



„Heizerbienen“ und ihr Verhalten im Brutnest

Raumklimatisierung: Meisterleistung der Honigbiene

Die Klimatisierung des Brutnestes gehört zu den erstaunlichen Gemeinschaftsleistungen der Honigbienen, deren Einzelheiten wir erst so allmählich zu verstehen beginnen. Das Ziel der Brutnestklimatisierung ist die Einstellung der Temperatur der gedeckelten Brut auf einen Bereich zwischen 33 und 36 Grad Celsius. (Abb.1) In diesem Beitrag soll betrachtet werden, wie dieses Ziel erreicht wird. Es wird nicht darauf eingegangen, welche Rolle die physikalischen Eigenschaften der Waben spielen, was unsere bisherigen Kenntnisse darüber sind und wozu diese exakte Klimatisierung wichtig ist. Diese Aspekte sind kommenden Beiträgen vorbehalten.

Heizen oder kühlen

Die Aufgabe, in einem bestimmten Nestbereich eine sehr eng begrenzte Temperatur einzustellen, erfordert je nach vorherrschender Umgebungstemperatur unterschiedliche Vorgehensweisen seitens der Bienen. Ist die Umgebung zu kühl, muss gewärmt werden, ist die Umgebung zu warm, muss gekühlt werden. Letzteres erreichen die Bienen, indem sie durch Schwirren der Flügel kühlende Luftströmungen erzeugen. Zusätzlich kann Wasser in das Nest eingetragen und dort fein verteilt werden, um den Effekt der Verdunstungskälte zu nutzen, oder es wird am effek-

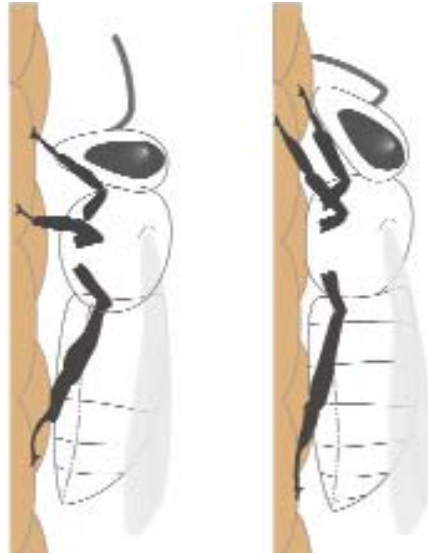


Abb. 1: Bienen auf der Wabenoberfläche halten normalerweise ihren Körper in Abstand zum Untergrund (oben). „Heizbienen“ auf den Deckeln von Brutzellen drücken dagegen ihren aufgeheizten Brustabschnitt auf einen Zelldeckel. Diese „abgesenkten“ Bienen besitzen eine Körpertemperatur von bis zu 41 Grad Celsius

tivsten eine Kombination aus beidem eingesetzt.

Muss die Temperatur des Brutnestes dagegen erhöht werden, erzeugen die

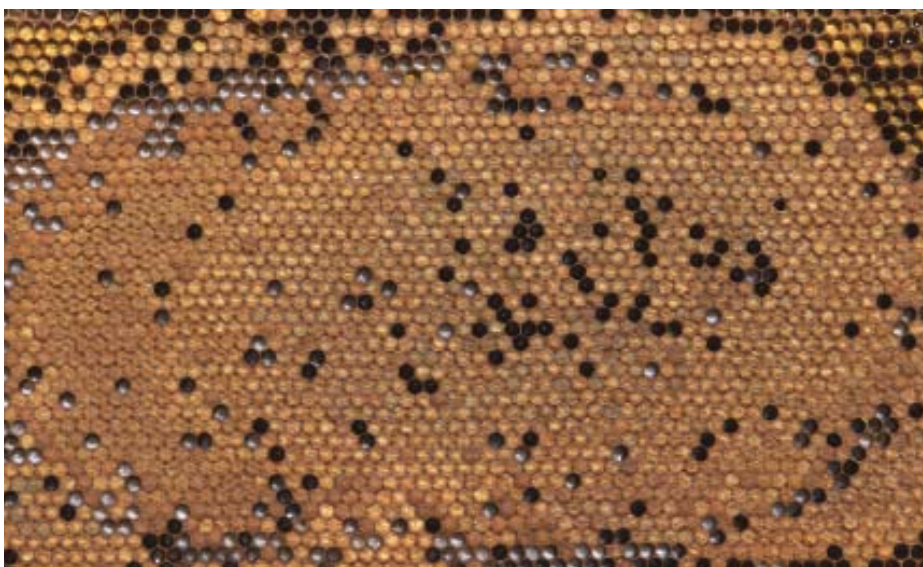
Bienen Wärme, indem sie ihre Flugmuskulatur in ein kaum spürbares Zittern versetzen. Die so gebildete Wärme wird an die Umgebung abgegeben. Als Energiequelle dient der Honig, der als „Brennstoffvorrat“ im Nest gelagert wird.

