

# Inhalt

## **Prolog: Das Bienenvolk – ein Säugetier in vielen Körpern** 3

Eigenschaften, auf denen die Überlegenheit der Säugetiere beruht, finden sich in gleicher Zusammenstellung auch im Superorganismus Bienenstaat.

## **Das kleinste Haustier des Menschen – ein Steckbrief in Bildern** 11

Die Honigbiene ist nicht nur ein faszinierendes evolutionsbiologisches Erfolgsmodell, sondern durch ihre Bestäubungsleistung auch von überragender ökonomischer und ökologischer Bedeutung.

## **1. Wären Honigbienen vermeidbar gewesen?** 29

Die Lebensform der Honigbienen musste in der Evolution unter geeigneten Voraussetzungen entstehen.

## **2. Die vermehrte Unsterblichkeit** 37

Die gesamte Biologie der Honigbienen ist darauf ausgelegt, der Umwelt Materie und Energie zu entnehmen und so zu organisieren, dass daraus Tochterkolonien von höchster Qualität entstehen. Diese zentrale Einsicht ist der Schlüssel zum Verständnis der erstaunlichen Errungenschaften und Leistungen der Honigbienen.

### **3. Die Honigbiene – ein Erfolgsmodell** 53

Honigbienen sind eine extrem artenarme Gruppe, aber ihr gestaltender und erhaltender Einfluss auf Biotope ist überragend.

### **4. Was Bienen über Blüten wissen** 71

Die Sehwelt und die Duftwelt der Bienen, ihre Orientierungsfähigkeit und ein Großteil ihrer Kommunikation drehen sich um ihre Beziehung zu den Blütenpflanzen.

### **5. Bienensex und Brautjungfern** 113

Der Sex der Honigbiene ist ein Bereich ihrer Privatsphäre, über die wir noch immer mehr spekulieren als wissen.

### **6. Schwesternmilch – Designerfood im Bienenvolk** 139

Die Larven der Honigbienen ernähren sich von einem Drüsensekret der erwachsenen Bienen, dessen Funktion der Muttermilch von Säugetieren entspricht.

### **7. Das größte Organ der Bienenkolonie – Wabenbau und Wabenfunktion** 155

Eigenschaften der Waben sind integraler Bestandteil des Superorganismus und tragen damit zur Soziophysiologie des Bienenvolkes bei.

<b>8. Erbrütete Klugheit</b>	203
<p>Die Brutnesttemperatur ist eine Regelgröße in der bienengeschaffenen Umwelt, mit der die Bienen Eigenschaften ihrer kommenden Schwestern beeinflussen.</p>	
<b>9. Honig ist dicker als Blut – oder: Wie wichtig sind Verwandte?</b>	233
<p>Die engen Verwandtschaftsverhältnisse in einem Bienenvolk sind Folge, aber nicht Ursache ihrer Staatenbildung.</p>	
<b>10. Die Kreise schließen sich</b>	247
<p>Der Superorganismus Bienenstaat ist mehr als die Summe aller seiner Bienen. Er besitzt Eigenschaften, die man bei den einzelnen Bienen nicht findet. Umgekehrt bestimmen und beeinflussen Eigenschaften der gesamten Kolonie im Rahmen ihrer Soziophysiologie viele Eigenschaften der Einzelbienen.</p>	
<b>Epilog: Ausblicke für Biene und Mensch</b>	271
<b>Literatur</b>	274
<b>Bildnachweis</b>	274
<b>Index</b>	275

## Vorwort

Honigbienen faszinieren den Menschen, seit es geschriebene Geschichte gibt und vermutlich schon sehr viel länger. Als Lieferanten von Honig sind Bienen seit jeher geschätzt, aber auch das Wachs als Naturstoff war bereits sehr früh von überragender Bedeutung. Das geordnete Zusammenleben Tausender von Bienen in einem Volk übte eine ebenso große Faszination aus wie die eindrucksvoll regelmäßigen geometrischen Muster ihrer Waben. Dem modernen Menschen dienen die Honigbienen nicht nur als eifrige Mitarbeiter in der Landwirtschaft, sondern auch als Indikatoren für den Zustand unserer Umwelt und als Zeugen für ein intaktes Zusammengehen von Mensch und Natur.

Die Honigbiene galt zudem durch die Zeiten hindurch in allen Kulturen, die diese Tiere kannten, als Symbol für positive und erstrebenswerte Eigenschaften wie Harmonie, Fleiß und Selbstlosigkeit. Heute enthüllt die moderne Bienenforschung Details, die den Bienen diese Art „Entrücktheit“ nehmen, uns aber zugleich tiefe Einblicke in das Innenleben einer der erstaunlichsten Lebensformen gewähren, die wir kennen.

Dieses Buch soll etwas von der Faszination vermitteln, die von den Honigbienen ausgeht. Zugleich soll es neue, aktuelle Einsichten mit bekanntem Wissen verknüpfen. Aber es soll auch klar machen, dass wir lange noch nicht alles über die Honigbiene wissen, geschweige denn sie vollständig verstehen. Viele spannende Einsichten stehen uns also noch bevor.

