

Temperaturmessungen im Bienenstock – das Projekt Biene40

Temperature Measurements in Beehives – the Biene40 Project

MARCO MESSELKEN, JULIA WURM & CLAUS BRELL

Zusammenfassung: Das vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft geförderte Projekt Biene40 hat das Ziel, digital vernetzte Sensoren für die Anwendung in der Imkerei zu entwickeln. Zum Projektauftrag gehört, aus den Messungen Handlungsempfehlungen für Imker und Imkerinnen abzuleiten. Erste vielversprechende Messungen mit Hilfe mehrerer Temperatursensoren in einem Bienenstock zeigen, dass ein hoher Wärmeeintrag durch Sonneneinstrahlung zu Belastungen im Bienenvolk führt. Die Bienen zeigen ein direkt und mit Schallanalysen beobachtbares Kühlverhalten, um die Temperatur in der Beute nicht über 38 °C steigen zu lassen. Eine Messung ohne Bienenbesatz zeigt einen Unterschied der Innentemperatur von bis zu 7 °C im Vergleich einer beschatteten mit einer unbeschatteten Beute. Der Wärmeeintrag kann durch einfache Maßnahmen wie die Beschattung durch Auflage eines hinterlüfteten Strahlungsschildes gemindert werden. Es wird empfohlen, Bienenstöcke im Sommer zu beschatten.

Schlüsselwörter: Honigbienen, Bienenstock, Temperatur, Regulation

Summary: The Biene40 project, funded by the Federal Ministry of Food and Agriculture, aims to develop digital networked sensors for use in beekeeping. The project mandate includes deriving recommendations for beekeepers from the measurements. First measurements with the help of several temperature sensors in a beehive show that a high heat input through solar radiation in a beehive leads to stress in the bee colony. The bees show cooling behaviour that can be observed directly and with sound analyses in order not to let the temperature in the hive rise above 38°C. A measurement without bees shows a difference in internal temperature of up to 7°C in a comparison between a shaded and an unshaded hive. The heat input can be reduced by simple measures such as shading by placing a rear-ventilated radiation shield. It is recommended to shade hives in summer.

Keywords: Honeybees, beehive, temperature, regulation

1. Einleitung

Honigbienen können im Laufe des Jahres vielen Belastungen ausgesetzt sein, z.B. Futtermangel zu Jahresbeginn (BRELL 2020), Befall mit Varroa-Milben (TAUTZ 2012), Trachtlücken im Sommer (SCHMIDT o.J.) und Schwarmflucht (BIENEFELD 2005) im späten Frühjahr. Eine kostengünstige Möglichkeit, diese kritischen Belastungszustände zu erkennen, ohne den Bienenstock – ein Bienenvolk in seiner Behausung, der sogenannten Beute – öffnen zu müssen, besteht in der

Kombination von zeitlich und räumlich aufgelösten Temperaturmessungen (BRELL 2020) mit Schallanalysen (BRELL 2022b). Die Analyse der Schallereignisse in einem Bienenvolk kann die Erkennung des Gesundheitszustandes der Bienen unterstützen (TERENZI & CECCHI 2020; ROBLES-GUERRERO et al. 2017).

Das Projekt Biene40 hat das Ziel, digital vernetzte Sensoren für Messungen an Honigbienenvölkern zu entwickeln und damit für die Imkerei Möglichkeiten zu schaffen, Belastungen der Bienen indirekt aus der

Ferne zu erkennen. Das Projekt dient primär nicht der Grundlagenforschung, wesentlich ist hier der konkrete Nutzen für die Imkerei bzw. die Bienengesundheit.

Das Projekt Biene40 setzt zunächst primär auf Temperaturmessungen, da die Temperatur ein guter Indikator für die Zustände im Bienenstock ist. Bienenlarven benötigen eine konstante Brutnesttemperatur zwischen 32 °C (BECHER et al. 2009) und 37 °C (FAHRENHOLZ et al. 1989), um sich zu gesunden Bienen entwickeln zu können. Die Schwankungen der Brutnesttemperatur liegen lediglich zwischen 1 °C (SEELEY 1995) und 2 °C (FAHRENHOLZ et al., 1989).