Durch diesen Zusammenhang wird leicht verständlich, wieso die freilebenden tropischen Honigbienenarten (wenn sie nicht gerade hoch im Himalaja-Gebirge leben) auf umfangreiche Brennstoff- und damit Honigvorräte verzichten können. Sie benötigen diese nicht, da sie häufiger Kühl- als Wärmeaufgaben zu bewältigen haben. Inwieweit weitere Zusammenhänge zwischen Meereshöhe - und damit der mittleren Jahrestemperatur - und der Biologie den jeweils ansässigen verschiedenen Bienenarten bestehen, haben wir ebenfalls begonnen zu untersuchen.

Alt bekanntes Phänomen neu untersucht

Die Tatsache, dass Honigbienen das Brutnest wärmen, ist bekannt, seit der Mensch imkert - leicht feststellen lässt es sich z. B. durch Handauflegen auf die Brutwaben. Bereits 1793 verwendete Francois Huber ein Quecksilberthermometer zur Bestimmung der Brutnesttemperatur. Derartige Untersuchungen wurden durch spätere Forschergenerationen weiter verfeinert. Um jedoch das Verhalten einzelner Bienen bei der Temperaturregulierung zu untersuchen und damit tiefer in Details dieses faszinierenden Phänomens eindringen zu können, fehlten bis vor kurzem geeignete Untersuchungsmöglichkeiten. Es wurde daher wenig Neues in Erfahrung gebracht und viel spekuliert.

Erst einige technologische Neuerungen der letzten Zeit, wie Miniatur-Wärmesonden, Video-Thermographie und Computer gestützte Erfassung von Daten, eröffneten neue Möglichkeiten. Dies veranlasste uns, den Komplex der Brutnestwärmung neu aufzugreifen. Dabei haben wir alte Auffassungen bestätigen, andere widerlegen können und insgesamt erste Grundstrukturen eines der faszinierendsten Bereiche der Sozio-Physiologie eines Bienenvolkes erhalten.



Brutwabe der Honigbiene *A. m. carnica*. Der Bereich mit gedeckelter Brut im Zentrum der Wabe wird von den Bienen in einem Temperaturbereich von 33 - 36 Grad Celsius gehalten

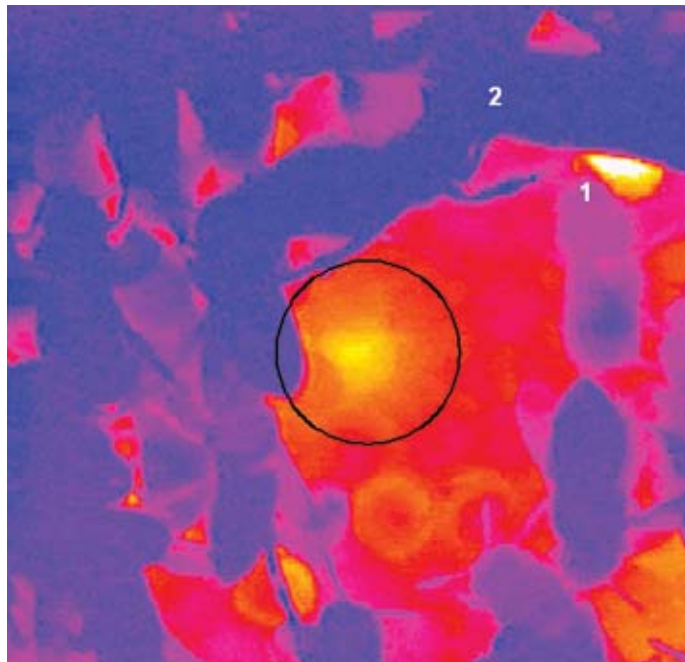


Abb. 2: Thermographische Aufnahme aus dem Brutnest; niedrigere Temperaturen werden durch blaue und violette Farbtöne wiedergegeben, rote und gelbe Tönen stellen höhere Temperaturen dar. Nicht heizende Biene (1) und Heizbiene (2, halb verdeckt). Schiebt man eine Heizbiene beiseite, wird auf dem Zelldeckel der Wärmeabdruck sichtbar (gelber Fleck im Ring)

