

Die Entwicklung der Endothermie bei Honigbienen (*Apis mellifera carnica* POLLM.)

Jutta Vollmann, Anton Stabentheiner & Helmut Kovac

Institut für Zoologie der Universität Graz, Austria

Abstract: The development of endothermic heat production in honeybees (*Apis mellifera carnica* POLLM.).

Honeybees (*Apis mellifera*, Hymenoptera: Apidae) are heterothermic insects. They are able to produce heat with their thoracic muscles. They need the heat, for example, to regulate the temperature inside the hive, or to be able to fly out to forage. They also use the heat production to fight against enemies like hornets and wasps. The ability of heat production is not developed when they emerge. We investigated at which age honeybees start to produce heat and at which age this ability is completely developed.

We took bees from combs of two honeybee colonies, which had been placed in an incubator for emerging, and marked them with different colours, to know their age. The honeybees were separated in small boxes, which were mounted on a laboratory shaker. Before we started to measure the body temperature, the shaker was switched on to stimulate them to heat up their thorax. The body temperature was measured by the use of an infrared camera (AGA 782 SW, FLIR) at different ambient temperatures (32°C, 25°C, 18°C). The measurements were made with workers half an hour to 5 days old.

At 32°C and 25°C ambient temperature 1 of 16 of the 9h old bees (6%) showed heat production and at 18°C ambient temperature the first bee which raised her body temperature ($T_{\text{head}} < T_{\text{thorax}} > T_{\text{abdomen}}$; differences $\geq 0.2^\circ\text{C}$) was 4h old (6% showed heat production). Up to an age of 36h, however, this ability was developed only weakly. Only at the age of 5 days the intensity of endothermy (highest difference of temperature between thorax and abdomen or ambience) is fully developed in most bees. At this age, bees start to fly out of the hive for orientation.

Key words: heat production, honeybee, body temperature, thermoregulation, thermography

J. Vollmann, A. Stabentheiner, H. Kovac, Institut für Zoologie der Universität Graz,
Universitätsplatz 2, A-8010 Graz,
E-mail: Jutta.Vollmann@stud.uni-graz.at, Anton.Stabentheiner@uni-graz.at,
He.Kovac@uni-graz.at

Honigbienen regulieren die Temperatur im Volk unter anderem, indem sie aktiv Wärme produzieren, falls es erforderlich ist. Dies geschieht durch die Kontraktion der thorakalen Flugmuskulatur, die fast die gesamte Thoraxkapsel ausfüllt, ohne dass dabei die Flügel bewegt werden. Vor allem für die Entwicklung der Brut ist es besonders wichtig, dass die Temperatur im Volk, insbesondere im Brutnestbereich zwischen 34°C-35°C konstant gehalten wird, da es sonst zu Entwicklungsstörungen kommen kann (HIMMER 1932). Droht die Temperatur anzusteigen, sodass eine Überhitzung der Brut möglich wäre, wird von den Bienen Wasser zur Kühlung eingetragen (HESS 1926), und zusätzlich fächeln sie mit den Flügeln. Sinkt die Temperatur ab, so dass es zu kalt wird, erhöhen die Bienen die Temperatur durch Wärmeproduktion (SCHMARANZER et al. 1987, 1988a,b; BUJOK et al. 2002; STABENTHEINER & KOVAC 2002; STABENTHEINER et al. 2003). Außerdem benötigen Honigbienen die Fähigkeit, die Temperatur aktiv zu erhöhen, um flug- bzw. fluchtbereit zu sein. Um fliegen zu können, müssen sie ihre Flugmuskulatur auf über 28°C vorwärmen (STABENTHEINER & SCHMARANZER 1987, SCHMARANZER & STABENTHEINER 1991).

Die Fähigkeit, endogen Wärme zu erzeugen, ist bei frisch schlüpfenden Bienen noch nicht entwickelt (HIMMER 1932, STABENTHEINER & SCHMARANZER 1987). Das heißt, ihre Körpertemperatur entspricht der Umgebungstemperatur. Wir untersuchten daher, ab welchem Alter Bienen in der Lage sind, aktiv ihre Körpertemperatur über die Umgebungstemperatur zu erhöhen und wann diese Fähigkeit vollständig entwickelt ist.

