

Thermografische Messung der Körpertemperatur von abfliegenden und landenden Drohnen und Arbeiterinnen (*Apis mellifera carnica* POLLM.) am Nesteingang

Helmut Kovac & Anton Stabentheiner

Institut für Zoologie, Universität Graz, Austria

Abstract: Thermographic measurement of body temperature of drones and workers (*Apis mellifera carnica* Pollm.) starting and landing at the hive entrance.

Honeybees are insects with the ability of endothermic heat production. Before leaving the hive they have to heat up their thorax to be able to take off. Outside the hive their body temperature is influenced by ambient temperature and solar radiation. Drone honeybees are approximately twice the size and weight of workers. Therefore, we investigated, whether the body temperature of departing and arriving drones at the hive entrance is also higher than in workers and depends on solar radiation.

The body temperature of starting and landing bees was measured at the entrance of a standard hive with infrared thermography (FLIR, AGA782 SW and ThermaCam SC2000) in sunshine and shade. When leaving the hive as well as when arriving the drones had significantly higher thorax temperatures (means upon leaving: 39.6-43.1°C; arriving: 37.5-40.3°C) than the workers (leaving: 35.0-36.9°C, arriving: 34.8-38.1°C; t-Test, all $p < 0.0001$; $T_a \sim 20-26^\circ\text{C}$). Comparing the temperature of starting and landing bees, drones with only one exception (0.1°C) were always warmer in the thorax at starting (0.9-2.1°C). In worker bees the results were not so uniform, the thorax temperature was the same or higher when starting (2.1°C) or it was smaller (1.2-1.8°C, all $p < 0.0001$). On two days of measurement the hive entrance was in the sunshine. The thorax temperature correlated significantly with solar radiation in the drones leaving the hive ($p < 0.0005$) and in workers and drones arriving at the hive entrance ($p < 0.0005$, $p < 0.0001$).

The results show clearly that the heavier drones (ca. 120-300 mg) are warmer than worker bees (ca. 80-165 mg) when departing and returning to the hive. Therefore, we suppose that drones are warmer than workers also during flight. The body temperature of both of them increases with solar radiation upon returning to the hive, which suggests that thermoregulation in flight is influenced by sunshine.

Key words: insect, honeybee, drone, thermoregulation, hive entrance, thermography

H. Kovac, A. Stabentheiner, Institut für Zoologie, Universität Graz, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz, Austria; E-mail: He.Kovac@uni-graz.at, Anton.Stabentheiner@uni-graz.at

Die Honigbienen (*Apis mellifera carnica* POLLMANN) (Hymenoptera: Apidae) gehören zu den Insekten, die zur endothermen Wärmeproduktion fähig sind. Um abfliegen zu können, müssen sie mit Hilfe ihrer Flugmuskulatur den Thorax auf mehr als 28°C aufheizen. Honigbienen zeichnen sich durch einen ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus aus. Die Drohnen und Arbeiterinnen unterscheiden sich deutlich in ihrer Größe und ihrem Gewicht. Daraus resultiert die Frage, ob die Drohnen auf Grund ihres annähernd doppelten Körpergewichtes gegenüber den Arbeiterinnen auch eine höhere Temperatur beim Abfliegen und Landen haben. Für die Thermoregulation von Insekten spielt neben der Umgebungstemperatur auch die Sonnenstrahlung eine große Rolle. Deshalb wurde bei der vorliegenden Untersuchung auch der Einfluss der Strahlung auf die Körpertemperatur gemessen.