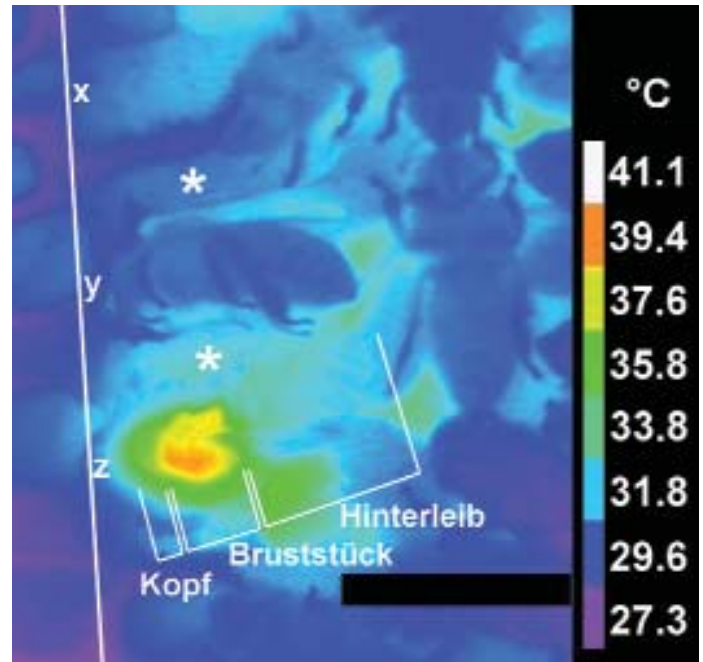


Abb. 4: Thermographische Aufnahme aus dem Brutnest: eine ruhende (oben) und eine Brut wärmende Biene im Inneren von leeren Zellen im Brutbereich (die untere Biene liegt mit der Unterseite nach oben). Die Wände gedeckelter Brutzellen sind mit einem Stern (*) markiert.

Nicht die Brut wärmt, die Bienen tun's!

Die alte Kenntnis eines warmen Brutnestes und die ebenso alte Beobachtung, dass sich viele Bienen im Brutnest aufhalten, wurden über lange Zeit so gedeutet, dass die Brut die Wärmequelle darstellt und die Bienen im Brutbereich sich dort aufwärmen. Die Wärmekamera, die es erlaubt, ein Wärmebild des Brutnestes und der darin befindlichen Bienen aufzuzeichnen, bescherte uns zwei wichtige Einsichten:

1. Eine Bestätigung der Beobachtung von Himmer von 1927, dass nicht die Brut, sondern die Bienen im Brutbereich die Hauptwärmequellen sind und
2. es nicht die Larven in offenen Zellen, sondern die gedeckelten Brutzellen sind, die wärmetechnisch intensiv betreut werden.

„Heizer“ in allen Altersstufen

Wir haben in einem 3.000-köpfigen Volk alle Arbeiterinnen nach ihrem Geburtsdatum markiert. Wir wollten untersuchen, ob das Brutwärmeverhalten, ähnlich anderen daraufhin untersuchten „Bienenberufen“, von einer bestimmten Altersgruppe bevor-

zugt ausgeübt wird. Es zeigte sich, dass sich keine spezielle Altersgruppe als Wärmequelle im Brutbereich aufhält (Abb.2), allerdings beteiligen sich 1 - 2 Tage alte Jungbienen noch nicht. Kühlt man den gedeckelten Brutbereich künstlich herunter, so bewegen sich Bienen aus den umliegenden Nestbezirken in die Region, die durch den Eingriff nun stärker beheizt werden muss.

Gezielte Temperatursteuerung

Wie bringt es das Bienenvolk fertig, die Bruttemperatur so genau einzustellen? Lange Zeit hat man gedacht, dass dies möglicherweise nur ein Nebenprodukt der Tatsache ist, dass die Bienen sich im Brutnest ansammeln und ihre eigenen Körpertemperaturen auf für sie angenehmen Werten halten. Unsere Untersuchungen erbrachten jetzt die klare Einsicht, dass die Arbeiterinnen