Der rote Faden durch das Buch ist die erstaunliche Tatsache, dass die Kolonien

der Honigbienen Errungenschaften zeigen, die wir in dieser Kombination auch bei einer weiteren höchst entwickelten Tiergruppe, den Säugetieren, finden, und dass sie dies mit der Unsterblichkeit einfacher einzelliger Lebewesen verbinden. Die Bienenkolonie kombiniert, wenn man so will, Erfolgsrezepte der Vielzeller mit Erfolgsrezepten der Einzeller und nimmt damit in der Welt des Lebendigen eine Sonderstellung ein.

Gerade in den Lebenswissenschaften sagen Bilder oft mehr aus als aufwendige sprachliche Schilderungen; daher haben wir beschlossen, dieses Projekt von Anfang an in Wechselwirkung zwischen Text und Bild zu gestalten. Ganz bewusst verzichtet haben wir – von wenigen Ausnahmen abgesehen – auf Hinweise zu Fachveröffentlichungen, Autoren und Entdeckern. Dafür bieten wir den interessierten Lesern eine buchbegleitende Website an (erreichbar über <http://www.beegroup.de>), die zu jedem Kapitel wichtige Zusatz- oder Hintergrundinformationen bereithält, seien es Literaturangaben, Internetlinks, Fotos, Videoclips, Soundfiles oder Ähnliches. Diese Website pflegen und aktualisieren wir in Abständen, so dass das Momentbild, das dieses Buch vermittelt, ein wenig Bewegung erhält.

Die Honigbiene ist für uns Menschen ein *Phänomen* im reinen Sinne. Das griechische Stammwort φαίνόμενο (fänómáno) steht für etwas, das sich zeigt oder erscheint, und wir meinen, dass der Begriff diesen Superorganismus sehr gut charakterisiert: Seine Natur erweist sich nämlich stets von Neuem als „Phänomen“. In ganz

kleinen Schritten nähern wir uns immer tieferen Einsichten in diesen Superorganismus, der uns seine Geheimnisse, wie es scheint, nur zögernd preisgibt und nur langsam aus dem Nebel der Unkenntnis auftaucht. Was man aber bei der Beschäftigung mit Honigbienen erfahren kann, ist so erstaunlich, dass es jeden Aufwand lohnt.

Je mehr es uns gelingt, in die Geheimnisse der Honigbienen einzudringen, desto größer wird unser Erstaunen – und unsere Sucht, immer noch tiefer in diese Wunderwelt vorzustoßen. Schon Karl von Frisch (1886–1982), der große Altmeister der Honigbienenforschung, hat es treffend gesagt: »Der Bienenstaat gleicht einem Zauberbrunnen; je mehr man daraus schöpft, desto reicher fließt er.«

Wenn ein Leser nach der Lektüre dieses Buches die erste Honigbiene, auf die er anschließend trifft, eine kleine Weile länger betrachtet als sonst üblich und sich vielleicht sogar an den einen oder anderen für ihn überraschenden Aspekt der Bienenwelt erinnert, haben wir mit dem Buch viel erreicht.

Für die Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung dieses Buchprojekts bedanken wir uns herzlich bei den Mitgliedern der BEEgroup Würzburg und dem Team von Elsevier / Spektrum Akademischer Verlag.

Würzburg, November 2006  
Jürgen Tautz, Helga R. Heilmann





# 2

## Die vermehrte Unsterblichkeit

**Die gesamte Biologie der Honigbienen ist darauf ausgelegt, der Umwelt Materie und Energie zu entnehmen und so zu organisieren, dass daraus Tochterkolonien von höchster Qualität entstehen. Diese zentrale Einsicht ist der Schlüssel zum Verständnis der erstaunlichen Errungenschaften und Leistungen der Honigbienen.**

Vermehrung und Sex sind zwei unterschiedliche und prinzipiell unabhängige Prozesse. Vermehrung geht auch ohne Sex, Sex geht auch ohne Vermehrung. Vermehrung ist Vervielfältigung. Vervielfältigung ist am einfachsten durch Teilung und Knospung zu erreichen. Sexuelle Vorgänge basieren auf der Vereinigung der Keimzellen zweier Geschlechter und führen durch diese Neukombination zu einer Vergrößerung der Vielfalt an Typen in einer Population. Diese Vielfalt ist wichtig, um der Selektion eine breite Palette an Auslesemöglichkeiten zu bieten und so die Evolution in Gang zu halten. Mutationen im Erbgut haben den gleichen Effekt, nur lassen sie sich nicht erzwingen und treten zufällig verteilt auf. Die Sexualität ist nicht auf solchen Zufall angewiesen, sie führt mit jedem Befruchtungsvorgang sicher zu neuen Typen.

