



Superorganismus voll unter Kontrolle



Botenstoffe, die das Leben der Bienen bestimmen

Bei sozial lebenden Insekten wie den Honigbienen regeln Hormone die Entwicklung einzelner Individuen, Pheromone das Zusammenleben im Stock und Kairomone und Pflanzenpheromone die Orientierung in der Umwelt. Die Biologin Dr. Heike Ruff gibt einen Einblick in das phantastische Zusammenspiel dieser chemischen Botenstoffe.

Antreiber des Individuums

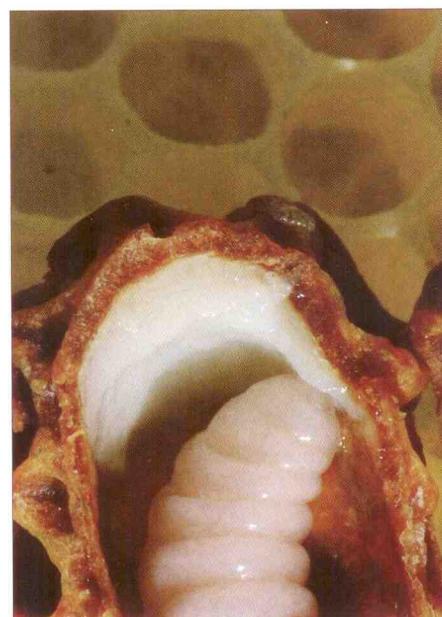
Hormone sind körpereigene Stoffe, die u.a. den Stoffwechsel steuern, das Geschlecht bestimmen oder das Wachstum beeinflussen. Sie sind hochspezifisch und wirken deshalb bereits in geringsten Konzentrationen. Das Ganze erfolgt immer nach dem gleichen Prinzip: Eine Signalzelle stellt den Botenstoff her, speichert ihn und setzt ihn bei Bedarf frei. Er wird dann zur Zielzelle transportiert, die einen für den Botenstoff spezifischen Reizempfänger (Rezeptor) aufweist. Hormone teilt man in Klassen ein, und zwar nach ihrem Bildungs- und Wirkungsort, ihrer Wirkungsweise, ihrer chemischen Struktur und ihrer physiologischen Funktion. Wirken Hormone gleichzeitig, kann dies zusammenwirkend (synergistisch), verstärkend (permissiv) oder auch entgegengesetzt (antagonistisch) erfolgen.

→ Woher die Larve weiß, was aus ihr wird

Es gibt Insekten, wie zum Beispiel Heuschrecken oder Libellen, die kein Puppenstadium aufweisen – man nennt sie hemimetabol. Demgegenüber gibt es holometabole Insekten, die eine Verwandlung (Metamor-



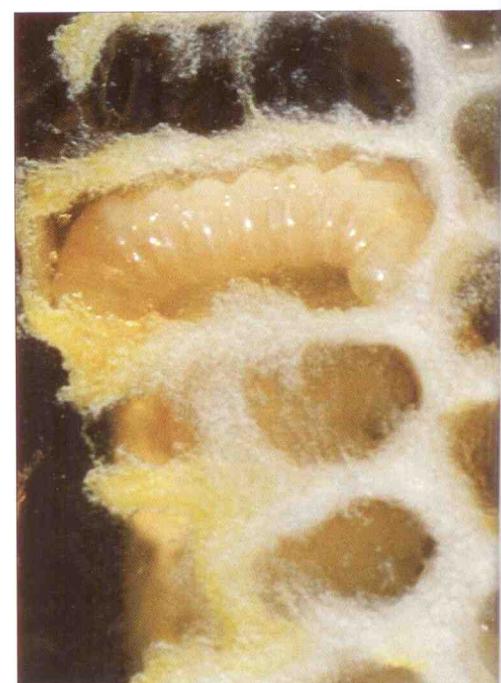
▲ Bei der Honigbiene verläuft die durch Hormone gesteuerte Entwicklung nach dem Schlupf aus dem Ei über fünf Larvenstadien. Danach spinnt sich die Streckmade ein und verwandelt sich in die Puppe. Diese Phase endet bei der Arbeiterin nach 21 Tagen mit der schlüpfreifen, vollständig ausgewachsenen Biene. Foto: J. Schwenkel



