbeiterinnen gründlich gereinigt. Dann senkt die Königin ihren Hinterleib bis auf den Grund der einzelnen Zelle ab und legt jeweils ein Ei hinein. Wie Platzanweiserinnen helfen ihr die Arbeitsbienen dabei, sich auszurichten und ihre Hinterleibsspitze in die ausgewählte Zelle zu navigieren. Im abgelegten Ei findet nun die drei Tage dauernde Entwicklung des Embryos statt. An deren Ende verlässt eine winzige Larve die Eihülle. Und an dieser Stelle trennen sich die Wege der zukünftigen Arbeiterinnen, Drohnen und Königinnen. Alle durchlaufen zwar fünf Larvenstadien, ihr Larvendasein dauert aber unterschiedlich lang: Das der Königinnen ist mit 16 Tagen am kürzesten, die Arbeiterinnen nehmen mit 21 Tagen die Mitte ein, und das Larvenstadium der männlichen Bienen, der Drohnen, dauert mit 24 Tagen am längsten.

Zwei Seelen in der Bienenbrust

Warum die alte Königin die neue warnt

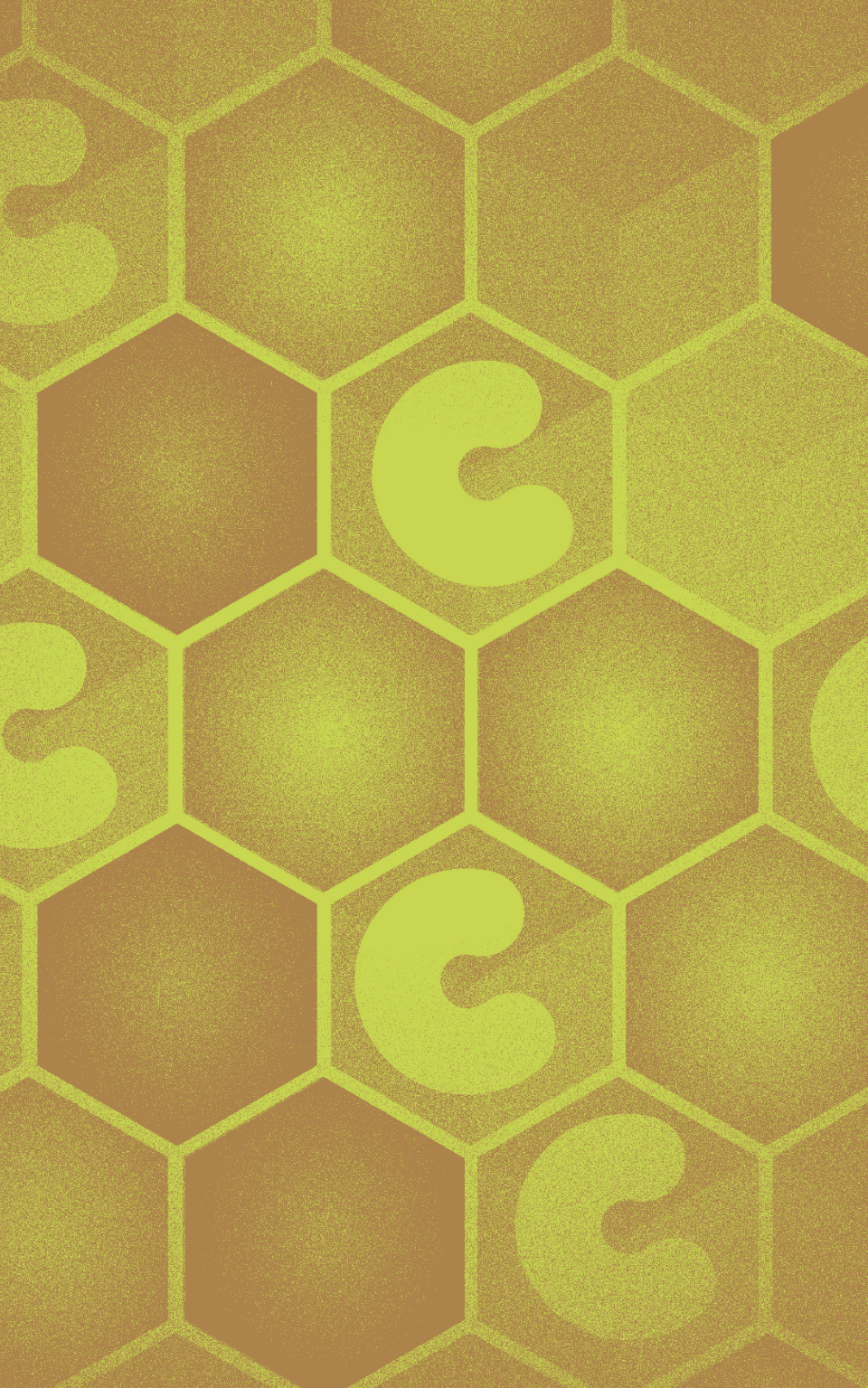
Anders als die Larven von Arbeiterinnen und Drohnen werden die Larven, die sich zu Königinnen entwickeln sollen, bis zum Schlüpfen mit Schwesternmilch gefüttert. Die Weiselwiegen hängen mit der Öffnung nach unten. Deshalb würden die Königinnenlarven herausfallen, wenn der Futtersaft nicht zugleich als Klebstoff fungieren und sie festhalten würde. Damit sich die Larve zu einer Königin entwickelt, wird sie mit einer Schwesternmilch, von Imkern auch Gelée Royale genannt, versorgt, die sich in ihrer Zusammensetzung von der unterscheidet, die Arbeiterinnen bekommen: Ein Hexose-Zuckeranteil von 35 Prozent führt zu einer Königin, Arbeiterinnenlarven erhalten nur zehnprozentige Milch. Zudem werden Königinnenlarven bis zu zehnmal häufiger aufgesucht und mit Nahrung versorgt als Arbeiterinnenlarven. Mit dem Eintritt ins Puppenstadium wird die Zelle dann schließlich mit einem Deckel verschlossen. Dass sich die Ausreifung der Königin mit einer Dauer von 16 Tagen rascher als die der Arbeiterinnen und Drohnen vollzieht, ist offenbar das evolutive Resultat eines zeitlichen Wettlaufs unter den Jungköniginnen – wer zuerst schlüpft, hat nämlich die Chance, die ungeschlüpfte Konkurrenz noch in der Weiselwiege abzustecken. Doch wenn die erstgeschlüpfte Königin dies vorhat, warum verlässt sie dann in vielen Fällen schnellstmöglich mit einem Teil des Volkes das Nest und warnt ihre Nachfolgerinnen sogar, indem sie tötet? Weil sie so zugleich in ihrem eigenen Interesse, sich gegen die Konkurrenz durchzusetzen, agieren kann und im Interesse des Volkes, dem wiederum am Überleben möglichst vieler Königinnen gelegen ist. Wir sehen, auch in einer Bienenbrust können, ach! zwei Seelen wohnen.