Material und Methoden

Es wurden verdeckelte Brutwaben aus zwei verschiedenen Völkern entnommen und in den Brutschrank gegeben. Dort schlüpfen die Bienen aus den Waben. Um eine natürliche Futtermittellieferung zu gewährleisten, wurden sie zwischen den Messungen im Alter von 2-48 h zusammen mit Ammenbienen auf Honigwaben im Brutschrank gehalten. Nachher kamen sie zurück ins Volk und wurden erst kurz vor den Messungen von dort entnommen. Um sie entsprechend ihres Alters unterscheiden zu können, wurden sie mit verschiedenen Farbmarkierungen gekennzeichnet. Ihre Körpertemperatur wurde mittels Infrarotkamera (AGA 782 SW, FLIR) bei drei verschiedenen Umgebungstemperaturen gemessen (STABENTHEINER & SCHMARANZER 1987).

Die Bienen wurden einzeln in kleine Kästchen gegeben, die auf einem Laborrüttler montiert waren. Kurz vor den Messungen wurden sie durch Einschalten des Laborrüttlers und durch Licht zur Wärmeproduktion stimuliert. Der gesamte Aufbau befand sich in einem Klimaschrank, um verschiedene Umgebungstemperaturen zu erzeugen. Der Klimaschrank wurde auf 34°C, 25°C bzw. 15°C eingestellt. Die Umgebungstemperaturen wurden durch Thermoelemente in den Kästchen gemessen. In den Messkästchen ergaben sich im Mittel folgende Temperaturen: 32°C, 25°C bzw. 18°C. Die Bienen waren bei den Messungen 0,5h-5d (120h) alt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei 32°C bzw. 25°C zeigte bereits 1 von 16 der 9 Stunden alten Bienen (6%) eine Temperaturerhöhung im Thorax gegenüber den anderen Körperteilen ($T_{thorax}-T_{abdomen}$ und $T_{thorax}-T_{caput} \geq 0,2^\circ\text{C}$; Abb. 1). Dieses Ergebnis zeigte sich bei 18°C Umgebungstemperatur bereits bei einer 4 Stunden alten Biene. Das heißt, niedrige Umgebungstemperaturen stimulierten in Einzelfällen auch schon sehr junge Bienen zur aktiven Wärme-

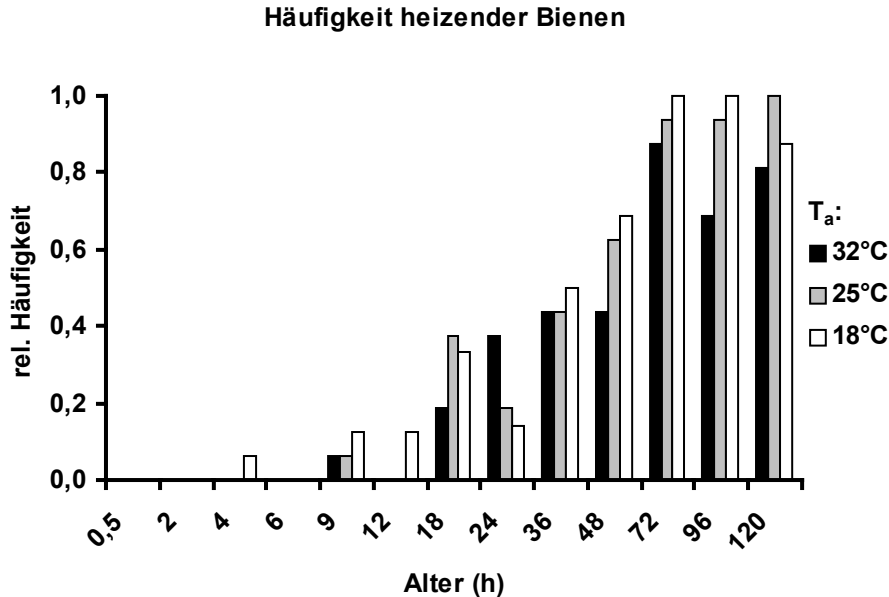


Abb. 1: Häufigkeiten der heizenden Bienen (n = 16 pro Altersstufe; T_a = Umgebungstemperatur). Eine Biene wurde als heizend eingestuft, wenn ihre Thoraxtemperatur mindestens um $0,2^\circ\text{C}$ höher war als die Caput- und Abdomentemperatur ($T_{caput} < T_{thorax} > T_{abdomen}$).