Höhere Tiere knüpfen in der Regel ihre Vermehrung an den Sex, so dass uns der Gedanke der Unabhängigkeit von Sex und Vermehrung nicht von vorneherein eingängig erscheint. Einzellige Lebewesen führen vor, wie vermehrungsloser Sex praktiziert wird: Zwei Einzeller vereinigen sich, tauschen Erbgut aus und trennen sich wieder. Resultat nach dem Einzeller-Sex: Zwei Einzelzellen wie vorher, also keine Vermehrung, aber durch den Erbgutaus-tausch sind neue genetische Typen entstanden, und somit hat sich die Vielfalt in der Population vergrößert.

## Vermehrung und Sex

Die Honigbienenkolonien und die Kolonien der ähnlich lebenden stachellosen Bie-

nen der Tropen nehmen mit ihrer ungewöhnlichen Praxis von Vermehrung und Sex eine Sonderstellung im Tierreich ein. In der Regel gilt: Sich geschlechtlich fortpflanzende Tiere paaren sich, und alle aus diesem Akt entstehenden Nachkommen pflanzen sich, wenn sich ihnen die Gelegenheit bietet, ebenfalls geschlechtlich fort und zeugen so eine nächste Generation.

Das ist bei den Honigbienen anders.

Machen wir ein kleines Gedankenexperiment: Stellen Sie sich vor, es seien in einem Bienenvolk für einen Beobachter alle Tiere unsichtbar, die sich weder jetzt noch in Zukunft fortpflanzen. Wir sähen schlagartig auf weiter Flur lediglich ein einziges sehr einsames Weibchen, die Königin. Wir sähen, wie dieses Weibchen einmal im Jahr eine bis drei Töchter erzeugt, die sich als Jungköniginnen ein Jahr später entweder im alten Nest oder an neuer Stelle ebenfalls auf die gleiche Weise fortpflanzen. Dazu tauchen im Sommer für kurze Zeit mehrere tausend männliche Bienen, so genannte Drohnen, auf, welche die Jungköniginnen aus Nachbarnestern begatten (Abb. 2.1).

So gesehen würden uns die Bienen in ihrem Sexual- und Fortpflanzungsverhalten nicht weiter auffallen, wären da nicht die verwunderlichen Tatsachen, dass die Anzahl der fortpflanzungsfähigen Weibchen für ein Insekt extrem niedrig ist, dass die Weibchen durchgehend mehrjährig, die Männchen dagegen nur kurzzeitig gefunden werden, dass dann ein extremes Zahlenmissverhältnis von sehr wenigen Weibchen zu sehr vielen Männchen auftritt und dass regelmäßig zwei aufeinanderfolgende kurze Generationen weiblicher Geschlechtstiere durch eine lange Zeitspanne getrennt werden.





**2.1** Wären alle fortpflanzungsunfähigen Bienen unsichtbar, wären nur noch die Königin und hin und wieder ein paar Drohnen zu sehen.

Zwei bis drei Töchter pro Fortpflanzungsperiode sind auffallend wenig im Vergleich zu anderen Insekten, wo ein einzelnes Weibchen hunderte bis rekordverdächtige zehntausende Geschlechtstiere produzieren kann, die sich meist zahlenmäßig gleichmäßig auf Weibchen und Männchen aufteilen. Weibliche Individuen sind für das Fortpflanzungsgeschäft deutlich wertvoller als männliche Tiere. Männchen sind die Quelle der massenhaft produzierten billigen Samenzellen, Weibchen stellen die vergleichsweise wenigen teuren Eizellen her. Rein „gametentechnisch“ betrachtet, genügen wenige Männchen in

einer Population, um viele Weibchen zu begatten.

Umso verblüffender ist die Situation, die wir mit extrem wenigen Weibchen und sehr vielen Männchen bei den Honigbienen vorfinden. Die umgekehrte Situation wäre viel leichter zu verstehen, da wenige Männchen ausreichend Spermien zur Besamung vieler Eizellen liefern. Und auch der bienentypische regelmäßige zeitliche Abfolgerhythmus von einer kurzen und einer langen Zeitspanne zwischen dem Auftreten der fertilen Weibchen, der Königinnen, verwundert. Die meisten Tiere packen normalerweise so viele Generatio-



nen in einen Zeitraum hinein, wie es ihnen ihre Physiologie und die Umweltbedingungen erlauben. Welche Bedeutung steckt hinter dem Sonderweg der Honigbienen?

Die Erzeugung extrem weniger weiblicher Nachkommen ist in vielerlei Hinsicht sehr riskant. Da die von Charles Darwin geforderte Überproduktion von vielen unterschiedlich ausfallenden Nachkommen als wichtige Voraussetzung für Evolution bei den Honigbienen eher bescheiden ausfällt, gibt es nur eine geringe Palette an Bienenvariationen, und so werden der Selektion nur wenige Auslesemöglichkeiten angeboten. Zudem kann eine kleine Anzahl an Nachkommen auch leichter komplett ausgelöscht werden, und damit können ihre Gene völlig aus dem Genpool einer Population verschwinden.

