

Solarenergie anders

Honig als effizienter Brennstoff

Pflanzen haben es im Laufe ihrer Evolution gelernt, Sonnenenergie in energiereichen Zuckerverbindungen zu speichern. Diese gespeicherte Energie wird unter anderem in Form von Nektar an Honigbienen abgegeben, die daraus den Honig herstellen. Den Honig wiederum verbrennen die Bienen zur Wärmegewinnung im Nest – Prof. Dr. Jürgen Tautz über den genialen nachhaltigen Einsatz der Sonnenenergie im Bienennest.

Abb. 1 Die thermografische Aufnahme lässt die Temperaturverteilung im Körper einer Heizerbiene sichtbar werden. In der gewählten Falschfarbendarstellung bedeutet blau eine kalte, gelb bedeutet eine heiße Temperatur. Ein raffinierter Einsatz des „Gegenstromprinzips“ im Kreislauf der Tiere verhindert eine passive Ausbreitung der Wärme in den Hinterleib. Die Hitze bleibt auf den Brustabschnitt beschränkt, wo sie durch Muskelzittern der starken Flugmuskulatur entsteht.

Das Brutnest der Honigbiene ist ein extrem wichtiger, sensibler und von den Bienen erstaunlich präzise kontrollierter Teil der Wohnwelt der Tiere. Der Nestbereich mit gedeckelten Puppen wird dabei in seiner Temperatur auf das Genaueste geregelt.

Tiere können Wärme erzeugen, indem energiehaltige Substanzen, in erster Linie Fette und Kohlehydrate, verbrannt werden oder durch Zittern von Muskeln Wärme entsteht, wie wir es vom „Zähneklappern“ kennen. Die Honigbienen heizen durch Flugmuskelnzittern. Die Bienen drehen den Energieumsatz dieser Muskeln auf, indem sie durch einen raffinierten Einsatz kleinster Steuermuskeln bei ausgekuppelten Flügeln mit den starken Flugmuskeln Vollgas geben. Das Resultat dieses Wärmezitterns lässt sich im Wärmebild bewundern (Abb. 1).

Ähnliche Thermobilder lassen sich für viele Insekten anfertigen, wenn man die Tiere rund um eine Flugaktivität erwischt. Nachtschmetterlinge heizen ihre Flugmuskulatur hoch, bevor auf einen Ausflug in die kühle Nachtluft geht. Das gleiche Hochheizen der Flugmuskeln beobachtet man bei Honigbienen, die sich auf ihren Abflug vorbereiten. Hier liegt wohl die ursprüngliche Funktion einer Fähigkeit, mit der die Bienen schier Unglaubliches vollbringen.

Blickt man durch die Linse einer Wärmebildkamera auf eine Brutwabe, enttarnt man, sauber begrenzt auf die gedeckelte Brutnestregion, etliche „heiße“ Bienen, deren glühender Brustabschnitt auffällt (Abb. 2).

Diese Bienen geben ihre Wärme an die unter den Deckeln abgeschlossenen Puppen ab. Um dies effektiv leisten zu können, pressen sie den Brustabschnitt auf den unter der Brust liegenden Zelldeckel. In dieser Lage verharren sie vollkommen bewegungslos bis zu 30 Minuten. Nicht mal eine Fühlerspitze wird bewegt, sondern in beständigem Kontakt zum Brutdeckel vor der Biene gehalten. Da die Fühlerspitze die größte Ansammlung von Sinneszellen in Bienen trägt, die sehr empfindlich auf Wärme reagieren, messen diese Heizerbienen vermutlich ununterbrochen die Temperatur der Wachsdeckel auf den Puppenzellen.

In dieser Haltung und mit einer entsprechenden Heizleistung für eine Körpertemperatur von bis über 43 Grad Celsius sind die Tiere nach maximal 30 Minuten erschöpft und unterbrechen diese Tätigkeit. Hat eine Heizbiene ihre Tätigkeit beendet und ihre Position aufgegeben, „glüht“ der Deckel der wärmebedienten Puppenzelle noch eine Zeitlang nach (Abb. 3).

Mit dieser Heizstrategie kann eine Heizbiene gerade mal einen einzigen Puppenzelldeckel, der exakt die Größe der Bienenbrust hat, mit Wärme aufladen.