produktion (Abb. 3). Im Alter von 5 Tagen (120h) waren die meisten Bienen dazu in der Lage (Abb. 1). In diesem Alter beginnen Bienen ihre ersten Orientierungsflüge (VOLLBEHR 1975).

Einige Jungbienen sind zwar schon im Alter von wenigen Stunden in der Lage, ihre Körpertemperatur aktiv zu erhöhen, diese Fähigkeit ist aber bis zum Alter von 36 Stunden nur sehr schwach ausgeprägt (Abb. 2 und 3). Mit zunehmendem Alter vergrößert sich die Temperaturdifferenz zwischen dem Thorax (der Wärmequelle) und den anderen Körperteilen bzw. der Umgebung (Abb. 2). Voll ausgeprägt ist die Intensität der Endothermie (maximale Temperaturdifferenz zwischen Thorax und Abdomen bzw. Umgebung) aber erst im Alter von ca. 5 Tagen (120h; Abb. 2, Abb. 3).

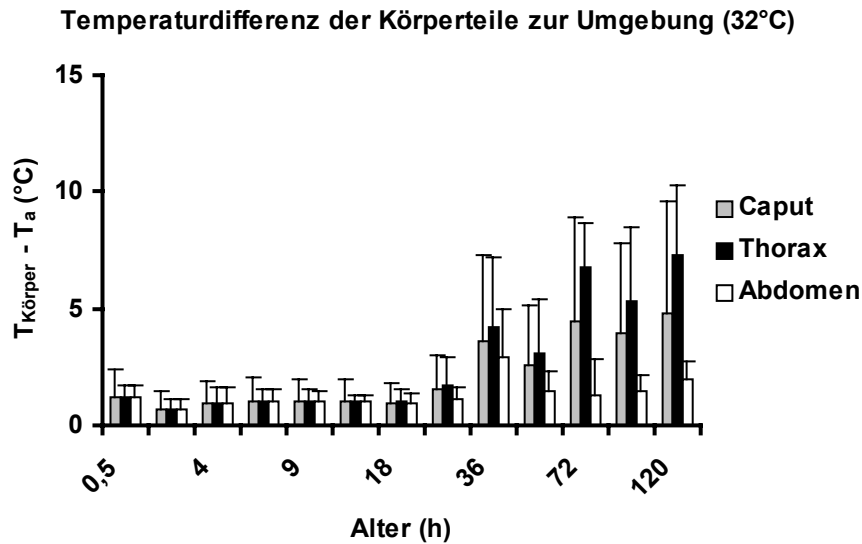


Abb. 2: Temperaturdifferenz der einzelnen Körperteile zur Umgebungstemperatur (T_a ; $n = 16$ pro Altersstufe).