Die Bienenkönigin braucht im Stock eine Temperatur von über 15 °C (MCAFFEE et al. 2020). Die dazu benötigte Wärme erzeugen die Bienen durch die Vibration ihrer Flugmuskulatur, ohne dabei die Flügel zu bewegen. Diese Vibration der Flugmuskulatur erzeugt Luftschall im hörbaren Bereich von etwa 240 Hz. Damit bietet sich an, auch Schallmessungen in die Untersuchungen mit einzubeziehen.

Bei der Haltung in künstlichen Behausungen können Honigbienen bei starker Sonneneinstrahlung in Temperaturstress geraten (SEELEY & MORSE 1976). Bei zu hohen Temperaturen kommt es zu Brutschäden; auch die Stabilität des Wabenwerks ist gefährdet (STABENTHEINER et al. 2021). Ab 38 °C nimmt zudem die Lebensfähigkeit der in der Spermathek der begatteten Königin gespeicherten Spermien ab (MCAFFEE et al. 2020).

Steigen die Temperaturen im Bienenstock über 36 °C, beginnen Bienen mit einem aktiven Kühlverhalten. Im ersten Schritt versammeln sich „Fächlerinnen“ am Einflugloch und versuchen, die warme Luft mit Flügelschlag aus dem Stock zu transportieren (TAUTZ 2016). Genügt das Ventilieren nicht, holen Sammlerinnen Wasser und verteilen es auf dem Wabenwerk. Die Verdunstung des Wassers kühlt zusätzlich. Die Vibrationen der Flugmuskulatur und der

Flügel beim Ventilieren erzeugt Luftschall im hörbaren Bereich mit einer Frequenz von etwa 190 Hz (WOODS 1957).

Wir berichten im Folgenden über erste Ergebnisse, welche den unmittelbaren Nutzen der von uns entwickelten Methodik (Temperaturmessungen, Schallmessungen) aufzeigen.

2. Material und Methoden

Schwerpunkt der Messungen sind Temperaturmessungen, die durch Auswertungen von Schallereignissen ergänzt werden.

Beobachtungsebene für die Messungen im Projekt Biene40 ist der Bienenstock und dessen unmittelbare Umgebung (Markierung (2) in Abb. 1, modifiziert nach ZACEPINS et al. 2015). Weitere davon abzugrenzende Betrachtungsebenen sind in Abbildung 1 die Einzelbiene (1), ein ganzer Bienenstand (3) oder das gesamte Nahrungsgebiet um einen Bienenstand (4).

Den Aufbau für die Messungen zeigt Abb. 2 (BRELL 2022a). Im Bienenstock (1) kommen drei digitale Temperatursensoren (2) und ein Kondensatormikrofon (3) zum Einsatz. Als Aufnahmegerät für die Daten dient hier ein Linux Kleinrechner (4). In 5-Minuten-Intervallen werden Temperaturen gemessen, über einen WLAN-Router (5) und das Internet (6) auf einen Server (7) übertragen. In 15-min-Intervallen erfolgt zusätzlich eine Tonaufnahme von 10 s Dauer. Die Daten können ein Nutzer oder eine Nutzerin (8) über eine Internetseite auf dem Server einsehen.

Grundsätzlich lassen sich vier verschiedene Anordnungen von Temperatursensoren in Bienenstöcken unterscheiden (Abb. 3)

(a) Einzelner Sensor auf einem Oberträger. Als Oberträger bezeichnen Imker:innen die obere Holzleiste eines Rähmchens, in das die Bienen ihre Waben bauen.

(b) Mehrere Sensoren auf den Oberträgern zur Messung der lateralen Temperaturverteilung oben in der Beute.

