

Roboter in den Zonen direkt unter der Lampe aufzufinden. Nach dieser Auswertung wurden Experimente in einer veränderlichen Umwelt durchgeführt wobei zwei Lampen, die periodisch ihre Lichtintensität veränderten, verwendet wurden. Die vier Phasen eines solchen Experiments hatten folgende Lichtintensitäten auf der linken und rechten Seite: 1) L:aus R:gedimmt; 2) L:hell R:gedimmt; 3) L:gedimmt R:hell; 4) L:gedimmt R:aus. Die nachfolgenden statistischen Auswertungen zeigten unter anderem, daß ein Roboterschwarm der bereits unter einer gedimmten Lampe (in Phase 1 rechts) aggregiert ist, sich in kurzer Zeit für die hellere Lampe (in Phase 2 links) umentscheidet. Untersucht man nur die Anzahl der aggregierten Roboter unter der gedimmten Lampe ist ein weiterer signifikanter Effekt ersichtlich: Wenn eine zusätzliche, "konkurrierende" helle Lampe (in Phase 2 und 3) vorhanden ist, nimmt die Anzahl der aggregierten Roboter unter der gegenüberliegenden, gedimmten Lampe ab. Diese Ergebnisse bestätigen, daß der von Honigbienen inspirierte Algorithmus einem Roboterschwarm ermöglicht mit einfachsten Mitteln flexibel und robust auf veränderbare Umwelten zu reagieren. In neueren Experimenten mit Bienen in einer Testarena mit veränderbaren Temperaturgradienten ist ein solches Schwarmverhalten ebenfalls zu beobachten.

Das Thema wurde im Rahmen folgender Projekte erarbeitet:

EU-IST FET Projekt I-Swarm, no. 507006 (Leiter: Univ.-Prof. Dr. H. Römer & Univ.-Prof. Dr. K. Crailsheim)

FWF-Projekt P19478-B16: Aggregation junger Honigbienen in einem Temperaturgradienten (Leiter: Dr. T. Schmickl).

Anschrift der Verfasser: Dr. Thomas SCHMICKL  
Mag. Dr. Ronald THENIUS  
Univ.-Prof. Dr. Karl CRAILSHEIM  
Institut für Zoologie  
Karl-Franzens-Universität  
Universitätsplatz 2  
8010 Graz, Austria  
E-Mail: [thomas.schmickl@uni-graz.at](mailto:thomas.schmickl@uni-graz.at)

Christoph MÖSLINGER  
Fachhochschule St. Pölten  
Matthias-Corvinus-Straße 15  
3100 St. Pölten, Austria

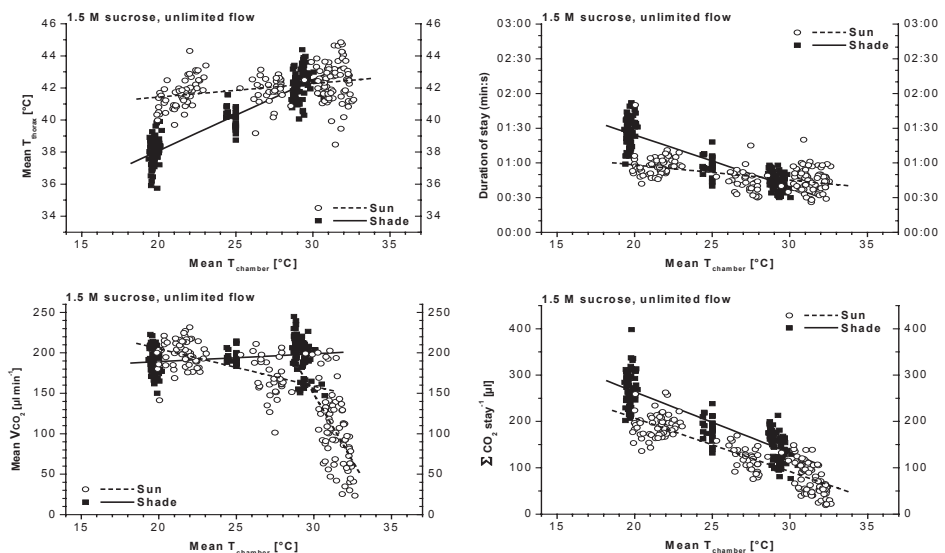
## **Energetik und Thermoregulation sammelnder Honigbienen**