Ein Drohn entsteht

Wie männliche Bienen in Maxizellen großwerden

Wenn die Begattung einer neuen Königin ansteht, initiieren die Arbeiterinnen das Legen von Drohneneiern durch die Königin, also von solchen Eiern, aus denen männliche Bienen entstehen. — Wie bitte? Die Arbeiterinnen initiieren das Legen bestimmter Eier? Wie ist das möglich? Folgendermaßen: Sollen keine Drohnen erzeugt werden — die ja außerhalb der Fortpflanzungsperiode nur unnütze Fresser wären —, dann bauen die Arbeiterinnen Zellen mit einem Durchmesser von 5,2 bis 5,4 Millimetern. Sollen Drohnen erzeugt werden, dann kommen am Rand des Nestes einige Tausend Zellen mit einem Durchmesser von 6,2 bis 6,4 Millimetern hinzu. Die Königin ertastet den Durchmesser mit ihren Vorderbeinen. Stößt sie dabei auf eine Zelle mit kleinem Durchmesser, legt sie ein befruchtetes Ei hinein. Dazu lässt sie aus dem Spermiovorrat, den sie auf ihrem Hochzeitsflug gesammelt hat, einige wenige Spermien zur Eizelle durch und stellt damit die Weichen für eine Arbeiterin. Stößt sie aber auf eine Zelle im Maxiformat, legt sie ein unbefruchtetes Ei hinein, aus dem ein Drohn wächst. Pro Sommer bringt ein Bienenvolk mehrere Tausend Drohnen hervor. Von diesen kommen aber, wenn überhaupt, nur wenige Dutzend zur Paarung — und die, die es schaffen, bezahlen dafür auf der Stelle mit dem Leben.





Mystische Versammlung

Wie die Drohnen Orte wiederfinden,
an denen sie nie zuvor waren

Bienen lassen sich beim Sex nicht leicht beobachten, daher ranken sich um den Paarungsakt viele Spekulationen, und den Orten, an denen die Hochzeiten stattfinden, den Drohnensammelplätzen, haftet etwas Mystisches an: Jahr für Jahr finden sich die männlichen Bienen an denselben alten Plätzen ein — an denen sie zuvor nie waren, da sie ja gerade erst zur Welt gekommen sind! An den Sammelplätzen brausen sie zu Tausenden dicht gedrängt durch die Luft und warten auf das Eintreffen der Jungkönigin. Obwohl kaum verstanden ist, wie und warum die Drohnen, die etwa eine Woche nach dem Schlüpfen geschlechtsreif werden, an diesen Orten zusammenkommen und wie die Jungkönigin sie dort findet, gibt es doch einige Anhaltspunkte: Drohnensammelplätze werden in vielen Regionen der Welt beobachtet — aber nicht in allen. Das weist darauf hin, dass sie nur dort vorkommen, wo das Gelände dazu taugt, und dass es zur Not auch ohne sie geht. Dort aber, wo es sie gibt, funktionieren die Versammlungen immer auf dieselbe Art ...

Wandernde Wolke

Die Königin wird erwartet

Drohnensammelplätze erstrecken sich über Flächen mit Durchmessern von 30 bis 200 Metern. Offenbar sind es optische Eigenheiten der Landschaft, von denen die Drohnen angezogen werden – Auffälligkeiten in der Horizontsilhouette, wie exponierte Bäume, dunkle Objekte vor hellem Himmel oder helle Lücken in dunkler Front. Auch Wasserläufe, ober- und unterirdisch, scheinen als Leitlinien zu dienen. Die massive, fliegende Drohnenkonzentration kann rasch über die Landschaft wandern, Drohnenballungen sind zu sehen, lösen sich auf, bilden sich kurze Zeit später woanders, verschwinden wieder und tauchen an dritter Stelle erneut auf – vielleicht auch, um mögliche Räuber optisch abzuschrecken? Wie um sicherzustellen, dass die Königin ihnen nicht entgehen kann, wenn sie eintrifft, überziehen die Drohnen die Landschaft am Sammelplatz jedenfalls mit einem engmaschigen Netz, das sich hin und wieder zu Knoten verdichtet.





Der Paarungsflug

Wie die Königin sechs Millionen Samenzellen sammelt

Im Alter von etwa einer Woche verlässt die jungfräuliche Königin das Nest für den Paarungsflug. Der dauert meist nur wenige Minuten, gelegentlich aber auch bis zu einer Stunde. Danach kehrt die Königin auf direktem Weg ins Nest zurück. Eine Königin kann ihre Kolonie für einen oder mehrere solcher Paarungsflüge verlassen. In jedem Fall betreibt sie das Spiel so lange, bis die Samenvorratsblase in ihrem Hinterleib bis zum Rand mit Spermien gefüllt ist. Ein einzelner Drohn kann bis zu elf Millionen Samen beisteuern. Doch mit maximal sechs Millionen Samenzellen nimmt die Königin am Ende des Hochzeitsfluges nur etwa zehn Prozent der in sie injizierten Spermien dauerhaft in ihre Samenvorratsblase auf. Dort halten sie sich über das gesamte mehrjährige Leben der Königin frisch: eine natürliche Samenbank, aus der sie bis zu 200.000 Eier befruchtet — pro Jahr!