Betrachtet sich ein Heizungsingenieur dieses System der Wärmeübertragung von einer heißen Bienenbrust auf einzelne Zelldeckel, kommen ihm Bedenken zu dessen Wirkungsgrad. Die heiße Biene strahlt Wärme nach allen Seiten ab, nicht nur nach unten zur Puppe, wo die Wärme hin



Jürgen Tautz (geb. 1949), hat nach seinem Studium der Biologie, Geografie und Physik an der Universität Konstanz über ein sinnesökologisches Thema promoviert. Nach Arbeiten zur Bioakustik von Insekten, Fischen und Fröschen gründete er 1994 die BEEgroup an der Universität Würzburg, die sich mit Grundlagenforschung zur Biologie der Honigbiene befasst. Neben seiner wissenschaftlichen Tätigkeit (mit bis dato etwa 140 Publikationen, darunter etwa 30 Titelgeschichten unter anderem in Science und Nature) verfolgt Jürgen Tautz eine erfolgreiche Öffentlichkeitsarbeit, in der er ein breites Publikum für die Lebenswissenschaften interessieren möchte. Dafür wurde er von EMBO in den Jahren 2005, 2007 und 2008 als einer der besten europäischen Wissenschaftskommunikatoren ausgezeichnet. Sein aktuelles „Herzblutprojekt“ ist die globale Bildungsplattform HOBOS, Lernen mit und von den Honigbienen (<http://www.hobos-online.de>).

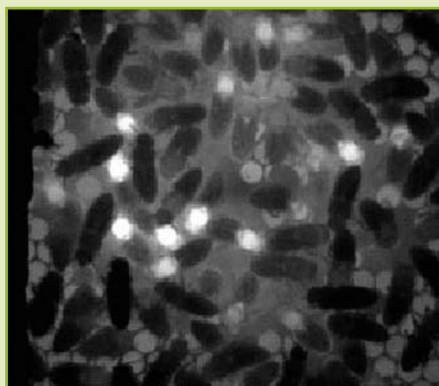


Abb. 2 Auf der thermografischen Aufnahme, in der die heißen Brustabschnitte der Bienen weiß hervortreten, fällt auf, dass „heiße Bienen“ im Brutnest auf den gedeckelten Bereich des Brutnestes beschränkt sind. Das umgebende ungedeckelte Wabenareal mit den klar erkennbaren Rändern der Zellen ist frei von Heizerbienen.



Abb. 3 Schiebt man eine Heizbiene, die sich bereits eine Zeit lang an einen Zelldeckel angepresst hat, beiseite, erkennt die Thermokamera einen „hot spot“, hier als gelben Fleck im Zentrum der Abbildung auf einem Zelldeckel genau dort, wo die Biene ihren Brustabschnitt angepresst hatte.



Abb. 4 Drei Arbeiterinnen stecken kopfüber tief in einer der leeren Zellen im gedeckelten Brutnestbereich.