A. STABENTHEINER & H. KOVAC

Endotherme Insekten wie Honigbienen haben, auf Grund ihrer geringen Körpergröße mit enormen Wärmeverlusten zu kämpfen. Beim Sammeln verringern diese Verluste die Rentabilität und fordern daher Optimierung. Um aber möglichst große Nektarmengen in möglichst kurzer Zeit sammeln zu können, müssen Bienen ihre Flugmuskulatur auf möglichst hoher Temperatur halten. Neben der endogenen Wärmeproduktion können sie

auch die Sonne als (externe) Wärmequelle nützen. In der vorliegenden Arbeit untersuchten wir den Zusammenhang zwischen Energieaufwand ( $\text{CO}_2$ -Produktion) und Thermoregulation von Bienen, die an künstlichen Blüten sammelten, in Abhängigkeit von Umgebungstemperatur, solarer Einstrahlung und Rentabilität der Sammeltätigkeit.

Die Bienen wurden darauf dressiert, im Freiland in einer Meßkammer an einer künstlichen Blüte Zuckerslösungen unterschiedlicher Konzentration und Flußrate zu sammeln. Ihre  $\text{CO}_2$ -Produktion wurde mittels Durchfluß-Respirometrie (URAS 14, ABB) und gleichzeitig ihre Körper-Oberflächentemperatur mittels Infrarot-Thermografie (ThermaCam, FLIR) durch den infrarotdurchlässigen Deckel der Meßkammer gemessen. Temperaturen wurden mit Thermoelementen und die Globalstrahlung mit einem Mini-Pyranometer gemessen (Ahlborn).



**Abb. 1:** Mittlere  $\text{CO}_2$ -Produktionsrate ( $V_{\text{CO}_2}$ ), Thoraxtemperatur ( $T_{\text{thorax}}$ ), Aufenthaltsdauer und  $\text{CO}_2$ -Produktion/Aufenthalt ( $\text{CO}_2 \text{ stay}^{-1}$ ) von Honigbienen beim Sammeln von 1,5 M Saccharoselösung (unlimitierter Fluß) an einer künstlichen Blüte in einer respirometrischen Kammer, in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur ( $T_{\text{chamber}}=T_a$ ). Strahlung: im Schatten  $<100 \text{ W/m}^2$ ; in der Sonne  $>500$ , im Mittel  $\sim 700 \text{ W/m}^2$ . Symbole repräsentieren Mittelwerte/Aufenthalt.

Bei sehr hoher Sammelmotivation (sehr süßes 1,5-molares Zuckerwasser im unlimitierten Fluß) war der Zusammenhang von Stoffwechselumsatz ( $V_{\text{CO}_2}$ ) und Thoraxtemperatur ( $T_{\text{th}}$ ) mit Umgebungstemperatur ( $T_a$ ) und Intensität der Sonneneinstrahlung unerwartet komplex (Abb. 1). Im Schatten war der  $V_{\text{CO}_2}$  entgegen den Erwartungen unabhängig von der  $T_a$  konstant hoch, in der Sonne sank er mit steigender  $T_a$  zuerst nur schwach, ab einer  $T_a$  von 30 °C aber sehr stark. Bei niedriger  $T_a$  nutzten die Bienen die solare Wärme eher, um die Thoraxtemperatur hoch zu halten, bei hoher  $T_a$  eher, um Energie zu sparen. Bei mittlerer Sammelmotivation (mittelsüßes 0,5-molares Zuckerwasser im limitierten Fluß von 15  $\mu\text{l}/\text{min}$ ) sank der  $V_{\text{CO}_2}$  auf einem insgesamt niedrigeren Niveau im Schatten und in der Sonne mit steigender  $T_a$  (Schatten:  $\sim 130$  bzw.  $\sim 70 \mu\text{l}/\text{min}$ , Sonne:  $\sim 80$  bzw.  $\sim 25$