Material und Methode

Vor einem Bienenstock wurde an 5 Messtagen mit Infrarotkameras (AGA 782 SW und ThermoCam SC2000, FLIR Systems; zur Meßmethode siehe STABENTHEINER & SCHMARANZER 1987) die Körpertemperatur der ein- und ausfliegenden Bienen gemessen. Um eine zufrieden stellende Genauigkeit zu erhalten (ca. $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$), wurden die Infrarotkameras mit Referenzstrahlern, die während oder vor und nach der Messung im Bild waren, kalibriert. Bei den ersten drei Messterminen war das Flugloch abgeschattet, bei den letzten beiden Terminen starteten und landeten die Tiere in der Sonne. In der Sonne wurde mit der ThermoCam SC2000 gemessen. Da die Kamera im langwelligen Infrarotbereich misst ($7,5\text{-}13\text{ }\mu\text{m}$), bewirkte die über die Cuticula reflektierte Sonnenstrahlung nur einen geringen Messfehler ($0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ bei $1\text{ kW}/\text{m}^2$), welcher durch spezielle Kalibrierungen kompensiert wurde. Bei den Messungen war meist warmes und sonniges Wetter, da Drohnen nur bei solchen Bedingungen ausflogen. Die Sonnenstrahlung und die Umgebungstemperatur (T_a) wurden mit einem Almemo-Datenlogger, ausgestattet mit einem Dirnhirm-Globalstrahlungs-Pyranometer (Messbereich: $0,3\text{-}3,3\text{ }\mu\text{m}$; NP-42, NEO Inc.), Thermoelementen und NTC-Temperaturfühlern gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Flugvorbereitung, das Aufheizen des Thorax im Zeitverlauf, zeigt die Abb. 1 beispielhaft für 3 Drohnen. Bei einigen Tieren konnte beobachtet werden, wie sie aus dem Flugloch kamen, langsam umhergingen und sich die Antennen putzten. Während dieser Zeit, die von wenigen Sekunden bis zu einer halben Minute dauern konnte, heizten sie den Thorax um einige Grade auf, um abfliegen zu können. Dieses Verhalten war bei den Drohnen wesentlich häufiger zu beobachten als bei den Arbeiterinnen. Diese verließen das Flugloch meist sehr schnell und zielstrebig und flogen ab.

Die Drohnen hatten sowohl beim Abfliegen (Mittelwerte: $39,6\text{-}43,1^{\circ}\text{C}$) als auch beim Landen (Mittelwerte: $37,5\text{-}40,3^{\circ}\text{C}$) immer eine signifikant höhere Thoraxtemperatur (T_{Th}) als die Arbeiterinnen (Abfliegen: $35,0\text{-}38,1^{\circ}\text{C}$, Landen: $34,8\text{-}38,1^{\circ}\text{C}$; t-Test, alle $p < 0,0001$; $T_a \sim 20\text{-}26^{\circ}\text{C}$, Abb. 2). Das konnte auch COELHO (1991) beobachten, der die Körpertemperatur von Arbeiterinnen und Drohnen in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur in einem Bereich von ca. $19\text{-}39^{\circ}\text{C}$ bestimmte. Vergleicht man die Temperaturen beim Abfliegen und Landen innerhalb der beiden Geschlechter, so zeigt sich, dass die T_{Th} der Drohnen beim

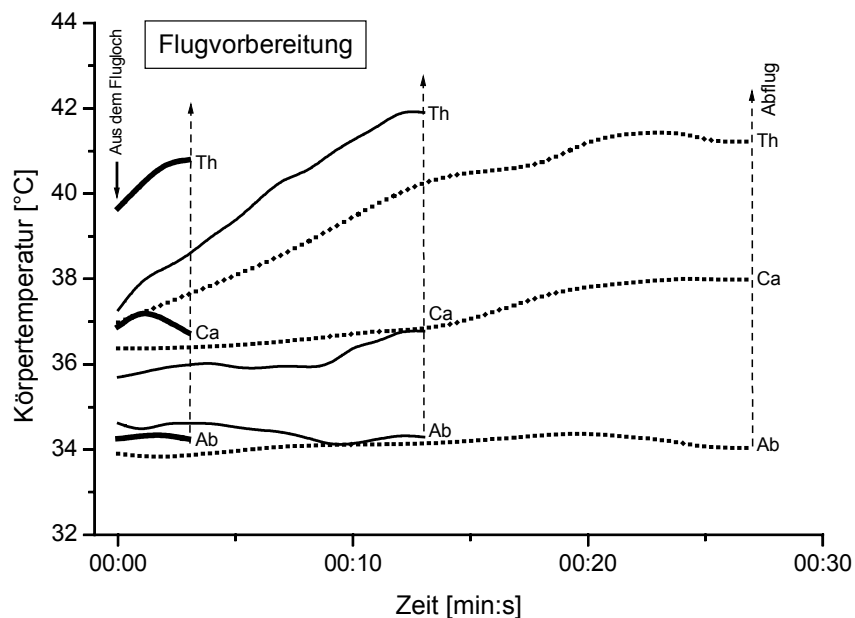


Abb. 1: Die Temperatur von Thorax (Th), Caput (Ca) und Abdomen (Ab) dreier Drohnen während der Vorbereitung für den Abflug vor dem Flugloch.