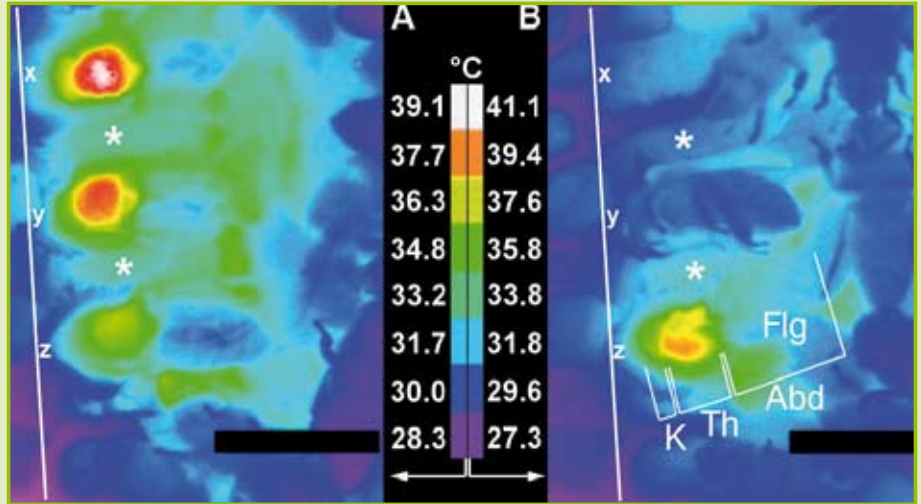


Abb. 5 Wärmebild einer verdeckelten Brutnestregion längs geöffnet. Vier Heizerinnen mit unterschiedlichen Körpertemperaturen und eine ruhende Biene mit Umgebungstemperatur (blau; y in der rechten Gruppe) füllen dicht beieinander leeren Zellen aus. x,y,z markieren die Böden der sechs Zellen, in denen die Bienenstecken. Die Sterne kennzeichnen die Lage von vier Puppen, Abd=Abdomen oder Hinterleib, Flg=Flügel, K=Kopf, Th=Thorax oder Brustabschnitt der Bienen. Die Skala zeigt die Temperatureichung des Wärmebildes.

soll. Sie verliert mehr davon an die Umgebung, als sie auf die unter ihr liegende Zielzelle bringen kann.

Doch die Natur verschwendet nichts. Die Honigbienen haben eine Zentralheizung erfunden, deren Details höchst erstaunlich sind.

Die gedeckelten Brutbereiche von Bienenwaben sind nie über größere Flächen hinweg vollkommen geschlossen. Man findet selbst in den am komplettesten versiegelten Brutbereichen gesunder Bienenvölker einzelne leere Zellen eingestreut, die im Brutbereich gesunder Kolonien in der Regel zwischen 5 % und 10 % der Zellen ausmachen. Wirklich leer sind diese leeren Zellen allerdings selten. Oft sind sie von Bienen besetzt. Die stecken, Kopf voran, in diesen Zellen (Abb. 4).

Von außen und ohne technische Hilfsmittel ist nicht zu erkennen ist, was diese Bienen in den Zellen unternehmen. Um hier weiterzukommen, ist es notwendig, solche Zellen vorsichtig seitlich zu öffnen. Man sieht die Bienen fest in die Zellen gepackt und mit ihren Beinen nach hinten ausgerichtet. Richtet man aber die Thermokamera auf diese Bienen, springt ein extremer Temperaturunterschied zwischen Tieren, die in leeren Zellen stecken, ins Auge (Abb. 5).

Nach einer Zeitspanne von drei Minuten bis maximal 30 Minuten verlässt eine sol-

che Heizerbiene abgekühlt die Zelle. Diese Zeitbegrenzung des Zellaufenthaltes ist gut nachzuvollziehen. Die Körpertemperatur als Dauerleistung derart hoch zu halten, kostet die Bienen enorm viel Energie. Nach maximal einer halben Stunde sind alle Reserven der Bienen aufgezehrt.

Die Energie für die hohe Heizleistung beziehen die Bienen aus dem Honig. Ein starkes Volk kann im Laufe eines Sommers bis zu 300 Kilogramm Honig produzieren. Den geringsten Anteil davon kann man zu einer Zeit im Nest finden, da der Honigumsatz enorm hoch ist. Der Honig dient in erster Linie nicht als Nahrung im klassischen Sinne zur Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen der Biene, sondern der Energiegehalt des Honigs wird zum allergrößten Teil in Wärme für das Brutnest im Sommer und das Warmhalten der Wintertraube in der kalten Jahreszeit eingesetzt. Die großen Honigreserven des Bienenvolkes sind demnach kein Futter im üblichen Sinne, sondern der Honig ist Brennstoff zur Heizung des Brutnestes im Sommer und zur Temperierung der Wintertraube während der kalten Jahreszeit.

Den Honig produzieren die Bienen aus Nektar, den sie an den Blüten sammeln. Der Nektar enthält hoch konzentriert energiereiche Zuckerverbindungen, die von der Pflanze wiederum mithilfe der Sonnenenergie synthetisiert werden.