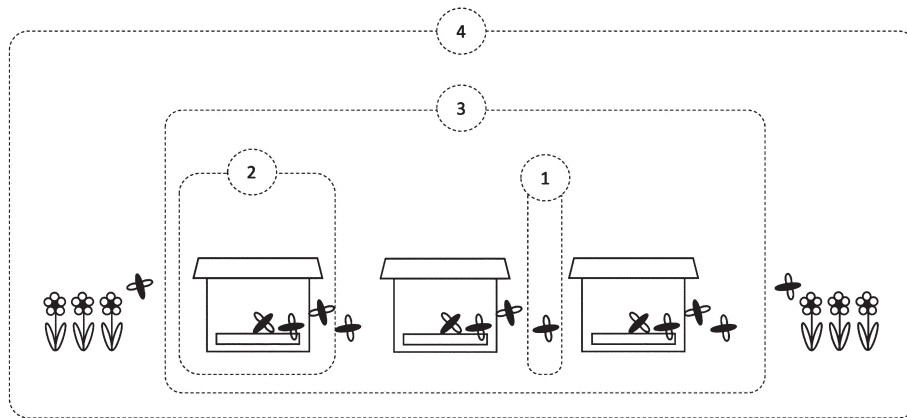


Abb. 1: Betrachtungsebenen für Messungen an Honigbienen nach ZACEPINS et. al (2015). Es bedeuten: (1) Einzelne Biene, Abmessung etwa 2 cm, (2) Bienenstock und die unmittelbare Umgebung, Abmessung etwa 1 m, (3) Bienenstand mit mehreren Bienenstöcken, Abmessung etwa 50 m, (4) Nahrungsgebiet, Abmessung etwa 9 km.

Fig. 1: Observation levels for measurements on honey bees according to ZACEPINS et. al (2015). They mean: (1) single bee, extent approx. 2 cm, (2) hive and immediate surroundings, extent approx. 1 m, (3) apiary with several hives, extent approx. 50 m, (4) foraging area, extent approx. 9 km.

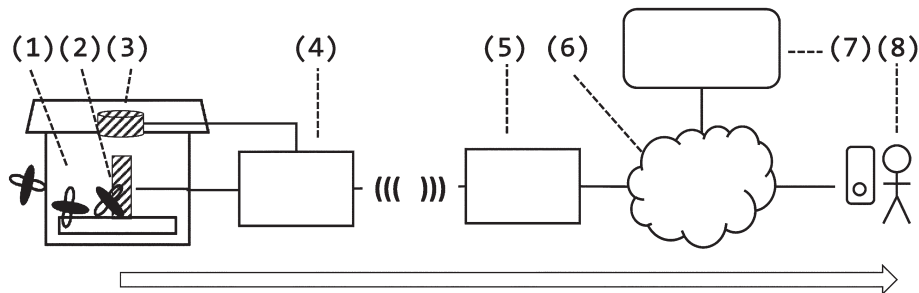


Abb. 2: Prinzipskizze des Monitorings von Temperaturen und Schallereignissen in Bienenstöcken. Es bedeuten: (1) Beuteninnenraum, (2) ein oder mehrere Temperatursensoren, (3) Mikrofon, innen angebracht auf dem Oberträger (obere Holzleiste eines Rähmchens), (4) Mikroprozessor, der die Daten der Sensoren sammelt und über Funknetze, hier WLAN, überträgt, (5) WLAN-Router für die Anbindung ans Internet, (6) Internet, (7) Server im Internet, der die Daten empfängt, aufbereitet und im Internet über eine Webseite zur Verfügung stellt, (8) Nutzer oder Nutzerin mit Smartphone. Auf diesem Datenkommunikationsweg kann ein Nutzer auch aus der Ferne die Daten aus dem Bienenstock ablesen. Der Pfeil unten gibt die Richtung des Informationsflusses an.

Fig. 2: Principle sketch of the monitoring of temperatures and sound events in hives. It means: (1) interior of the hive, (2) one or more temperature sensors, (3) microphone, mounted inside on the top beam (upper wooden strip of a frame), (4) microcontroller, which collects the data from the sensors and transmits it via WLAN, (5) WLAN router for connection to the Internet, (6) Internet, (7) Server on the Internet that receives the data, processes it and makes it available on the Internet via a website, (8) user with smartphone. Using this data communication channel, a user can also read the data from the hive remotely. The arrow below indicates the direction of the information flow.