Programmierter Lustselbstmord

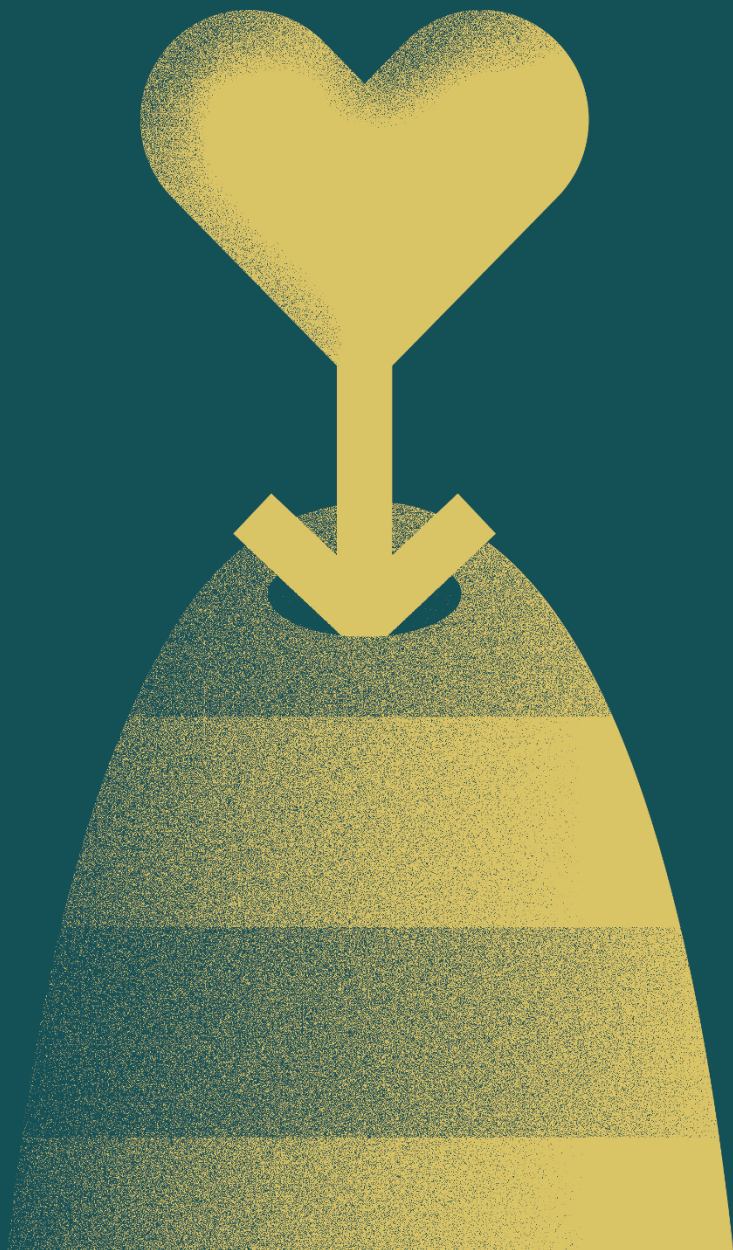
Wie der Drohn bei der Paarung stirbt

Im Innern des Nestes leben die jungfräuliche Königin und die Drohnen ohne jedes gegenseitige Interesse nebeneinander her. Ganz anders aber im freien Feld! Dort bringt die Königin die Drohnen mit hochwirksamen Pheromonen buchstäblich um den Verstand. Vom späten Vormittag bis zur Mitte des Nachmittags — also im selben Zeitfenster, in dem auch die Königin das Nest verlassen wird — schwärmen auch die Drohnen aus. Da sie nicht wissen können, an welchem Tag genau die Königin ausfliegen wird, tun sie dies über einige Wochen hinweg Tag für Tag. Ist die Königin schließlich am Drohnensammelplatz eingetroffen, wird sie von mehreren männlichen Bienen begattet. Animiert von dem Lockduftstoff aus den Mandibeldrüsen der Königin, nähern sich ihr die Begatter gegen den Wind. Haben sie die Königin schließlich ins Auge gefasst, verfolgen sie, jetzt optisch geleitet, ihr Ziel wie an einem Faden gezogen in raschem Flug. Wenn sie die Königin erwischen, ergreifen sie sie mit den Beinen und koppeln mechanisch ihr Begattungsorgan an sie an. Anschließend stülpen sie den Endophallus zu etwa 50 Prozent aus und hängen dann gelähmt an der Königin. Die eigentliche Vollausstülpung des Endophallus und die Übertragung des Spermas bewerkstelligt die Königin selbst durch Kontraktion ihrer Hinterleismuskulatur. Nicht selten explodieren die Drohnen nach der Vollausstülpung mit einem unter Umständen hörbaren Knall in der Luft — doch ob laut oder leise, das Aufplatzen ihres Hinterleibs tötet sie auf der Stelle.

Das Begattungszeichen

Wie der abgelöste Exophallus neue Drohnen anlockt

Der als Endophallus bezeichnete Teil des männlichen Geschlechtsorgans bleibt nach der Paarung und dem Tod des Drohns zunächst in der Königin stecken — als für die anderen Drohnen gut sichtbares »Begattungszeichen«. Es besteht aus dem Schleim der Mucosdrüsen, den Chitinspannen des Endophallus und einem orangefarbenen, klebrigen und UV-Licht reflektierenden Belag, der Cornua. Das feststeckende Begattungszeichen ist aber nicht etwa ein Keuschheitsgürtel, der den nachfolgenden Drohnen den Zugang in die Königin versperren soll, im Gegenteil: Mit seinem Duft und seinen optischen Eigenschaften — er reflektiert das Sonnenlicht besonders gut im ultravioletten Bereich, in dem der Sehsinn der Drohnen sehr empfindlich ist — lockt er weitere Drohnen an. Der nächste Drohn entfernt den Verschluss, so muss man vermuten, um ihn gleich wieder durch sein eigenes Siegel zu ersetzen ... und dabei ebenfalls das Leben zu lassen.