◀ Die unterschiedliche Menge an Juvenilhormon durch die Fütterung entscheidet darüber, ob aus einem befruchteten Ei eine Arbeiterin oder eine Königin wird. Foto: J. Schwenkel

◀ Zwei geöffnete Weiselzellen. Die linke Larve hat bereits deutlich mehr Gelée royale verbraucht, an Größe und Gewicht zugenommen und begonnen, sich zu strecken. Quelle: Waugsberg/Wikipedia.de

Eingesponnene Streckmaden von Arbeiterinnen kurz vor der Verpuppung. Das Hormon Ecdyson bewirkt, dass die Larvenorgane eingeschmolzen und die der erwachsenen Biene ausgebildet werden. Foto: O. Hahn/www.hahn-film.de ▼



phose) vom Ei über die Larve und Puppe bis zum vollständig entwickelten Tier durchlaufen. Hierzu zählen z. B. Bienen, Ameisen oder auch Schmetterlinge. Diese Entwicklung wird durch ein Zusammenspiel verschiedener Hormone gesteuert und kontrolliert.

Für die Steuerung der Fruchtbarkeit und Ei-Reifung der Bienenkönigin ist das Juvenilhormon (JH) verantwortlich. Die abgelegten Eier entwickeln sich nach drei Tagen zu kleinen Maden. Sind sie aus der Ei-Haut



geschlüpft, werden sie mit dem Sekret der Futtersaftdrüsen (Gelée royale) von Arbeiterinnen gefüttert.

Soll sich die Made zu einer Königin entwickeln, erhält sie auch nach dem dritten Tag weiterhin das reine Drüsensekret. Dagegen wird dem Futtersekret der zukünftigen Drohnen und Arbeiterinnen Honig und Pollen beigemischt. Allein dieser Nahrungsunterschied steuert die weitere Entwicklung. Dabei stimuliert das reine Drüsensekret die Ausschüttung von JH und führt durch den hohen Gehalt dieses Hormons zur Entwicklung einer Königin. Dies ist ab dem vierten Larventag nicht mehr umkehrbar.

→ Wieso Larven wachsen und sich verpuppen

Larven wachsen um ein Vielfaches an Größe und Gewicht. Damit dies möglich ist, müssen sie sich viermal häuten. Jeweils kurz davor scheiden Zellen im Gehirn das Prothorakotrope Hormon (PTTH) aus, wodurch die Abgabe (Sekretion) von Ecdyson aktiviert wird. Dieses löst die Häutung aus und steuert sie. Dabei wird auch das Eclissionshormon aktiv, das für die Ablösung der alten Häutchen aus Cutin (Cuticula) sorgt. Im Anschluss bewirkt die Ausschüttung von Bursicon wiederum die Verhärtung (Sklerotisierung) der Außenhaut (Exocuticula).

Im fünften und letzten Larvenstadium wird die Brutzelle verdeckelt, wonach sich die Larve in einem Kokon in kreisenden Bewegungen „einspinnt“ und zur Streckmade wird. Diese verpuppt sich nach weiteren vier Tagen, was ebenfalls durch das Ecdyson reguliert wird. Während dieser Ruhephase werden die Larvenorgane eingeschmolzen und die Organe der vollentwickelten (adulten) Biene gebildet.

Regulatoren im Volk

Während Hormone Vorgänge innerhalb eines Individuums steuern, dienen Pheromone dem Informationsaustausch zwischen Tieren derselben Art. Sie wirken als Alarm-, Spur-, Territorial- oder Sexuallockstoff – und zwar noch stärker artspezifisch als Hormone.

So sondert die Königin aus der Oberkieferdrüse und der Tergittaschendrüse einen Pheromoncocktail, das Königinnenpheromon, aus. Dieses unterdrückt die Entwicklung der Geschlechtsorgane der Arbeiterinnen und hemmt deren Entwicklung zu Vollweibchen. Sinkt die Pheromonkonzentration im Volk, weil es stark angewachsen ist oder die Königin schon älter ist, ist dies ein Signal für die Arbeiterinnen, Weiselzellen anzulegen und zu pflegen. Ebenso dient das Königinnenpheromon während des Hochzeitsfluges zur Anlockung von Drohnen (Sexualpheromon).