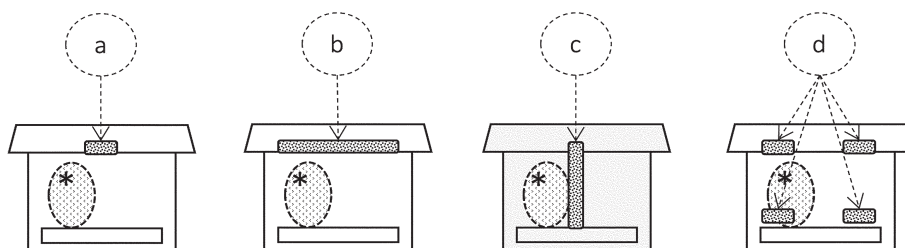


Abb. 3: Anordnungsmöglichkeiten für Temperatursensoren im Bienenstock. Unterschieden werden (a) Einzelsensor, mittig oben auf dem Oberträger, (b) mehrere Sensoren in einer horizontalen Ebene oben, (c) mehrere Sensoren in vertikaler Anordnung, (d) projektspezifische Anordnung mehrerer Sensoren an unterschiedlichen Stellen in der Beute. Mit * ist der hypothetische Sitz der Bienen in der Beute angedeutet. Die jeweils gemessenen Temperaturen hängen von der Wärmeentwicklung der Bienen, des Abstandes der Sensoren von der Wärmequelle und – in geringem Maße – von der Isolierung der Beute ab. Die Messungen in diesem Beitrag erfolgten mit einer Anordnung nach (c).

Fig. 3: Arrangement options for temperature sensors in the beehive. Differentiated are (a) single sensor, centrally positioned on the top bar, (b) multiple sensors in a horizontal plane at the top, (c) multiple sensors in a vertical arrangement, (d) project-specific arrangement of multiple sensors at different locations in the hive. The hypothetical position of the bees in the hive is indicated with *. The temperatures measured in each case depend on the heat generated by the bees, the distance of the sensors from the heat source, and - to a minor extent - the insulation of the hive. The measurements in this study were conducted using an arrangement according to (c).

(c) Messung der vertikalen Temperaturverteilung mit einer Temperaturlanze – mehrere Sensoren sind vertikal angeordnet.

(d) Freie Anordnung mehrerer Sensoren je nach Erkenntnisinteresse.

Eine beispielhafte Position der Wintertraube oder des Brutnestes – also der Hauptwärmequellen im Bienenstock – ist in Abb. 3 mit „*“ gekennzeichnet.

Von den verschiedenen Möglichkeiten, Temperatursensoren in Bienenstöcken anzuordnen, wurde in Vorversuchen die vertikale Anordnung von drei Sensoren im vorderen fluglochnahen Drittel der Beute als erfolgversprechend identifiziert (Markierung (c) in Abb. 3). Als Referenz wird zusätzlich die Temperatur außen an der Beute direkt über dem Flugloch gemessen.

Schallereignisse werden mit einem Kondensatormikrofon in einer Schutzhülle auf dem Oberträger in der Nähe der Temperatursensoren aufgenommen.

3. Ergebnisse

3.1. Bienenstock

Abbildung 4 zeigt den Temperaturverlauf innerhalb (4, 5, 6) und außerhalb (1) des Bienenstocks für zwei aufeinanderfolgende heiße Tage (22.06.2022 und 23.06.2022). Die Oberflächentemperatur an der Beute außen am Flugloch überschritt 50 °C (1). Dadurch stiegen die Temperaturen im Innern unter dem Beutendeckel am Oberträger am 22.06.2022 ab 16:00 rapide an, dies ist links in Abb. 4 zu sehen (2). Durch aktive Kühlung begrenzten die Bienen die Temperatur am Oberträger auf unter 38 °C (3). Das Kühlverhalten konnte von außen beobachtet werden, Fächlerinnen versammelten sich auf dem Anflugbrett und ventilierten die Luft aus der Beute.