Schutzlos im Freien?

Vom gefährlichen Ausflug der Königin

Die Paarung in der Luft ist für die Jungkönigin und damit für die gesamte Kolonie äußerst riskant. Bienen im Flug sind ein begehrtes Ziel für Räuber, darunter nicht nur Spezialisten wie der Bienenwolf, eine Wespenart, deren Weibchen einzelne Bienen fangen und als Proviant für ihre Larven in Erdröhrchen stecken. Auch zahlreiche Vögel fangen Honigbienen — im Laufe der Evolution haben sie gelernt, wie sie gefahrlos mit den Giftstacheln der Insekten umgehen. Soll bei all diesen Bedrohungen die einzige Jungkönigin, dieser dünne Faden, der die Kolonie mit ihrer Zukunft verbindet, und kostbares Resultat der gemeinsamen Anstrengung aller Bienen im Volk, vollkommen allein in die gefährvolle Welt außerhalb des Nestes geschickt werden? Schwer vorstellbar, dass der Superorganismus Bien, der für jede denkbare Problematik die optimale Lösung hervorgebracht hat, ausgerechnet für diesen Schlüsselmoment keinen sicheren Weg gefunden haben soll. Was also könnte die Lösung sein? Zur Zeit der Paarungsflüge finden sich regelmäßig Arbeiterinnen zu sogenannten Vorspielwolken vor dem Stock zusammen — ist es denkbar, dass diese Ansammlungen eine Rolle beim Schutz der Königin spielen?





Der Vorspielschwarm

Vom Schutztrupp der Königin

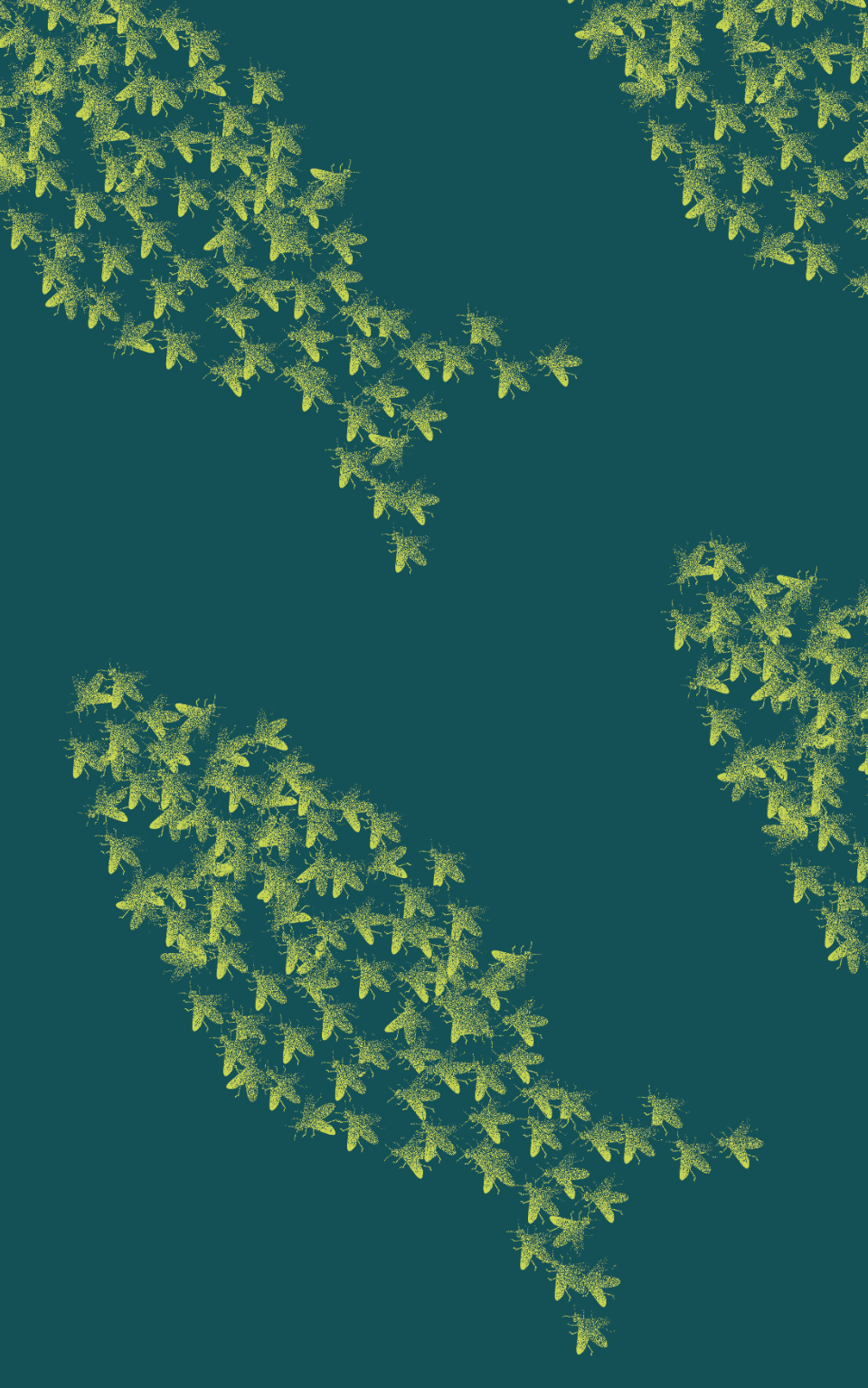
Sogenannte Vorspielschwärme vor dem Bienennest treten stets gegen Mittag und nur dann auf, wenn auch die Drohnen fliegen. In diesen Schwärmen finden sich zwar auch Jungbienen, aber nicht in größerer Anzahl, als sie auch außerhalb der Vorspielzeiten zu Orientierungsflügen im Freien unterwegs sind. Den größten Teil der vorspielenden Bienen stellen stattdessen betagte und erfahrene Flugbienen, darunter nicht wenige sehr alte mit Flügeldefekten und abgewetztem Borstenbesatz. Manche von ihnen kommen direkt von der Arbeit, wie man an ihren Pollenhöschchen oder am vollen Honigmagen erkennen kann, der sich an gefangenen Bienen sanft ausdrücken lässt. Beobachtung und Experiment brachten weitere Erkenntnisse: Kreiert man Völker, die man über Wochen ohne Königin hält und denen man regelmäßig genauso viele Jungbienen zusetzt wie zur Welt kommen, wenn sich eine Königin im Nest befindet, dann treten keine Vorspielwolken auf. Wird dem Volk anschließend eine jungfräuliche Königin zugeführt, lassen sich vom ersten Tag an wieder Vorspielflüge beobachten. All das weist auf einen Zusammenhang der Vorspielwolken mit dem Hochzeitsflug der Königin hin. Doch welche Rolle spielen diese Schwärme für die Paarung genau?