Konsequenterweise findet man in der Regel bei den Tieren, die eine intensive Brutpflege betreiben, sehr wenige Nachkommen, um so dem Nachwuchs einen gesicherten Start ins Leben zu ermöglichen. Im günstigsten Fall erstreckt sich diese Nachwuchspflege bis zur Geschlechtsreife. Gesicherte und geschützte Nachkommen tragen die Gene der Population zuverlässiger in die nächste Generation als Nachkommen, die ungeschützt allen Umwelteinflüssen ausgesetzt sind. In diesem Zusammenhang muss man zu allererst an die großen Säugerarten denken, bei denen ein Wurf in der Regel nur ein oder zwei Junge umfasst, die allerdings intensiv

und lange betreut werden – um so intensiver und länger, je geringer ihre Anzahl ist.

Ist die Situation für die Honigbienen vergleichbar? Das ist in der Tat so, wobei die Bienen ein eindrucksvolles System optimaler und dauerhafter Betreuung ihrer Jungweibchen geschaffen haben.

Aber zurück zu unserem Gedankenmodell. Erlöst man die sich nicht fortpflanzenden Bienen einer Kolonie aus ihrer Unsichtbarkeit, wird der Bienenstock schlagartig durch sterile Weibchen vieltausendfach bevölkert (Abb. 2.2).

## Tochterkolonien

Diese Masse an Bienen bietet der Königin eine sichere Umgebung und erlaubt es, jede Jungkönigin mit einer kompletten Kolonie als Brautgeschenk auszurüsten. In der Regel verlässt die alte Königin mit etwa 70 Prozent der Arbeitsbienen im so genannten Primärschwarm das Nest. Die zurückbleibende Jungkönigin, die fortpflanzungsfähige Tochter der abgewanderten Altkönigin, bekommt somit als Gabe nicht nur ein Drittel der Arbeiterinnen, sondern dazu noch fertige Waben, gefüllt mit Honig, Pollen und sich entwickelnden Bienenlarven. Einen besseren Start ins Bienenleben kann man sich nicht vorstellen.

Ein Bienenvolk kann auch mehr als einen Schwarm hervorbringen. So kann sich die im alten Nest verbliebene Masse an Bienen noch einmal zwischen zwei Jungköniginnen aufteilen. Kommt es zu weiterer Schwarmbildung, zu den so genannten Nachschwärmen, die sich um jeweils eine Jungkönigin scharen, sind diese nicht mehr so groß wie der Primärschwarm. Ihre Überlebensfähigkeit hängt

---

**2.2** Eine fruchtbare Königin, sehr viele sterile Arbeiterinnen und zur Fortpflanzungszeit viele Drohnen sind die „Bausteine“ des Superorganismus Bienenstaat.

von der Größe des Schwarms ab; zu kleine Nachschwärme haben keine Überlebenschance.

Bei den Honigbienen spiegelt sich die Erschaffung der extrem wenigen weiblichen Geschlechtstiere wider in der Abtrennung von entsprechend wenigen Tochterkolonien, die sich um eine neue Königin herum gruppieren.

Eine Vermehrung durch die Herstellung kompletter Tochterkolonien ist eine im gesamten Tierreich seltene extravagante Strategie, die unter den Insekten nur noch die stachellosen Bienen – sie spielen die Rolle der Honigbienen in den Tropen – und manche Ameisen in der Form einer Nesterteilung zeigen.

In den gemäßigten Breiten werden Schwärme etwa im Zeitraum April bis September gebildet. Neue Königinnen werden zu einem Zeitpunkt produziert, an dem die Entwicklung der Bienenzahl in einer Kolonie ihr Maximum erreicht hat und zudem zusätzlich noch genügend Brut vorhanden ist, um den Bienenverlust nach dem Schwarmauszug für die alte Kolonie

auszugleichen. Für einen Beobachter werden Schwarmvorbereitungen der Kolonie zwei bis vier Wochen vor dem dramatischen Auszug an den Weiselwiegen erkennbar, die als offene „Fingerhüte“ an den unteren Rändern der Waben errichtet werden (Abb. 2.3).

Solche Becher finden sich über lange Zeitspannen in der Kolonie, aber nur zur Vorbereitung des Schwärmens werden in diese königlichen Zellen Eier gelegt und die Larven aufgezogen. Das können im Extremfall bis zu 25 angelegte künftige Königinnen in einem Volk sein, von denen die meisten aber nicht zum Zuge kommen. Ist die erste dieser Larven groß genug, um verdeckelt zu werden und in das Puppenstadium einzutreten, ist der Zeitpunkt des Schwärmens gekommen. Die alte Königin verlässt die Kolonie ein paar Tage bevor die neue Königin das „Dunkel des Stockes“ erblickt.

Steht der Auszug kurz bevor, versorgen sich die Arbeiterinnen, die die abziehende Altkönigin begleiten, mit Honig aus den Vorräten des Nestes (Abb. 2.4). Dieser Pro-



**2.3** Als erste Vorbereitung für das Schwärmen legt eine Kolonie neue Königinnenzellen an. Mehrere Weiselwiegen werden bevorzugt am unteren Rand der Waben, oder wie hier Nachschaffungszellen, mitten im Brutnest angelegt.