Eine einfache Beschattung durch ein Strahlungsschild in Form eines hinterlüfteten Holzbretts auf dem Beutendeckel minderte

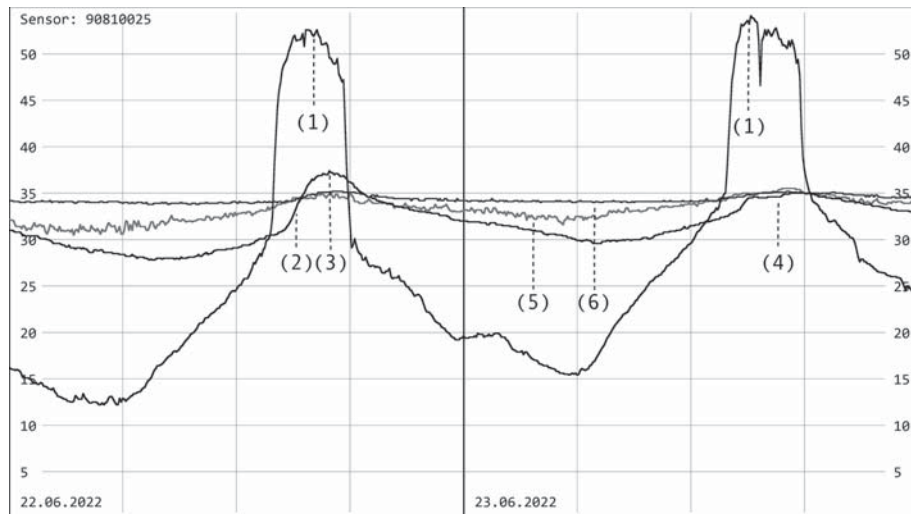


Abb. 4: Zeitlicher Temperaturverlauf innerhalb und außerhalb des Bienenstocks. Es sind zwei Tage dargestellt (horizontale Achse), der zeitliche Abstand zwischen zwei vertikalen Linien beträgt sechs Stunden. Es bedeuten (1) Verlauf der Außentemperatur, man beachte den Anstieg durch Sonneneinstrahlung, (2) Temperatursensor in vertikaler Anordnung innen oben, man beachte den steilen Anstieg der Temperatur und das Plateau bei (3), Anstieg und Höhe des Plateaus am zweiten Tag bei (4) fällt deutlich geringer aus, (5) Verlauf der Temperatur am Sensor am unteren, fluglochnahen Sensor, (6) Verlauf der Temperatur am Sensor in der Mitte der Beute, brutnestnah. Im Brutnest halten die Bienen die Temperatur konstant auf etwa 35 °C.

Fig. 4: Temporal temperature profiles inside and outside the beehive. Two days are depicted (horizontal axis), with a time interval of six hours between two vertical lines. It represents (1) the external temperature trend, noting the increase due to sunlight, (2) a vertical arrangement temperature sensor inside at the top, observe the steep temperature rise and the plateau at (3), the rise and height of the plateau on the second day at (4) are significantly lower, (5) temperature trend at the sensor located lower, near the flight entrance, (6) temperature trend at the sensor in the middle of the hive, close to the brood nest. Inside the brood nest, bees maintain a constant temperature at around 35°C.

den Wärmeeintrag am 23.06.2022, dem Folgetag. Die Außentemperatur (rechts in Abb. 4) stieg ebenfalls an (1), die Temperatur am Oberträger blieb immer unter 36 °C (4). Ein aktives Kühlverhalten der Bienen außen auf dem Anflugbrett wurde mit dieser Beschattung nicht beobachtet. Zum Vergleich ist die Innentemperatur in Fluglochnähe (5) und in mittlere Höhe (brutnestnah, (6)) eingezeichnet. Die brutnestnahe Temperatur variiert kaum.

Das Kühlverhalten lässt sich durch Analyse der Schallereignisse detektieren. Abbildung 5 zeigt zwei Spektrogramme, einmal ohne Beschattung (Abb. 5 oben) und einmal mit Beschattung (Abb. 5 unten). Der wesentliche

Unterschied in den Spektrogrammen besteht in einem Peak um 189 Hz, der nur im unbeschatteten Fall zu sehen ist (1), nicht aber im beschatteten Fall (2). Weitere auffällige Peaks in den Spektrogrammen (3) sind technische Artefakte und auf Einstreuungen durch das Netzteil zurückzuführen.