Die Eskorte

Wie die Königin das Nest nur in Begleitung verlässt

Ein geduldiger Beobachter kann den Moment erwischen, in dem die Jungkönigin auf Hochzeitsflug geht: Umringt von bis zu zwanzig Arbeiterinnen verlässt sie das Nest zu Fuß bis vor die Haustür. Vor dem Flugbrett steht der Vorspielschwarm in der Luft. Draußen angekommen, fliegen die Königin und ihre Eskorte ohne Verzögerung los. Dabei fällt auf, dass mit der abfliegenden Königin und ihrem Begleittrupp auch die vorspielenden Bienen im Feld verschwinden. Und kehrt die Königin später heim, ist auch der Vorspielschwarm wieder da. Was genau passiert dort draußen im Feld? Und welche Rolle spielen die Arbeiterinnen bei der Paarung? Die Bienenforschung hat die Antworten darauf noch nicht gefunden, da die nötigen Beobachtungen extrem schwer anzustellen sind. Leicht zu beobachten ist dagegen, dass sich die Königin nach ihrer Landung auf dem Flugbrett, wieder in Tuchfühlung mit einer Gruppe von Arbeiterinnen, sofort ins Innere des Nestes zurückzieht. Auch viele Bienen der Vorspielwolke, die mit der Rückkehr der Königin neu entstanden ist, begeben sich in den Stock, und der Vorspielzauber verzieht sich. Findet kein Ausflug der Königin statt, löst sich die Vorspielwolke nach spätestens einer halben Stunde auf, um am folgenden Tag wieder zu erscheinen – so lange, bis die Paarungszeit zu Ende ist.