**2.4** Vor dem Ausschwärmen füllen die Arbeitsbienen ihren Kropf mit Honig. Dieser Proviant muss reichen, bis eine neue Wohnung gefunden und bezogen ist.

viant reicht maximal zehn Tage, eine Zeitspanne, in der unbedingt eine neue Behausung gefunden werden und das reguläre Kolonieleben wieder aufgenommen sein muss.

Kurz vor dem Auszug beginnen die wanderwilligen Bienen, wild durcheinander zu rennen, hochfrequente Vibrationspulse zu erzeugen und die ebenfalls auszugswillige Königin durch Beißen und Ziehen an Beinen und Flügeln zu traktieren. Daraufhin beginnt ein „Bienenfall“ aus dem Nest zu strömen (Abb. 2.5), die Luft in der Nähe des Stockes mit seinem Brausen zu füllen und zusammen mit der Königin in Nähe des alten Nestes eine Schwarmtraube zu bilden (Abb. 2.6), von der aus ein neues Heim gesucht wird. In dieser Schwarmtraube befindet sich ein guter Querschnitt durch alle Bienen des Ausgangsvolkes, wobei nur die allerjüngs-

ten und die ältesten Arbeitsbienen im Nest zurückgeblieben sind.

Werden neue Jungköniginnen herangezogen und ist die Volksstärke für eine weitere Teilung nicht ausreichend, zerstören die Arbeiterinnen die angelegten Weiselwiegen samt den darin lebenden Larven, um später noch einmal von vorne zu beginnen.

Eine Vermehrung durch wenige, aber komplette und voll funktionstüchtige Tochterkolonien hat dramatische Folgen für die gesamte Lebensform der Bienen: Sie verleiht einer Kolonie potenzielle Unsterblichkeit und ermöglicht, komplette Kolonien als „Kopien der Unsterblichkeit“ in die Welt zu entlassen.

Die erzeugten Tochterkolonien sind aber keine Erbgutbestandskopien. Jeder neue Superorganismus besitzt seine eigene genetische Zusammensetzung. Das ist leicht einzusehen, wenn man sich klar



**2.5** Schwärmen die Bienen, quellen sie wie ein „Bienenfall“ aus ihrem Nest.



**2.6** In der Nähe des alten Nestes lässt sich der Schwarm nieder und schickt von dort aus die Spurbienen auf die Suche nach einer neuen Behausung.

macht, dass alle Bienen eines Volkes die Kinder der gleichen Mutter sind. Nur Gene, die diese Mutter in sich trägt, sei es in ihren Eiern oder in den männlichen Samen, gespeichert in ihrer Samenvorrats-tasche, können auch in den Kindern vorkommen und so das Genprofil der Kolonie ausmachen. Selbst wenn die Königinnen identische Zwillinge wären, könnten sie keine genetisch gleichen Kolonien bilden, da die Väter durch das selbstmörderische Paarungsverhalten der Männchen nie die gleichen sein können.

Der nach einem Schwarmauszug zurückbleibende Teil der Kolonie ist zunächst noch mit dem ausgezogenen Teil identisch, da er wie der Schwarm von der abgezogenen Mutter abstammt. Das ändert sich aber ab dem Moment, wo die neue Jungkönigin mit ihrer Eiablage beginnt. Sind alle alten Bienen gestorben und durch neue ersetzt, ist die Umstellung des „genetischen Make-up“ abgeschlossen. Eine Bienenkolonie, die über lange Zeiträume ortsfest das gleiche Nest belegt, ändert wie ein „genetisches Chamäleon“ regelmäßig ihre genetische Ausstattung. Der Superorganismus ist derselbe und ist doch nicht gleich.

Der Primärschwarm um die Altkönigin hingegen behält seine genetische Ausstattung bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Königin ersetzt wird.

## Lebenszyklus des Superorganismus

Mehrzellige Organismen durchlaufen in jeder Generation einen Lebenszyklus, der aus vier Phasen aufgebaut ist: Der Zyklus beginnt mit dem Einzellstadium, gewöhn-

licherweise mit der befruchteten Eizelle. Darauf folgt als zweites Stadium die Periode des Wachstums und der Entwicklung. Die dritte Periode beginnt mit dem Eintritt in die Geschlechtsreife. Der vierte und letzte Abschnitt ist die Periode der Vermehrung und fällt in der Regel mit dem dritten Abschnitt, der Geschlechtsreife, zusammen. Alle vier Abschnitte ergeben zusammengenommen die Länge einer Generation. Aufeinanderfolgende Generationslängen können innerhalb einer Art schwanken, da die einzelnen Phasen umweltbedingt unterschiedliche Zeitspannen einnehmen können. Die Jahreszeiten und die damit einhergehenden unterschiedlichen klimatischen Situationen mit allen direkten und indirekten Folgen für einen Organismus sind ein mächtiger Faktor in der Beeinflussung der tatsächlichen Generationslängen.