3.2. Kontrollmessung an leeren Beuten

Der Temperatureintrag durch Sonneneinstrahlung wurde in dunkel gestrichenen Styroporbeuten, mit Leerrähmchen, jedoch ohne Bienenbesatz, überprüft. Die Temperatursensoren waren am Oberträger angebracht. Eine Beute (Abb. 6 rechts)

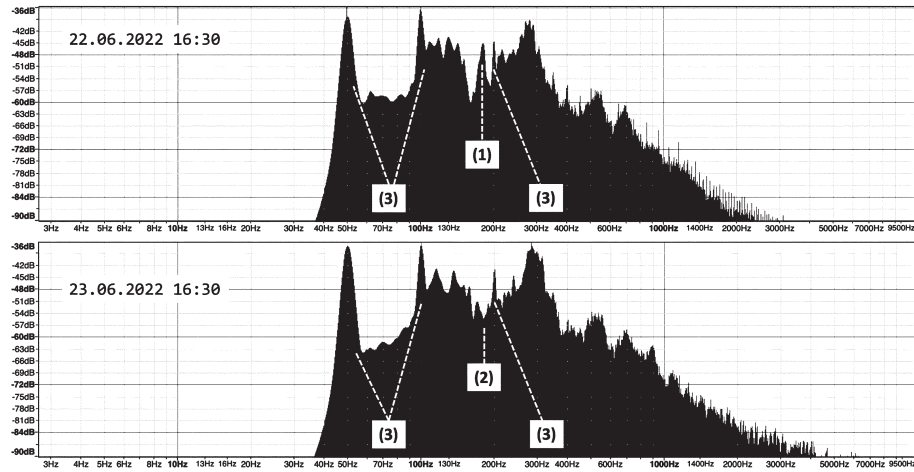


Abb. 5: Spektrogramme der Schallergebnisse in der Beute zum Zeitpunkt ohne Beschattung (oben, 22.06.2022) und mit Beschattung (unten 23.06.2022). Man beachte den Peak um 190 Hz am 22.06.2022 (1), der am 23.06.2023 nicht zu sehen ist (2). Die Peaks, die mit (3) gekennzeichnet sind, sind Mess-Artefakte, verursacht durch Einstreuung der Spannungsversorgung.

Fig. 5: Spectrograms of the sound events in the hive at the time without shading (above, June 22, 2022) and with shading (below, June 23, 2022). Note the peak at around 190 Hz on June 22, 2022 (1), which is not visible on June 23, 2022 (2). The peaks marked with (3) are measurement artifacts, caused by power supply interference.

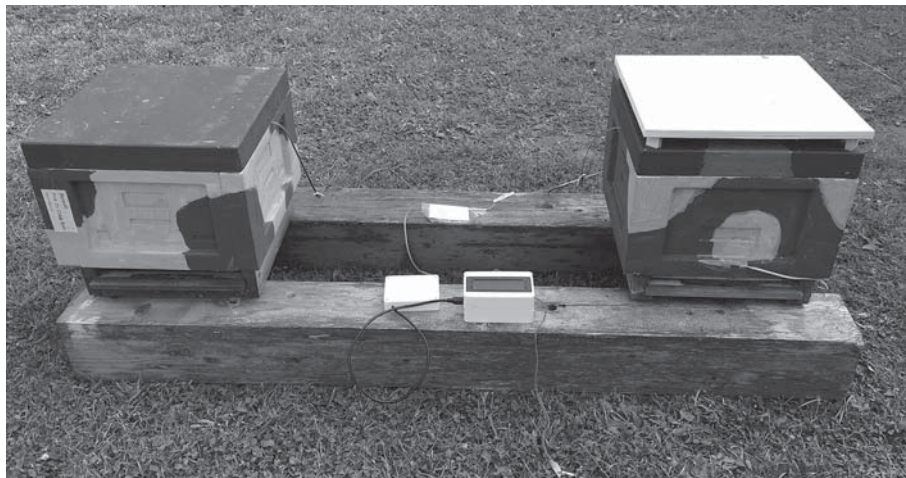


Abb. 6: Aufbau für die Kontrollmessung in Beuten ohne Bienen. Verwendet werden Styropor-Beuten im Mini-Plus-Format. Links im Bild ist die Beute ohne Strahlungsschild, rechts die Beute mit Strahlungsschild, das durch die Auflage auf Vierkanthölzer hinterlüftet ist. Der Kasten in der Mitte beinhaltet den Mikrocontroller für die Anzeige der Temperaturen. Es werden Temperaturen gemessen nach Anordnung (a) in Abb. 3.