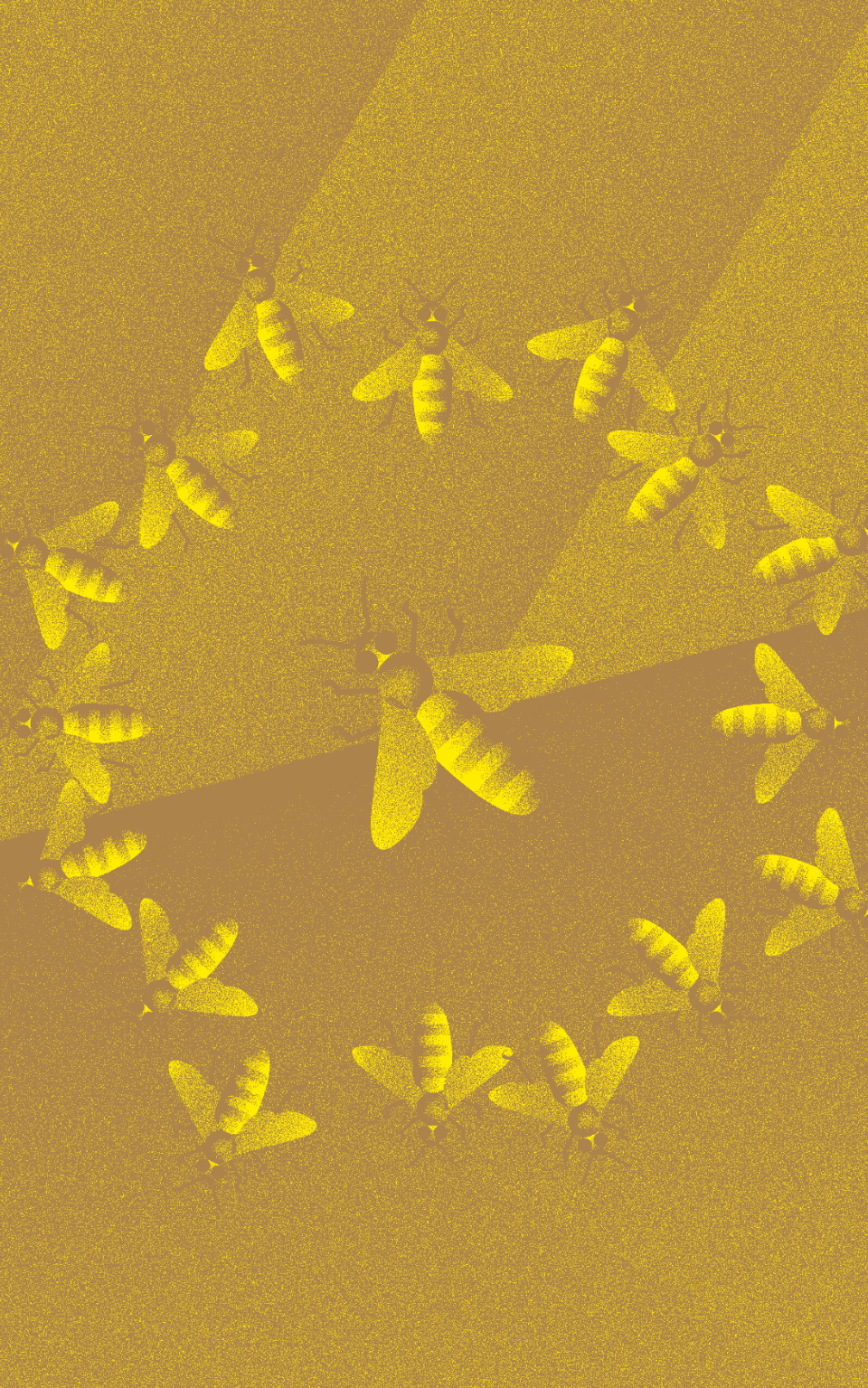




Der Heringsschwarmeffekt

Wie sich die Bienen größer
machen als sie sind

Was könnte die Funktion der kleinen Eskorte der Königin und des Vorspielschwarms während des Hochzeitflugs sein? Die Königin selbst kennt die Umgebung ihres Stockes überhaupt nicht oder von ihren wenigen Orientierungsflügen her nur schlecht. Alte Sammelbienen dagegen kennen die Umgebung wie ihre Pollentasche und könnten die Königin leiten. Jungköniginnen sind für das Bienenvolk das Wertvollste, was es hervorbringen kann, daher sollte es gut auf sie aufpassen. Eine hungrige Kohlmeise, die von einem fliegenden, sich dunkel gegen den hellen Himmel absetzenden königlichen Leib angelockt wird, könnte den Jahresfortpflanzungserfolg einer ganzen Kolonie auf einen Schlag zunichtemachen. Flüge in der Gruppe bieten also nicht nur Orientierungshilfe, sondern auch Schutz durch den sogenannten Heringsschwarmeffekt: Die Menge dicht gedrängter Bienen erzeugt den Eindruck eines größeren Tieres, an das sich die Kohlmeise nicht heranwagt. Und je mehr Arbeiterinnen die Königin begleiten, desto größer ist logischerweise der Schutzeffekt.



Die Türsteherinnen

Wie die Arbeiterinnen nur manche Drohnen vorlassen

Womöglich aber haben die Arbeiterinnen der Eskorte eine noch aktivere Rolle beim Fortpflanzungsgeschäft inne als nur die, der Königin Geleitschutz und Orientierungshilfe zu geben. Wird im Experiment eine empfängnisbereite Königin im freien Feld auf einem Blatt ausgesetzt und fliegt nicht sofort weg, dann lässt sich beobachten, dass sie nur wenige Minuten später – selbst mehrere Hundert Meter vom nächsten Bienenstock entfernt – von einer kleinen Gruppe aus Arbeitsbienen umringt ist. Stellen sich später Drohnen ein, um die Königin zu begatten, werden einzelne von ihnen von den Arbeitsbienen höchst aggressiv angegangen, vertrieben und sogar auf der Flucht verfolgt. Diese Verfolgungsflüge sind nur schwer von den Flügen »Drohn jagt Königin« zu unterscheiden, wenn man ihre Entstehung nicht lückenlos verfolgt hat. Daher ist unklar, ob diese »Arbeiterin jagt Drohn«-Verfolgungen die Ausnahme oder die schwer zu beobachtende Regel sind. In jedem Fall hätte die Arbeiterinneneskorte mit ihnen die Möglichkeit, bestimmten Drohnen die Kopulation mit der Königin zu erlauben und anderen nicht. Nach welchen Kriterien Drohnen durchgelassen oder verjagt werden, ist bislang unverstanden.

Steckbrief Drohn

Vom kurzen Leben der männlichen Bienen und ihrem Ende in der Drohnenschlacht

Die Aufzucht von Drohnen wird von den Arbeiterinnen eingeleitet, indem sie größere Zellen bauen als für Arbeiterinnenlarven. Diese Zellen werden von der Königin erkannt und mit unbefruchteten Eiern bestiftet. Das Larvenstadium des Drohns dauert länger als das der Arbeiterinnen und Königinnen, der Drohn ist größer und kräftiger als die Arbeiterinnen und verfügt über leistungstärkere Facettenaugen — die er benötigt, um die Jungkönigin im Flug zu erkennen und zu verfolgen. Jeden Sommer, zur Schwarmzeit von April bis August, zieht ein Volk mehrere Tausend männliche Tiere auf, von denen nur ein Bruchteil die Gelegenheit bekommt, eine Jungkönigin zu begatten. Auf die zehn Jungköniginnen, die eine Kolonie im Extremfall entlassen kann, kommen in einem Volk in der Regel etwa 2000, im Maximalfall 10.000 Drohnen. Drohnen besitzen keinen Stachel und gehen keiner der Tätigkeiten nach, die Arbeiterinnen verrichten. Bis zur Paarung werden sie von den Arbeiterinnen mit Nahrung versorgt. Da ihr einziger Zweck jedoch in der Begattung der Königinnen liegt, werden sie mit der Paarung überflüssig und bekommen von da an kein Futter mehr. In der sogenannten Drohnenschlacht werden sie von den Arbeiterinnen gebissen und aus dem Nest gedrängt. Weil sie selbst keinen Nektar aus Blüten aufnehmen können, verhungern sie schließlich im Freien.