Betrachten wir die Königin der Honigbienen, so liegt deren individuelle Generationszeit zwischen dem Beginn der Embryonalentwicklung einer Königin im Ei bis zum Paarungsakt dieser Biene bei maximal einem Monat. Das bedeutet aber keineswegs, dass tatsächlich alle vier Wochen eine neue Generation an Bienenköniginnen entsteht. Die praktizierte Generationslänge der Honigbienen ist kompliziert. Misst man als Generationsdauer wie üblich die Zeit zwischen dem Auftreten zweier aufeinander folgender fortpflanzungsfähiger Weibchen, so setzt sich eine Generationszeit jeweils aus zwei unterschiedlich langen Phasen zusammen: einer ersten Phase mit der Länge von einem Monat und einer zweiten Phase mit der Dauer von fast einem Jahr. Der eine Monat ist als echte Generationsdauer die Zeit zwischen der Ablage eines Eies, das zu einer künftigen

Königin bestimmt ist, und – nach abgeschlossener Entwicklung – dem Paarungsakt der Königin. Die zweite Phase der Generationszeit, nahezu ein Jahr, verstreicht, bis diese neue Königin wiederum ein Ei legt, aus dem sich eine Königin der nächsten Generation entwickeln wird. So kommt ein Rhythmus zustande, dem streng genommen keine echte Generationsdauer zugrunde liegt, sondern bei dem zwischen den physiologischen Generationen eine Art lange Ruhepause eingelegt wird.

Diese komplizierte Zusammensetzung der Generationszeiten kommt durch einen Trick zustande, wie er nur in Superorganismen wie den Staaten der Honigbienen möglich ist: Die Königin produziert kontinuierlich Eier, die sich zu Weibchen entwickeln. In der Regel bleiben diese Weibchen unfruchtbar. Geschlechtsreife Königinnen werden im Bedarfsfall hergestellt, indem einzelne Larven, untergebracht in den Weiselwiegen, von den Arbeitsbienen mit einem besonderen Futtersaft versorgt werden. Dieser Mechanismus ermöglicht es den Arbeiterinnen, zu jedem beliebigen Zeitpunkt neue Geschlechtstiere zu ziehen. Und da es, abgesehen von wenigen Wochen im Winter, ständig Larven im Bienenvolk gibt, können die Arbeiterinnen jederzeit bestimmen, wann eine neue Königin hergestellt werden soll. Das ist typischerweise einmal im Jahr der Fall. Da die Königin im Sommer ohne Pause Eier legt, kommt es mit dem jährlichen Entstehen einer neuen Königin, gemessen zur vorhergehenden Königin, zur kürzestmöglichen echten Generationszeit und danach zu einer langen Pause bis zur im nächsten Jahr folgenden Königin.

Die Arbeiterinnen der Kolonie bestimmen die Dynamik der Generationenfolge.

Der Superorganismus manipuliert aktiv den Zeitrhythmus der Generationen und streckt das Zeitmuster einer physiologisch kurzen Generationszeit dabei in einen Rhythmus mit einer Länge von einem Jahr. Und diese Manipulationsmöglichkeit der Generationsdauer wiederum erlaubt es den Bienen, die praktizierte Generationsdauer der weiblichen Geschlechtstiere an den Teilungsrhythmus der Kolonie anzukoppeln.

Das Teilen des Superorganismus Bienenstaat in Tochterkolonien führt auf der Ebene der gesamten Kolonie im Vergleich zu dem für Einzelorganismen geschilderten vierphasigen Lebenszyklus zu einem vollkommen anderen und stark vereinfachten Zyklus. Der Superorganismus umgeht das Einzelzellstadium und weist auch kein echtes Wachstumsstadium auf. Lediglich die Größe der Kolonie ist Schwankungen unterworfen, die sich durch einen Auf- und Abbau des Kolonievolumens mit den Jahreszeiten ausdrücken, mit einer Aufbauphase in Frühjahr und den stärksten Verlusten durch Schwarmabflug im Frühsommer sowie Todesfällen über den Winter. Im Prinzip ist der Superorganismus die meiste Zeit teilungsbereit. Er muss lediglich bestimmte Vorbereitungen für diesen Schritt treffen.

Wieso gehen die mit Abstand meisten vielzelligen Organismen nicht den gleichen Weg? Warum teilen sie sich nicht direkt wie Einzeller?

Aufbau und Entwicklung eines Organismus, vom Einzelzellstadium angefangen, sind kostspielig und aufwendig, da jedes Stadium seine spezifischen Probleme mitbringt, die gelöst werden müssen. Und man wäre, wie die sich immer nur zerteilenden Einzeller, potenziell unsterblich. Warum



hat die Natur unter Umgehung von kompliziertem Sex keine sich zerteilenden unsterblichen Katzen hervorgebracht? Nur weil es technisch-morphologisch nicht einfach zu bewerkstelligen wäre?