Fig. 6: Setup for the control measurement in hives without bees. Styrofoam hives in Mini Plus format are used. On the left side of the image is the hive without a radiation shield, and on the right is the hive with a radiation shield, which is ventilated by resting on square wooden blocks. The box in the middle contains the microcontroller for displaying temperatures. Temperatures are measured according to arrangement (a) in Fig. 3.

erhielt ein Strahlungsschild aus einfachem Pappelsperholz auf zwei Lagerhölzern, die andere Beute (Abb. 6 links) nicht. Die Böden der Beuten waren nach unten offen, zum Zeitpunkt der Messung war es windstill. Die Temperatur in der unbeschatteten Beute war bei Sonneneinstrahlung mittags um 7 °C höher als in der beschatteten, und zwar weitgehend unabhängig von der Außentemperatur.

Ein zur Beschattung vergleichbarer Effekt konnte mit einem weißen Styropordeckel statt dunklem Deckel mit Strahlungsschild gemessen werden.

4. Diskussion

4.1. Interpretation und kritische Betrachtung

Die Messungen zeigen, dass die Temperatur bei Sonneneinstrahlung in einer unbeschatteten Beute sowohl mit als auch ohne Bienenbesatz ansteigt. Der Temperaturanstieg wird von den Bienen in der unbeschatteten Beute aktiv durch ein Kühlverhalten begrenzt. Bienen, die aktiv kühlen, tragen keinen Nektar ein und können sich nicht um die Brut kümmern. Der Temperaturanstieg stellt somit eine Belastung für das Bienenvolk dar und bedeutet gegebenenfalls eine Ertragsminderung in der Imkerei.

Mit geringem Aufwand in Form einer hinterlüfteten Beschattung (wie z.B. in Abb. 6) kann eine Minderung der Belastung und damit eine Verbesserung des Tierwohls bei Honigbienen erreicht werden.

4.2 Konsequenzen für die Imkerei

Im Alpenraum arbeiten die Imker und Imkerinnen häufig mit Beschattungen, kleinen Bienenhäusern oder kistenartigen Einhausungen der Beuten. Beuten werden auch weiß oder hellblau gestrichen, um durch Reflektion die Erwärmung der Beuten zu mindern. Am Niederrhein ist ein weißer

Anstrich eher unbeliebt, da weiße Beuten mehr auffallen und viele Imker Diebstahl oder Vandalismus fürchten – Beschädigungen oder Diebstahl sind keine seltenen Ereignisse.

Wie unsere ersten Messungen zeigen, genügt eine einfache Beschattung, um den Wärmeeintrag deutlich zu mindern. Die Beschattung kann aus einer einfachen beschichteten Holzpatte auf 2 cm starken Lagerhölzern bestehen. Eine Beschattung kann unauffälliger gestaltet werden als beispielsweise ein heller Anstrich. Der Einsatz einer Beschattung – als Alternative zu einem weißen Anstrich – wird daher empfohlen, wenn Bienenvölker im Sommer in der Sonne aufgestellt werden.

Danksagung

Die Laufzeit des Projektes ist vom 01.03.2021 bis 29.02.2024, das Projekt wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft gefördert. Ergebnisse im Projekt werden jeweils zeitnah über <http://bieneviernull.de/ergebnisse> zur Verfügung gestellt, sodass Imker und Imkerinnen schon während der Projektlaufzeit von den (Zwischen-)Ergebnissen profitieren können.