$\mu\text{l}/\text{min}$  bei 20 bzw. 30 °C), während die Körpertemperatur annähernd konstant blieb (Schatten:  $\sim 37,3$  °C, Sonne:  $\sim 38$  °C). Bei allen  $T_a$  nützten die Bienen die Sonne in ähnlichem Ausmaß sowohl um Energie zu sparen ( $V_{\text{CO}_2}$  in der Sonne um ca. 70  $\mu\text{l}/\text{min}$  niedriger), als auch, um die Funktion der Flugmuskulatur zu verbessern ( $T_{\text{th}}$  in der Sonne ca. 0,5-1°C höher).

Der  $V_{\text{CO}_2}$  /Aufenthalt sank unter allen Versuchsbedingungen mit steigender  $T_a$ , wobei die Kosten/Aufenthalt beim limitierten Fluß deutlich höher waren. In der Sonne sparten sich die Bienen pro Aufenthalt je nach Versuchsbedingung zwischen 21-38 % des Energieaufwandes bei  $T_a = 20$  °C und zwischen 30-64 % bei  $T_a = 30$  °C.

Das Thema wurde im Rahmens des FWF-Projekt P16584 bearbeitet.

Anschrift der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. Anton STABENTHEINER  
Helmut KOVAC  
Institut für Zoologie  
Karl-Franzens-Universität  
Universitätsplatz 2  
8010 Graz, Austria  
E-Mail: [anton.stabentheiner@uni-graz.at](mailto:anton.stabentheiner@uni-graz.at);  
[he.kovac@uni-graz.at](mailto:he.kovac@uni-graz.at)

## **Verhalten junger Honigbienen in zweidimensionalen Temperaturgradienten**

M. SZOPEK, G. RADSPIELER, R. THENIUS, T. SCHMICKL & K. CRAILSHEIM

Setzt man junge Honigbienen einem eindimensionalen Temperaturgradienten in einer so genannten "Temperaturorgel" aus, sind diese in der Lage, in kurzer Zeit den Ort mit der bevorzugten Temperatur von etwa 36 °C zu finden. Neuere Untersuchungen an unserem Institut, bei denen die Bienen einem zweidimensionalen Temperaturgradienten ausgesetzt wurden, zeigten überraschende Ergebnisse: Nur manche Einzelbienen haben die Fähigkeit unter solchen Bedingungen die Optimaltemperatur zu finden, d.h. den Ort mit der optimalen Temperatur aufzusuchen und dort sitzen zu bleiben. Dies hängt von der Steilheit des Gradienten ab. Vor allem Einzelbienen, die in einem flachen Gradienten getestet wurden, finden das Optimum häufig nicht, während sie in einem steilen Gradienten in der Regel erfolgreich sind. Demgegenüber finden größere Gruppen von Bienen auch in relativ flachen Gradienten zum Optimum, was als kollektive Leistung von sich immer wieder neu aggregierenden Gruppen von Bienen (Clustern) zu sehen ist. Zur näheren Untersuchung dieses Phänomens und zur Ermittlung von wesentlichen Verhaltensparametern der Bienen und deren Abhängigkeit von der Temperatur konstruierten wir eine runde Arena. Auf deren Wachsboden erzeugten wir mit Hilfe von Wärmelampen unterschiedliche Temperaturgradienten. Je nach experimentellem Erfordernis verwendeten wir einfache Gradienten, die einen Temperaturabfall von der optimalen Temperatur auf ein variables Pessimum aufwiesen oder komplexe Gradienten, die mittels zweier Wärmelampen generiert wurden. Diese wurden so eingestellt, dass sich ein optimaler und ein suboptimaler Bereich mit einem dazwischenliegenden Pessimum bildeten. Wir setzten

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Entomologica Austriaca](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [0016](#)

Autor(en)/Author(s): Stabentheiner Anton, Kovac Helmut

Artikel/Article: [Energetik und Thermoregulation sammelnder Honigbienen. 152-154](#)