Steckbrief Königin

Vom langen Leben einer machtlosen Herrscherin

Die Königin, auch Weisel genannt, lebt ein für Bienenverhältnisse unerhört langes Leben, nämlich drei bis vier Jahre. Am Anfang steht ein ganz gewöhnliches befruchtetes Ei, aus dem eine Arbeiterin werden würde, wenn es nicht in eine besonders große, eigens für diesen Zweck gebaute Zelle gelegt würde — die sogenannte Weiselzelle. An der Größe dieser Zelle erkennen die Arbeiterinnen, dass dem Ei eine besondere Behandlung zugedacht ist, und füllen sie mit Gelée Royale, bis die Larve förmlich darin schwimmt. Auch später stellen sie die Ernährung nicht auf Pollen und Honig um, sondern ernähren die auserwählte Larve weiterhin ausschließlich mit dem königlichen Gallert. Und so bleibt es auch, wenn die Königin geschlüpft ist: Bis zu ihrem Lebensende wird sie mit Gelée Royale gefüttert. Mit einem Gewicht von etwa 200 Milligramm und einer Länge von 18 bis 22 Millimetern ist sie deutlich schwerer und größer als die Arbeiterinnen. Wie diese verfügt sie über einen Stachel, den sie verwendet, um Rivalinnen zu töten. Bei ihrem Hochzeitsflug nimmt sie etwa sechs Millionen Spermazellen auf und legt im Laufe ihres Lebens mehr als eine Million Eier. In ihren Mandibeldrüsen an den Mundwerkzeugen produziert sie ein Pheromongemisch — die sogenannte Königinnsesubstanz. Die Hofstaatbienen nehmen diesen Duft fortwährend auf, wenn sie die Königin füttern und putzen, und geben ihn anschließend durch Nahrungsaustausch oder bloße Berührung an andere Bienen weiter. So verteilt sich der Königinnseduft im gesamten Nest und informiert das Volk über die Anwesenheit und den Zustand der Königin. Mit abnehmender Fruchtbarkeit wird auch der Königinnseduft schwächer und das Volk wird sie ersetzen.



Epilog

Besonders in der heutigen Zeit, die viele Wissenschaftler das Anthropozän – das Erdzeitalter des Menschen – nennen, hat uns die Honigbiene viel zu sagen.

Der moderne Mensch, *Homo sapiens*, existiert seit etwa 300.000, die Honigbiene (Gattung *Apis*) seit mindestens 23 Millionen Jahren. Und obwohl der Insekten-Superorganismus Bienenvolk und der Säuger *Homo sapiens* mehr miteinander gemein haben, als man vermuten mag – beispielsweise schaffen sich beide von der unberechenbaren Umwelt weitgehend unabhängige Nischen, deren interne Bedingungen sie sich ideal einstellen –, lebt die Honigbiene seit Anbeginn ihrer Existenz im Einklang mit ihrer natürlichen Umgebung. Der *Homo sapiens* dagegen hat bereits vor seiner Sesshaftwerdung vor etwa 10.000 Jahren das Gleichgewicht etlicher Land- und Meeresbiotope radikal gestört, und jüngst sogar das der Erdatmosphäre. Womit er nicht nur sein eigenes, sondern das Fortbestehen einer ungeheuren Anzahl von Lebensformen in Gefahr bringt.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage: Was können wir vom Bienenvolk und seinen biologischen und sozialen Erfolgskonzepten lernen? Auch wenn diese Frage nicht der rote Faden unseres Buches ist, so soll sie doch im Hintergrund präsent sein, wenn wir einen Einstieg in die Wunderwelt der Honigbiene eröffnen.

Mithilfe der Honigbiene können wir verstehen, wie vernetzt das Zusammenleben von Tier- und Pflanzenspezies in ökologischen Systemen und wie wichtig die Erhaltung jeder einzelnen Art für die Aufrechterhaltung der globalen Biodiversität ist. Und wem die Artenvielfalt – und damit auch Schönheit – einer Blumenwiese kein ausreichendes Argument ist, den mag vielleicht interessieren, dass die Qualität des Rindfleisches auf seinem Teller mit der Anwesen-

heit von Honigbienen, die für die Pflanzenvielfalt auf der Weide sorgen, nachweislich steigt.

Die Honigbiene hat im Laufe ihres Daseins, ganz gegenläufig zu uns, die Artenvielfalt nicht dezimiert, sondern im Zusammenspiel mit anderen Spezies sogar enorm erhöht. Denn was als Koevolution mit bestimmten Pflanzenarten begann, ermöglichte wiederum die Ausbildung von weiteren Insektenarten, die von Blütenpflanzen und deren Produkten leben, von Tierarten, die sich von diesen Insekten ernähren usw. Gäbe es die Möglichkeit, dass auch wir uns von einer artendezimierenden zu einer artenfördernden Spezies wandeln? Vielleicht können wir im Studium der Honigbiene eine Antwort darauf finden.

Die Honigbiene lässt uns auch, ohne die Errungenschaften des Humanismus infrage zu stellen, darüber sinnieren, wieviel und welche Form von Individualismus, Selbstverwirklichung und Streben nach persönlichem Glück sich mit einem Leben im Einklang mit der natürlichen Umgebung vereinbaren lässt.

Gleichzeitig braucht unser Mitgeschöpf Honigbiene unsere Hilfe. In Zeiten, in denen landwirtschaftliche Monokultur, Pestizide, Parasiten und Klimawandel den Bienen zu Leibe rücken, müssen wir sie schützen. Dazu bedarf es einer ganzheitlichen Betrachtung der Honigbiene und einer engen Zusammenarbeit zwischen Forschung und Imkerei.

Unterstützen wir die Honigbiene, so unterstützen wir uns selbst.

Die Autoren

Jürgen Tautz ist Professor am Biozentrum der Julius-Maximilian-Universität Würzburg und Leiter des dortigen HOBOS-Teams. Als Wissenschaftler verfolgt er mit seinem Team zwei Ziele: die Grundlagenforschung zur Biologie der Honigbiene und die Vermittlung des Wissens um die Biene an eine breite Öffentlichkeit. Die von ihm 2011 ins Leben gerufene Lern-, Lehr- und Forschungsplattform HOBOS (www.hobos.de) und das 2018 gegründete und künftig weltweit ausgerollte Netzwerkprojekt »we4bee« sind Synthesen seiner Forschungen und seiner Aktivitäten als Wissenschaftsvermittler, für die er 2012 mit dem Communicator-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft ausgezeichnet wurde.