Eine Erklärung für die Bevorzugung des schwierigen, umständlichen vierphasigen Lebenszyklus gibt die Genetik. Wie bereits erwähnt, vergrößert eine Vermehrung, die an sexuelle Vorgänge gekoppelt wurde, die Anzahl an Typen in einer Population, eine unverzichtbare Voraussetzung für Evolution; das hat bereits Charles Darwin erkannt. Die Erfindung des Sex und die Spezialisierung weniger Körperzellen auf die Fortpflanzung hat allerdings bei vielzelligen Lebewesen den Tod aller übrigen Körperzellen zur Folge. Die Arbeitsteilung in Keimzellen und somatische Körperzellen, die wir bei vielzelligen Organismen finden, brachte das Prinzip Tod auf die Bühne des Lebens, und zwar nicht nur durch Unfälle und Gefressenwerden, sondern als programmiertes allgemeines Prinzip (► Abb. 1.1).

Die Honigbienen haben in dieser schwierigen Landschaft der Evolution für sich einen erstaunlichen Königsweg gefunden. Durch die Vermehrung der ganzen Kolonien per Teilung bei gleichzeitiger Erzeugung von Geschlechtstieren, deren Generationsdauer von den Arbeiterinnen an den Teilungszyklus angekoppelt wird, haben die Bienen das eine erreicht, ohne das andere zu lassen: Durch die Beibehaltung von Geschlechtstieren wurde nicht auf die Option verzichtet, die genetische Variabilität hoch halten zu können. Die Bienen verfügen folglich auch über eine kontinuierliche Keimbahnlinie wie alle sich geschlechtlich fortpflanzenden Tiere und Pflanzen (► Abb. 1.1). Aber sie um-

hüllen diese unsterbliche Keimbahnlinie, anders als die vielzelligen Einzelwesen, mit einem ebenfalls unsterblichen Superorganismus. Der Trick dabei: Die Vermehrung der Kolonien lediglich durch Teilung hat eine Vereinfachung des Lebenszyklus des Superorganismus zur Folge und macht ihn im Prinzip unsterblich.

Es mutet merkwürdig an, dass dieses Prinzip, durch Teilung potenziell unsterblich zu werden, bei den einfachsten Lebewesen, den Einzellern, und den komplexesten Lebensformen, den Superorganismen, zu finden ist.

## Der Tod und die Unsterblichkeit

Wir Menschen sind stolz auf ein möglichst weit zurückreichendes Gründungsdatum unserer Städte, markiert durch tausendjährige Geschichte und Fünfezhnhundertjahrfeiern. Es sind natürlich nicht mehr die gleichen Häuser und Straßen und schon gar nicht die gleichen Bewohner, die derart lange überleben, aber es ist die Siedlung in ihrer geographischen Lage und Organisationsform als Einheit, die ununterbrochen bewohnt ist. In diesem Sinne ist eine Bienekolonie eine kontinuierliche Einheit.

Die „ewige Kolonie“ wird möglich durch einen fortwährenden Ersatz ihrer Mitglieder. Alle vier Wochen bis zwölf Monate werden die Arbeiterinnen und alle drei bis fünf Jahre die Königinnen ausgetauscht. Die Drohnen sind mit etwa zwei bis vier Wochen so kurzlebig wie die meisten Arbeiterinnen. Ausgehend von einer Volkstärke von 50 000 Bienen und einer täglichen Todesstrecke von 500 Tieren wäre bei diesem täglichen Bienenaustausch von

einem Prozent die gesamte Kolonie, abgesehen von der Königin, innerhalb von etwa vier Monaten ausgetauscht. Dieser Wechsel zerstört die genetische Identität der Kolonie nicht.

Völlig verändert wird die genetische Ausstattung der Kolonie allerdings, wenn eine neue Königin für die Nachkommen dieser Kolonie zuständig wird. Dieser Schritt ist der Einstieg in den schleichenenden „genetischen Tod“ der zu diesem Zeitpunkt existierenden Kolonie. Neue Königinnen sind in ihren Eiern und den Samen der Drohnen, die sie begattet haben, genetisch neu ausgestattet, und das gilt auch für alle ihre Nachkommen, die im Laufe der Zeit die Kolonie bevölkern und sämtliche alten Bienen ersetzen. Diese Umstellung geschieht regelmäßig, wenn vor der Vermehrung der Kolonie durch Schwarmbildung neue Jungköniginnen erzeugt werden. Die gleiche Neuausrichtung der

genetischen Basis und Zusammensetzung einer Kolonie tritt aber auch dann ein, wenn in einer Notlage des Superorganismus aus einer beliebigen Larve eine neue Königin nachgezogen werden muss (Abb. 2.7). Durch eine solche Nachbeschaffung ersetzt eine Kolonie eine nicht mehr einsatzfähige Altkönigin durch eine Jungkönigin, die auf ihrem Hochzeitsflug eine neue „Samenmischung“ zur Erzeugung von Arbeiterinnen mit auf den Weg bekommt. Eine ortsfeste Bienenkolonie, die im natürlichen Schwarmverhalten jährlich ihre Königin austauscht, ändert ihre genetische „Farbe“ im Jahresrhythmus.