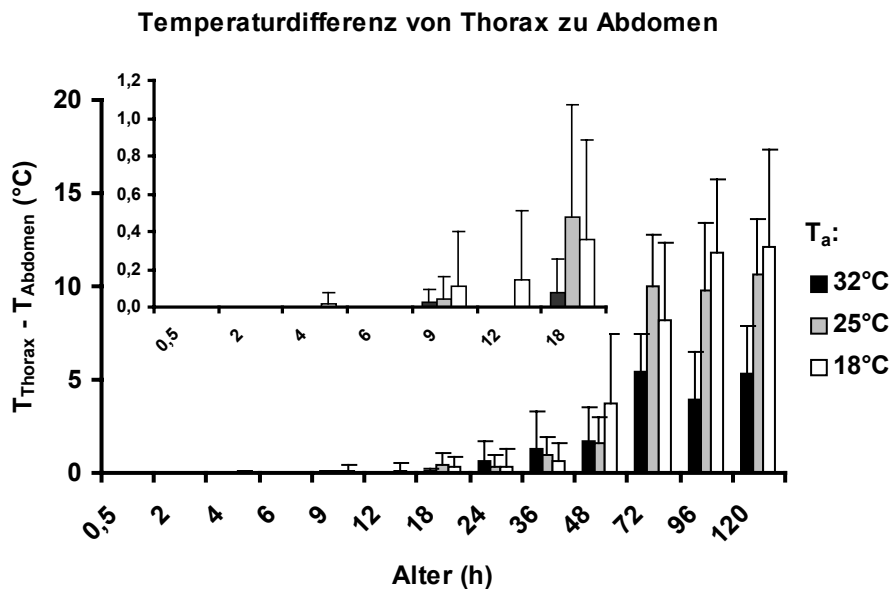


Abb. 3: Temperaturdifferenz von Thorax zu Abdomen aktiv heizender Bienen ($T_{thorax} - T_{abdomen}$ und $T_{thorax} - T_{caput} \geq 0,2^\circ\text{C}$; $n = 16$ pro Altersstufe; $T_a =$ Umgebungstemperatur).

Bienen sind unter extremen Bedingungen also schon sehr früh in der Lage, ihre Körpertemperatur zu erhöhen. Ob sie dies in diesem Alter auch im Volk tun, ist Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Dank

Gefördert durch den Österreichischen Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung (FWF) und das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wir danken KARL CRAILSHEIM für die Bereitstellung des Klimaschranks.

Literatur

- BUJOK, B., KLEINHENZ, M., FUCHS, S., TAUTZ, J. (2002): Hot spots in the bee hive. – *Naturwissenschaften* 89: 299–301.
- HEINRICH, B. (1993): The hot blooded insects. Strategies and mechanisms of thermoregulation. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- HESS, W.R. (1926): Die Temperaturregulierung im Bienenvolk. – *Z. Vergl. Physiol.* 4: 465-487.
- HIMMER, A. (1932): Die Temperaturverhältnisse bei den sozialen Hymenopteren. – *Biol. Rev.* 7: 224-253.
- SCHMARANZER, S., STABENTHEINER, A. (1991): Berührungslose Körpertemperaturmessung bei Insekten. – *Biologie in unserer Zeit* 21: 260-262.
- SCHMARANZER, S., STABENTHEINER, A., HERAN, H. (1987): Thermografie bei Bienen. – Film C 2046 des ÖWF Wien: Bundesinstitut für den Wissenschaftlichen Film. 16-mm-Film, Magnetton, Farbe, Deutscher Kommentar.
- SCHMARANZER, S., STABENTHEINER, A., HERAN, H. (1988a): Begleitveröffentlichung zum wissenschaftlichen Film C 2046 des ÖWF, „Thermografie bei Bienen“. – *Wiss. Film* 38/39: 64-68.
- SCHMARANZER, S., STABENTHEINER, A., HERAN, H. (1988b): Wissenschaftlicher Film: Thermografie bei Bienen. – *Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent.* 6: 136-139.
- STABENTHEINER, A., KOVAC, H. (2002): Beitrag unterschiedlich alter Arbeiterinnen zur Wärmeproduktion im Brutnest von Bienenvölkern. – *Apidologie* 33: 499-500.
- STABENTHEINER, A., PRESSL, H., PAPST, TH., HRASNIGG, N., CRAILSHEIM, K. (2003): Endothermic heat production in honeybee winter clusters. – *J. Exp. Biol.* 206: 353-358.
- STABENTHEINER, A., SCHMARANZER, S. (1987): Thermographic determination of body temperatures in honey bees and hornets: calibration and applications. – *Thermology* 2: 563-572.
- VOLLBEHR, J. (1975): Zur Orientierung junger Honigbienen bei ihrem 1. Orientierungsflug. – *Zool. Jb. Physiol.* 79: 33-69.