Hierzu ein paar Zahlen:

- Der Energiegehalt eines nektarvollen Kropfes einer heimkehrenden Sammelbiene beträgt 500 Joule.
- Der Energieverbrauch einer Sammelbiene beträgt pro Flugkilometer etwa 6,5 Joule. Für einen mittelweiten Ausflug muss sie demnach 10 Joule aufbringen. Sie bringt 50-mal so viel Energie zurück ins Nest, als sie bei einem solchen Ausflug verbraucht.
- Eine Sammelbiene trägt im Laufe eines durchschnittlichen Lebens fünfzig Kilojoule ins Nest.
- Die Sammelstreitmacht eines Volkes, an der sich im Laufe eines Sommers aufaddiert nacheinander mehrere 100.000 Tiere beteiligen, schleppt in einer Sommersaison in mehreren Millionen Sammelflügen etwa 3-4 Millionen Kilojoule an Energie ins Nest.
- In einem Milligramm Honig stecken – im Zucker gebunden – 12 Joule chemische Energie. Die Verbrennung eines Kilogramms Honig erbringt demnach 12.000 Kilojoule.
- Pro Sekunde Thorax-Heizleistung verbraucht eine Biene, um 40 Grad Celsius zu erreichen, 65 Millijoule.
- Nach einer maximalen Heizperiode von 30 Minuten hat eine solche Heizbiene

120 Joule verbrannt, die sie vor allem aus ihrem Blutzucker bezieht.

- Während der gesamten Brutperiode verbrennen die Heizerbienen mit etwa 2 Millionen Kilojoule mehr als 2/3 der im Sommer insgesamt verbrauchten Energie.
- Die zur Brutnesttemperierung erzeugte Wärmeenergie entspricht einer Dauerleistung von 20 Watt. Würden die Bienen diese Energie in eine Glühbirne stecken, könnten sie ihr dunkles Nestdasein recht ordentlich erhellen.
- Ebenfalls 2 Millionen Joule werden zur Temperierung der Wintertraube verbrannt. Das restliche Fünftel der von den Bienen im Sommer eingesammelten Energiemenge dient allen anderen Aktivitäten der Bienen als Energiequelle.

Honigbienen haben es im Laufe ihrer Evolution geschafft, von den Blütenpflanzen gespeicherte Sonnenenergie als Brennstoff in Form von Honig einzusetzen, um damit die Zentralheizung ihres Brutnestes zu betreiben. Der Honig als Energiespeicher macht das Bienenvolk unabhängig vom aktuellen Energieangebot der Umgebung, ohne dabei die nachwachsenden Ressourcen zu erschöpfen.

Ist das nicht der Traum für die Energieversorgung künftiger Menschheitsgenerationen?

- Tautz@biozentrum.uni-wuerzburg.de

Abbildungsnachweis:

Die Abbildungen des Beitrags sind entnommen dem Buch „Phänomen Honigbiene“ (J.Tautz & H.R.Heilmann, Spektrum-Verlag 2007).

Nachhaltiger Umgang

HOBOS (HonigBienen Online Studien) ist ein Internetportal, das als Lehr- und Forschungsinstrument einen tiefen Einblick in das Leben einer Honigbienenkolonie gewährt. Ein Bienenkorb hängt im kleinen Garten des Bienenforschungszentrums. Kameras überwachen den Ein- und den Ausgang, raffinierte Messgeräte im Inneren beantworten rund um die Uhr Fragen. Schulen sind die wichtigsten Zielgruppen für HOBOS, das aber auch von allen Menschen genutzt werden kann, die an Natur und Wissenschaft interessiert sind.

Welche Art von Beobachtungen können gemacht werden?

- HOBOS bietet klassische Verhaltensbeobachtungen durch webcams, entsprechend direkten Beobachtungen
- HOBOS bietet dem Nutzer ein breites Spektrum an Daten, abgeleitet aus dem Inneren des Bienenvolkes, von individuellen Bienen und aus der Umwelt des Bienenstockes.
- die online-Beobachtungen können kontinuierlich ohne Unterbrechung durchgeführt werden.
- alle Verhaltensweisen und Daten können jederzeit offline abgerufen werden.
- Daten und Beobachtungen können selektiert, gefiltert und gruppiert werden, je nach Fragestellung durch den Nutzer.

Was wird noch angeboten?

Das HOBOS-team wird Vorschläge machen, welche Aspekte zur Biologie der Honigbiene beobachtet und studiert werden können und es wird Lernpakete aus Texten, Fotos, Videoclips und weiteren Medien als Hintergrundinformation zu Vorgängen und Ereignissen im Bienenvolk anbieten.

→ **Weitere Informationen unter www.hobos-online.de**

Für das globale Bildungsprojekt HOBOS werden noch Sponsoren und Partner gesucht. Interessenten wenden sich bitte direkt an Prof. Dr. Jürgen Tautz.

1/3

Anzeige