Da die Kolonien ortsfest und potenziell unsterblich sind, entsteht das Problem, dass für neu hinzukommende Kolonien weder Zeit noch Raum wäre. Dazu kommt es nicht. Regulierend greifen Krankheiten, Parasiten, Räuber und Nahrungs- bzw. Wassermangel oder echte Katastrophen,



**2.7** Nachschaffungszellen sind Notlösungen, die unter Zeitdruck in einem Brutnest angelegt werden.



**2.8** Dieser Schwarm hat es vor einem Unwettereinbruch nicht rechtzeitig geschafft, eine neue Behausung zu beziehen.

wie Waldbrände, in das Geschehen ein, bedrohen massiv die Kolonien und führen häufig genug zum Ende der potenziell endlosen Kette. So bekommen neue Kolonien ihre Chance. Auch die Überlebenswahrscheinlichkeit ausgeschwärmter Kolonien ist nicht allzu hoch. Etwa jeder zweite Schwarm übersteht das Auszugsabenteuer nicht, besonders wenn es sich um schwache Nachschwärme handelt, vor allem dann nicht, wenn diese kleinen Schwärme von Unwettern überrascht werden (Abb. 2.8). Aber diejenigen Schwärme, die die erste neue Saison überstehen, haben sehr gute Zukunftsaussichten.

## Materie- und Energiestrom organisieren

Die potenzielle Unsterblichkeit der Kolonien mit einem langsamen, aber ständigen Abspaltungsstrom von voll funktionsfähigen individuenstarken Tochterkolonien kostet ihren Preis.

Die Erschaffung der Tochterkolonien ist nicht nebenbei zu erledigen, sondern die gesamte Biologie der Honigbienen mit all ihren erstaunlichen Leistungen ist darauf ausgelegt, Materie und Energie aus der Umwelt zu entnehmen und so zu organisieren, dass daraus Tochterkolonien von

höchster Qualität entstehen können. Diese zentrale Einsicht ist der Schlüssel zum Verständnis der erstaunlichen Errungenschaften und Leistungen der Honigbienen.

Wenn man so will, verlassen die Honigbienen die autarke „Welt“ ihres Nestes in erster Linie, um Materie und Energie einzutragen, damit sie sich am Leben erhalten und einmal jährlich die Kolonievermehrung vorbereiten und durchführen können.

Welchen Weg nehmen Materie und Energie durch ein Bienenvolk? Was heißt „Organisieren“ der Wege?

Alles irdische Leben hängt von der Sonne ab. Diese versorgt zunächst die Pflanzen mit Energie, die Sonnenenergie fixieren und organische Stoffe aufbauen können. Die so entstandene Pflanzenmaterie und die darin gespeicherte Energie wird dann von Tieren genutzt. Das gilt in ganz besonderem Maße für die Aufrechterhaltung einer Bienenkolonie (Abb. 2.9) und

für die Produktion von Ablegerkolonien. Die Honigbienen sind daher vollständig von den Blütenpflanzen abhängig.

Dabei werden die Blütenpflanzen von den Bienen aber nicht einseitig ausgebeutet, sondern Blütenpflanzen und Honigbienen unterstützen sich gegenseitig in der wichtigsten Aufgabe aller Lebewesen, der Fortpflanzung. Bienen übertragen beim Blütenbesuch den Pollen von Blüte zu Blüte und erledigen so den Sex für die Blumen als Voraussetzung zur Bildung von Samen, die in Früchte eingebettet werden. Die „Früchte“ der Bienenkolonien sind in Analogie die kompletten neuen Ablegervölker, deren Herstellung auf den pflanzlichen Rohstoffen Nektar und Pollen beruht. Folgt man dieser anschaulichen, aber allzu stark vereinfachten Pflanzenanalogie, sind die in die Ablegervölker eingebetteten Geschlechtstiere die „Samen“ der Bienen (Abb. 2.10).



**2.9** Honig ist die Sonnenenergiebatterie im dunklen Bienennest. Sonnenenergie wird von den Pflanzen eingefangen und als Zucker im Nektar gespeichert. Von dort bedienen sich die Honigbienen und lagern die chemisch gebundene Sonnenenergie als Honig im Nest.



Honigbienen-Kolonie



Tochter-Kolonie



Jungköniginnen



Blütenpflanzen



Früchte



Samen

**2.10** Die Kolonien von Honigbienen und viele Blütenpflanzen sind in ihrer Biologie eng verwoben. Bienenkolonien bringen Tochterkolonien hervor, die wiederum Jungköniginnen als die weiblichen Keimzellträger umhüllen. Blütenpflanzen bringen Früchte hervor, die als Hülle für die Samen dienen. Der andauernde Zustrom von Materie und Energie aus den Blüten in eine Bienenkolonie ermöglicht einen ständigen Ersatz der Kolonienmitglieder und damit die „ewige Kolonie“, die einen andauernden Ablegerstrom aus der Kolonie ausschickt.



<http://www.springer.com/978-3-8274-1845-6>

Phänomen Honigbiene

Tautz, J.

2007, VIII, 280 S. 213 Abb. in Farbe., Hardcover

ISBN: 978-3-8274-1845-6