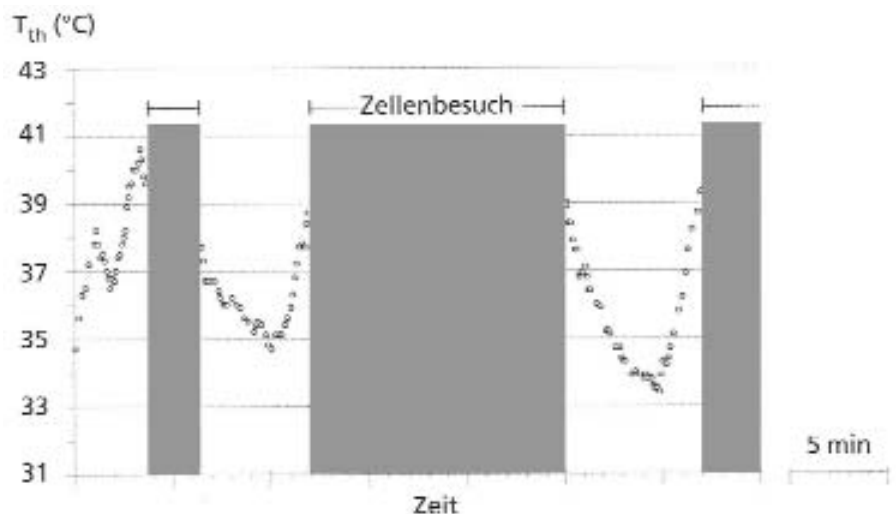


Abb. 3: Temperaturverlauf des Brustabschnittes einer Heizbiene, die sich jeweils auf das Eindringen in eine leere Zelle im Brutbereich vorbereitet



sehr wohl die Bruttemperatur messen und gezielt beeinflussen.

Durch Verfolgen einzelner Arbeiterinnen im Brutbereich haben wir hier mehrere Beobachtungen machen können: Heizende Bienen zeichnen sich dadurch aus, dass sie über Zeitspannen von bis zu 30 Minuten fast völlig unbeweglich sind. Sie nehmen dabei zwei sehr unterschiedliche Positionen ein:

- > Entweder sitzen sie auf dem Deckel einer Brutzelle oder
- > sie stecken im Innern einer leeren Zelle im gedeckelten Brutbereich, und man sieht von ihnen nur noch die Hinterleibsspitze.

Damit sind auch schon die beiden unterschiedlichen Heizstrategien genannt, die wir nun im Einzelnen betrachten.

„Kontaktheizer“ auf Zelleckeln

Normalerweise ist der Körper von Bienen über der Wabenoberfläche erhoben, was selbst für ruhende oder sogar schlafende Bienen gilt. Es gibt aber auch Bienen auf der Wabe, die lange und ruhig in der Region mit gedeckelter Brut verharren und von der Seite betrachtet eine ungewöhnliche Körperhaltung einnehmen. Sie ziehen ihren Körper dicht an die Wabenoberfläche heran und drücken auf diese Weise ihren Brustabschnitt auf einen Zelldeckel (Abb.3).

Diese Beobachtungen führen zu der Vermutung, dass das Anpressen des Körpers auf die Wabenoberfläche einer besseren Wärmeübertragung auf die unter dem Deckel ruhende Puppe gilt. Und in der Tat ist es so, dass durch das Beiseiteschieben einer sich andrückenden Heizbiene ein Wärmeabdruck auf dem Zelldeckel sichtbar wird (Abb.4). Das Brutwärmen der Bienen ist damit ein sehr spezifisches Verhalten, mit dem

die Wärme des Brutstücks gezielt auf die Wabe übertragen werden kann und nicht einfach nur ein Nebenprodukt ungezielter Wärmeerzeugung.

„Rundumheizer“ in den Zellen

Ungleich schwieriger ist es, die Bienen zu beobachten, die unbeweglich über längere Zeit im Innern leerer Zellen stecken. Wir konnten zwar feststellen, dass sich die Bienen vor dem Einschlüpfen in leere Zellen aufheizen (Abb.5), waren sie aber einmal in den Zellen verschwunden, konnte man nur noch die Hinterleibsspitze sehen. Erst ein speziell konstruierter Beobachtungsstock erlaubte es uns, solchen Bienen zuzusehen und ihre Körpertemperatur zu messen.

Dabei zeigte sich, dass in der Regel die Bienen, die in der Brutregion in leeren Zellen stecken, eine Körpertemperatur bis nahe 42 Grad Celsius besitzen (Abb.6, 7). Die Heizbienen stecken bis zu 30 Minuten mit einer derart hohen Körpertemperatur in den Zellen und verlassen sie offenbar erst dann, wenn ihre Energiereserven erschöpft sind.

Allerdings gibt es auch kühle, echt ruhende Bienen in leeren Zellen. Mit etwas Übung lässt sich auch ohne technischen Aufwand feststellen, ob Bienen in leeren Zellen heizen oder ruhen: Heizende Bienen atmen heftig, gut ersichtlich am kontinuierlichem „Pumpen“ des Hinterleibs, ruhende Bienen atmen nur phasenweise, erkennbar an der über längere Zeiten unbeweglichen Hinterleibsspitze.