Während ihrer Entwicklung sondern die Larven bis zum Verdeckeln der Brutzellen verschiedene Pheromone ab, die die Ammenbienen veranlassen, sie entsprechend zu pflegen und zu versorgen.

Zur Orientierung wird das Flugloch von Wächterbienen mit den Markierungs-/Spurpheromonen aus Drüsen an den Bienenfüßen (Tarsaldrüse) markiert, und zur Nahorientierung für die anderen kennzeichnenden Sammlerinnen die gefundenen Trachtquellen mit Duftmarken (Aggregationspheromone) aus der Sterzeldrüse (Nasanovsche Drüse). Düfte aus derselben dienen auch zum Anlocken der anderen Schwarmbienen und zur Bildung der Schwarmtraube. Kommt bei drohender Gefahr der Stachel zum Vorschein oder sticht eine Biene gar, werden Alarmpheromone verströmt.

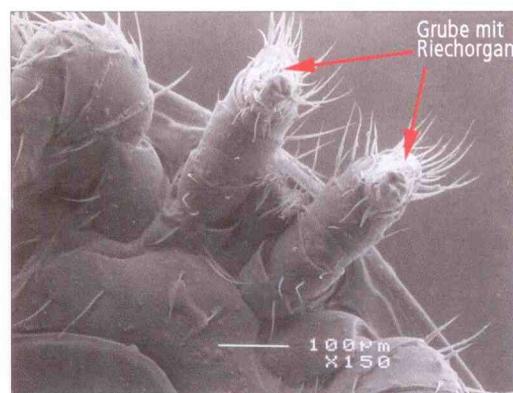
Signale von draußen

Signalstoffe, die auf Individuen anderer Arten wirken, werden Kairomone genannt. Sie werden z. B. von einigen Insekten als Fraßschutz gebildet. Fremde Organismen, die sich in die „Duftkommunikation“ von sozialen Insekten einmischen, können auch Schaden anrichten. So erkennt die Varroamilbe über spezialisierte Sinnesorgane das Signal von hungrigen Larven und passt somit den richtigen Zeitpunkt für das Eindringen in die Brutzelle ab.

Auch zwischen Tieren und Pflanzen spielen chemische Botenstoffe eine wichtige Rolle. So sind Blütenduftstoffe (Pflanzenpheromone) nicht nur in der Lage, Bestäuber anzulocken, sondern können auch falsche Signale aussenden: So locken Täuschblumen (hierzu gehören viele Orchideenarten) durch Aussehen oder Geruch eines geschlechtsreifen Wildbienenweibchens deren Männchen an, damit sie bestäubt werden. Die in Südkorea beheimatete Orchideenart (*Dendrobium sinense*) verströmt das Alarmpheromon von Honigbienen und lockt damit ihre Bestäuber an. Das sind nämlich Hornissen der Art *Vespa bicolor*, die sonst an Fluglöchern Jagd auf Bienen machen und ihre Opfer durch dieses Alarmpheromon aufspüren.

Diese Beispiele lassen erahnen, wie umfassend, wirksam und phantastisch das Zusammenspiel von chemischen Botenstoffen sowohl in der Kommunikation von sozial lebenden Insekten als auch für die Wechselwirkungen zwischen Tieren und Pflanzen funktioniert.

Dr. Heike Ruff, Universität Ulm
Albert-Einstein-Allee 11, 89081 Ulm
heike.ruff@uni-ulm.de



▲ Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Vorderbeine einer Varroamilbe. Mit den Grubensinnesorganen (Pfeile) riecht und erkennt die Milbe hungrige Bienenlarven und schlüpft so zum richtigen Zeitpunkt in die Brutzelle hinein. Foto: Franz Wimmer/www.bienenfranzsolar.de

◀ Am Flugloch und bei der Schwarmbildung sondern Arbeiterinnen Duftpheromone aus der Sterzeldrüse (Nasanovsche Drüse) aus und signalisieren: „Hier sind wir!“ Foto: G. Brockmann