Abfliegen mit einer Ausnahme (0,1°C) immer signifikant höher war (im Mittel 0,9-2,1°C; $p < 0,0001$; Abb. 2). Bei den Arbeiterinnen waren die Temperaturverhältnisse bei Abflug und Landung nicht so einheitlich. In einem Fall war die T_{Th} gleich, zweimal beim Abfliegen um 2,1°C höher ($p < 0,0001$) und zweimal niedriger (1,2 bzw. 1,8°C; $p < 0,0001$; Abb. 2).

Die T_{Th} der Arbeiterinnen war im Mittel immer deutlich höher (1,5-10,8°C) als beim Sammeln auf Blüten in einem vergleichbaren Umgebungstemperaturbereich (KOVAC & SCHMARANZER 1996, 1997). Diese Bienen waren aber aus messtechnischen Gründen beim Sammeln nur im Schatten gemessen worden. Bei der vorliegenden Untersuchung wurde sie beim Abfliegen und Landen im Schatten und in der Sonne gemessen; aber auch die Bienen, die im Schatten abflogen und landeten waren deutlich wärmer. Sammlerinnen und heimkehrende Bienen, von HEINRICH (1979) in der Sonne gemessen, hatten mit ca. 35°C eine ähnliche T_{Th} wie unsere kühlest abfliegenden und landenden Arbeiterinnen.

Die T_{Th} von Drohnen als auch von Arbeiterinnen zeigte beim Heimkehren nach dem Ausflug eine signifikante Korrelation mit der Strahlungsintensität ($T_{Th} = 38,657 + 0,0037 \cdot \text{Strahlung}$, $R = 0,371$; $p < 0,0005$ bzw. $T_{Th} = 36,712 + 0,0032 \cdot \text{Strahlung}$, $R = 0,34838$, $p < 0,0005$; Abb. 3b). Die Zunahme der Strahlung um 500 W/m² bewirkte bei beiden eine Erhöhung der Körpertemperatur um ca. 2°C. Die größere Körperoberfläche der Drohnen bewirkte aber keine stärkere Temperaturerhöhung durch die Sonne, wie aus den beiden annähernd parallelen Regressionsgeraden zu sehen ist. Beim Abfliegen konnte allerdings nur bei den Drohnen eine signifikante Korrelation zwischen Strahlung und T_{Th} ($T_{Th} = 39,734 + 0,0019 \cdot \text{Strahlung}$, $R = 0,23172$; $p < 0,0005$; Abb. 3a) festgestellt werden. Wie in zahlreichen Fällen beobachtet, verweilten die Drohnen vor dem Abflug länger vor dem Flugloch in der Sonne (Abb. 1) und wurden dadurch vermutlich zusätzlich erwärmt.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die schwereren Drohnen (ca. 120-300 mg), mit ihrer größeren Muskelmasse im Thorax, beim Ausfliegen aus dem Stock wesentlich höhere Thoraxtemperaturen haben als die Arbeiterinnen (ca. 80-165 mg). Auch direkt nach dem Landen sind sie deutlich wärmer, was vermuten läßt, daß sie während des gesamten Ausflugs höhere Temperaturen haben. Die Sonnenstrahlung hat einen deutlichen Einfluß auf die Thermoregulation der Tiere außerhalb des Stockes.