Ein offensichtlicher Unterschied zu den Heizbienen, die sich auf einen

Zelldeckel andrücken, besteht in der Menge der Puppen, die gewärmt werden können: Ist eine leere Zelle von gedeckelten Brutzellen umgeben, erreicht eine einzige Heizbiene sechs Puppen, wogegen über den Deckel nur eine einzige Puppe direkt erreicht werden kann. Die heute so gerne angestrebten geschlossenen Brutflächen wären in konsequenter Schlussfolgerung aus diesen Beobachtungen vielleicht wärmetechnisch für die Bienen gar nicht so günstig. Um hier Klarheit zu verschaffen verfolgen wir derzeit die Frage, wie viele leere Zellen in einer Brutregion sinnvoll sind, um eine optimale Versorgung aller Puppen mit dieser Strategie zu erreichen. Hier kann man weiterkommen, wenn man sich die Wärmeausbreitung in einer Brutwabe betrachtet. Die Resultate dieser Arbeit werden in einem kommenden Beitrag vorgestellt.

Von: Prof. Dr. Jürgen Tautz, Marco Kleinhenz, Brigitte Bujok, group, Biozentrum, Am Hubland, Universität, D-97074 Würzburg
Dr. Stefan Fuchs, Institut für Bienenkunde (Polytechnische Gesellschaft) Fachbereich Biologie der J. W. Goethe-Uni, Frankfurt am Main, Karl-von-Frisch-Weg 2, 61440 Oberursel

Fotos: Kleinhenz, Bujok und Tautz

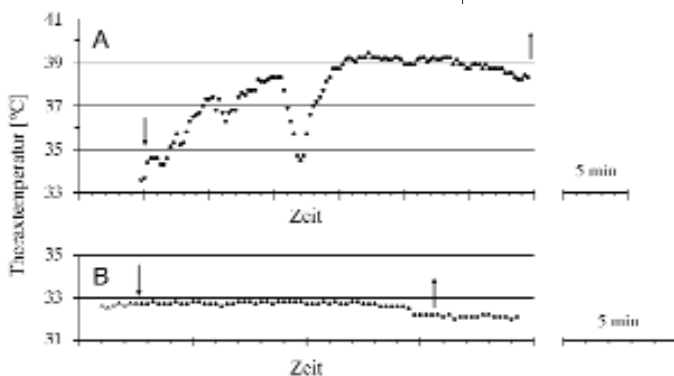
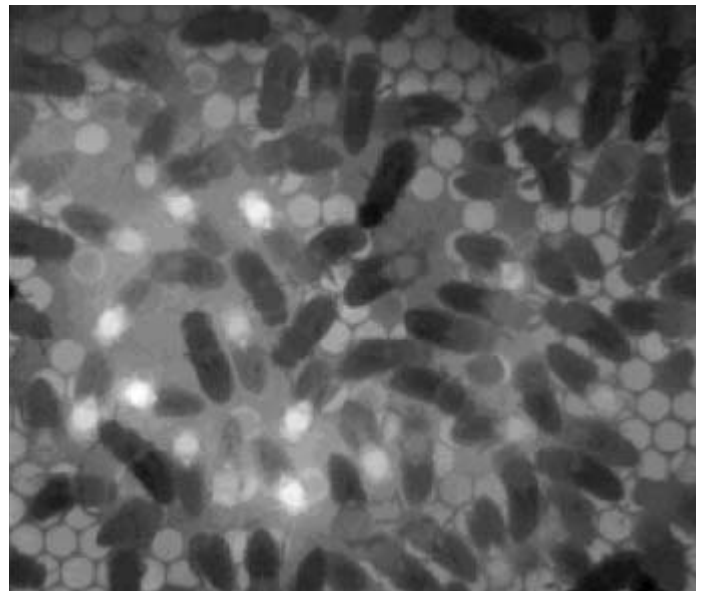


Abb.5: Temperaturverlauf des Brustabschnittes (Thorax) einer Heizbiene, die sich in einer leeren Zelle im Brutbereich aufhält. A: Heizbiene. B: ruhende Biene. Pfeil nach unten: Biene geht in leere Zelle, Pfeil nach oben: Biene verlässt leere Zelle



Thermographische Aufnahme der Brutregion. Bienen mit hell abgebildetem Brustabschnitt ("heiße Bienen") sitzen auf den Deckeln von Brutzellen (diffus dunkelgrau unter den Bienen zu erkennen). Hellgrau ist die Struktur von offenen Zellen im Randbereich der Abbildung zu sehen