Literatur

- BECHER, M. A., SCHARPENBERG, H., & R.F.A. MORITZ, (2009): Pupal developmental temperature and behavioral specialization of honeybee workers (*Apis mellifera* L.). *Journal of Comparative Physiology A* 195: 673-679. <https://doi.org/10.1007/s00359-009-0442-7>.
- BIENEFELD, K. (2005): *Imkern Schritt für Schritt*. Frankh Kosmos; Stuttgart.
- BRELL, C. (2020): Genug Futter im Stock? – Temperaturmessung zeigt's an. *bienen&natur* 3: 36-37.
- BRELL, C. (2022a): Forschungsprojekt Biene40 – effizienter und verlustärmer Imkern mit digitalen Methoden. *Das Bienenmütterchen. Mitteilungsblatt der Internationalen Sklenar-bienenzüchter e.V.* 74 (4): 10-14.

- BRELL, C. (2022b): Den Bienen zuhören mit Biene40 – Sound- und Vibrationsanalysen zur Prädiktion kritischer Zustände im Bienenstock. 67. Weinheimer UKW-Tagung: 22.1-22.11.
- FAHRENHOLZ, L., LAMPRECHT, I. & B. SCHRICKER, B. (1989): Thermal investigations of a honey bee colony: Thermoregulation of the hive during summer and winter and heat production of members of different bee castes. *Journal of Comparative Physiology B* 159: 551-560. doi.org/10.1007/BF00694379.
- MCÁFEE, A., CHAPMAN, A., HIGO, H., UNDERWOOD, R., MILONE, J., FOSTER, L., GUARNA, M., TARPY, D. & PETTIS, J. (2020): Vulnerability of honey bee queens to heat-induced loss of fertility. *Nature Sustainability* 3: 367-376. doi.org/10.1038/s41893-020-0493-x.
- ROBLES-GUERRERO, A., SAUCEDO-ANAYA, T., GONZALEZ-RAMIREZ, E., & E. GALVAN-TEJADA CARLOS (2017): Frequency analysis of honey bee buzz for automatic recognition of health status: A Preliminary Study. *Research in Computing Science* 142, 89-98. doi.org/10.13053/rcs-142-1-9.
- SCHMIDT, U. (o.J) Pollenhöschen und Trachtförderband – Warum hungern unsere Bienen mitten im Sommer? Vortragsfolien. https://www.lung.mvregierung.de/dateien/lls_vortrag_14_06_26_schmidt.pdf
- SEELEY, T. D. (1995): *The wisdom of the hive: The social physiology of honey bee colonies*. Cambridge, MA & London, England: Harvard University Press, 1995. doi.org/10.4159/9780674043404.
- SEELEY, T.D., & R.A.MORSE, (1976): The nest of the honey bee (*Apis mellifera* L.). *Insectes Sociaux* 23: 495-512. doi.org/10.1007/BF02223477.
- STABENTHEINER, A., KOVAC, H., MANDL, M., & H. KÄFER, (2021): Coping with the cold and fighting the heat: thermal homeostasis of a superorganism, the honeybee colony. *Journal of Comparative Physiology A* 207: 337-351. doi.org/10.1007/s00359-021-01464-8.
- TAUTZ, J. (2012): *Phänomen Honigbiene*. Heidelberg; Springer Nature.
- TAUTZ, J. (2016): *Die Erforschung der Bienenwelt – Neue Daten – neues Wissen*. Audi Stiftung für Umwelt, 3. Auflage. Klett Mint; Stuttgart.
- TERENZI A, CECCHI S, & S. SPINSANTE (2020): On the importance of the sound emitted by honey bee hives. *Veterinary Sciences* 31: 7(4): 168. doi: 10.3390/vetsci7040168.
- WOODS, E. F. (1957): Means for detecting and indicating the activities of bees and conditions in beehives. US patent 2806082A, Offenlegung 10.09.1957, <https://patents.google.com/patent/US2806082A/en>, Zugriff am 26.03.2023.
- ZACEPINS, A., BRUSBARDIS, V., MEITALOVS, J. & E. STALIDZANS (2015): Challenges in the development of precision beekeeping. *Biosystems Engineering* 130: 60-71, doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.12.001.

B.A. Marco Messelken
 M.A. Julia Wurm
 Prof. Dr. Claus Brell
 Forschungsinstitut GEMIT
 Hochschule Niederrhein
 Richard-Wagner-Str. 14
 D-41065 Mönchengladbach
 E-Mail: claus.brell@hs-niederrhein.de