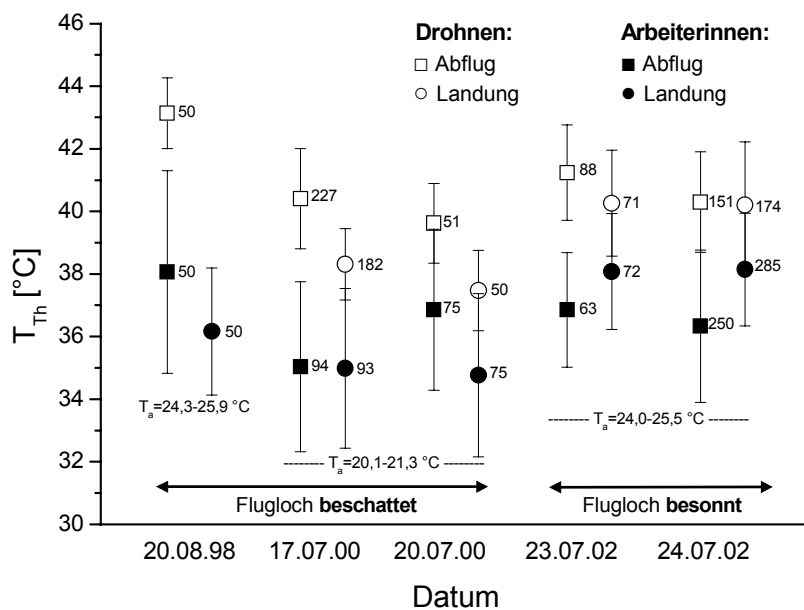
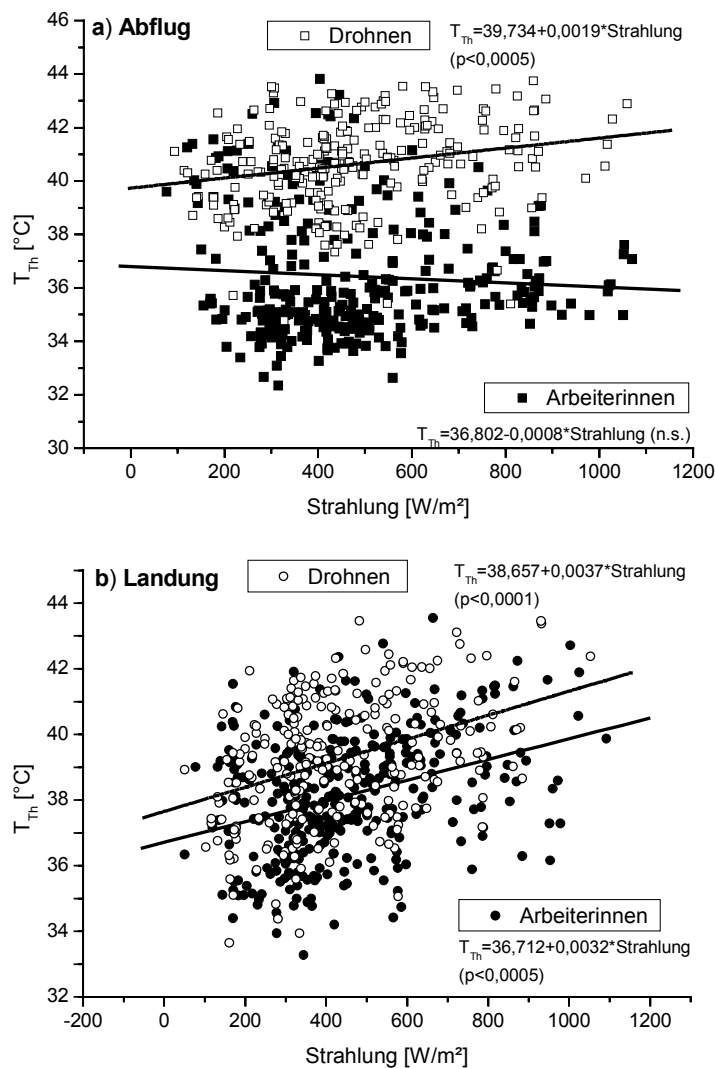


Abb. 2: Die Thoraxtemperatur von Drohnen und Arbeiterinnen vor dem Abflug und nach der Landung am Flugloch an 5 Beobachtungstagen. Die Anzahl der Messungen ist neben den Mittelwerten angegeben.

**Abb. 3:**

Die Thoraxtemperatur von Drogen und Arbeiterinnen vor dem Abflug (a) und nach der Landung (b) am Flugloch in Abhängigkeit von der Strahlungsintensität der Sonne.

Drogen:

n = 239 (a), n = 245 (b);

Arbeiterinnen:

n = 313 (a), n = 357 (b).

Danksagung

Gefördert durch den Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF) und das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Literatur

- COELHO, J.R. (1991): The effect of thorax temperature on force production during tethered flight in honeybee (*Apis mellifera*) drones, workers, and queens. – *Physiol. Zool.* 64: 823-835.
- HEINRICH, B. (1979): Thermoregulation of African and European honeybees during foraging, attack, and hive exits and returns. – *J. Exp. Biol.* 80: 217-229.
- KOVAC, H., SCHMARANZER, S. (1996): Thermoregulation of honeybees (*Apis mellifera*) foraging in spring and summer at different plants. – *J. Insect Physiol.* 42, 1071-1076.
- KOVAC, H., SCHMARANZER, S. (1997): Die Körpertemperatur der Honigbiene beim Sammelflug in ihrer natürlichen Umgebung. – *Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent.* 11: 199-203.
- STABENTHEINER, A., SCHMARANZER, S. (1987): Thermographic determination of body temperatures in honey bees and hornets: calibration and applications. – *Thermology* 2: 563-572.