Tobias Hülswitt ist freier Autor und Wissenschaftsvermittler. Nach einer Ausbildung zum Steinmetz studierte er am Deutschen Literaturinstitut Leipzig und ist als Betreiber der Wissensshow (www.wissensshow.de) seit 2008 als Moderator, Konzeptentwickler und Veranstaltungsdesigner für Kulturinstitutionen wie das Goethe-Institut und die Kulturstiftung des Bundes, aber auch für Forschungseinrichtungen wie die Helmholtz-Forschungsgemeinschaft u. a. tätig. Er veröffentlichte zudem mehrere Romane und Sachbücher u. a. bei Kiepenheuer & Witsch und Suhrkamp.

Sina Schwarz ist Kommunikationsdesignerin und arbeitet seit 2008 als Art Direktorin bei der Berliner Designagentur Novamondo. Sie beschäftigt sich leidenschaftlich mit der gestalterischen Übersetzung von komplexen, wissenschaftlichen Themen. Dabei legt sie größten Wert darauf, so zu gestalten, dass Verständnis und echtes Interesse entstehen können. Für die Leibniz-Gemeinschaft, Max-Planck-Institute und zahlreiche nationale und internationale Bildungseinrichtungen hat sie u. a. in den Bereichen Corporate und Editorial Design vielfach ausgezeichnete Arbeiten (u. a. mit dem Red Dot, IF Design und dem ECON Award) entwickelt.

Quellennachweis

Jürgen Tautz, Phänomen Honigbiene, Spektrum Akademischer Verlag,
Berlin Heidelberg 2007/2012

Jürgen Tautz, Die Erforschung der Bienenwelt, Neue Daten — neues Wissen,
Audi Stiftung für Umwelt, Klett MINT GmbH 2015

<https://www.br.de/themen/wissen/polarisation-polarisiertes-licht-100.html>
Zugriff: 28.9.2016

https://de.wikipedia.org/wiki/Westliche_Honigbiene#cite_ref-2
<http://blog.zeit.de/teilchen/2016/05/19/drohnen-mini-roboter-insekten/>
8.9.2016
Zugriff: 28.9.2016

https://de.wikipedia.org/wiki/Westliche_Honigbiene#cite_ref-2
Zugriff: 28.9.2016

https://de.wikipedia.org/wiki/Westliche_Honigbiene#K.C3.B6rperbau
Zugriff: 28.9.2016

www.digitalefolien.de/biologie/tiere/insekt/biene/entw.html
Zugriff: 4.10.2016

Stichwortverzeichnis

A

Abnehmerbiene	13, 19, 56
Ägypten	01
Ammenbiene	08, 13, 55

B

Baubiene	13
Bien	07, 08, 10, 14, 20, 61, 92, 118
Bienenbrot	55
Blütenkonstanz	siehe Blütenstetigkeit
Blütenstetigkeit	79
Brauseflug	44, 46

C

Cuevas de la Araña	01
--------------------	----

D

Drohn	07, 73, 103, 104, 106, 109, 110, 113, 115, 116, 121, 127, 128
Drohensammelplatz	109, 110
Drohenschlacht	128

E

Endophallus	115, 116
Eskortbiene	73, 122, 125, 127

F

Facettenaugen	73, 128
Farbsehsinn	32, 68, 70, 73, 74

G

Ganztier	91
Gelée Royale	08, 91, 104, 130
Geruchssinn	44, 77, 85
Globalisierung	05

H

Heizerbiene	08, 13
Heringsschwarmeffekt	125
Hieroglyphen	02
Hochzeitsflug	73, 98, 106, 113, 121, 122, 125, 130
Hofstaat	91, 97, 130
Honig	53, 56, 67
Honigmagen	53, 56, 58, 67, 74, 121

I

Ideale Futterquelle	37
---------------------	----

J

Jungkönigin	08, 92, 94, 97, 104, 109, 118, 122, 125, 128
Juvenilhormon	67

K

Kilometerzähler	31, 34
Königin	07, 13, 62, 73, 91, 92, 94, 97, 98, 101, 103, 104, 106, 110, 113, 115, 116, 118, 121, 122, 125, 127, 128, 130
Königinnenlarve	104
Königinnenpheromon	97, 130
Körpertemperatur	08

L

Labyrinth	80
Landwirtschaft	V, 05

M

Mandibeldrüsen	115, 130
Mäuse	02
Mehring, Johannes	07
Monopolbildung	05
Mumie	02

N

Nachschwarm	92
Nachtänzerin	38, 41
Nasanovdrüse	46
Nektar	13, 14, 19, 37, 49, 53, 56, 58, 61, 62, 67, 79, 82, 89, 128

P

Pfadfinderbiene	14, 17, 19, 20, 37, 43
Polarisationsmuster	86
Pollen	13, 14, 53, 55, 56, 62, 65, 79, 130
Pollenhörschen	55, 121
Primärschwarm	73, 92
Propolis	V, 01, 02, 53

Q

Quaken siehe Tüten

R

Reservebiene	14, 65
Rundtanz	20, 22

S

Sammelwagen siehe Honigmagen

Säugetier	07, 08, 10
Schlaf	50
Schwänzeltanz	20, 22, 25, 26, 29, 31, 32, 34, 37, 38, 41
Schwerkraft	26, 29, 31, 38
Schwesternmilch	08, 55, 104
Selbstorganisation, dezentrale	65
Sozialer Uterus	08, 10
Spermien	106, 113, 115, 130
Spitzwegerich	73
Stachellose Honigbiene	29
Superorganismus	05, 07, 118, 132

T

Tandemlandung	44
Tanzboden	19, 41
Täuschtunnel	32
Tüten	92, 94, 104

U

Ultraviolette Muster	56, 68, 86
Umweiselung	98

V

Vorspielschwarm	118, 121, 122
Vorspielwolke	siehe Vorspielschwarm

W

Wachsdüse	13, 101
Wachsziegel	13
Wächterbiene	13
Weisel	siehe Königin
Weiselwiege	91, 94, 97, 101, 104, 130
Wheeler, William Morton	07
Winterbiene	14, 67
Wirbeltier	07

Z

Zeitsinn	89
Zellrandnetz	41