

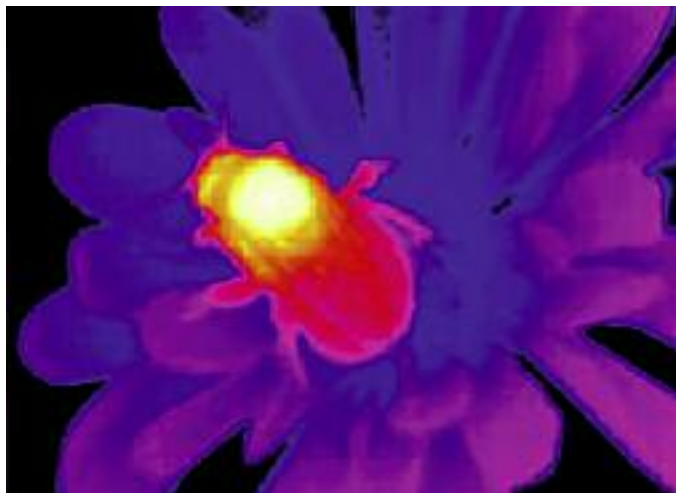
Meer dan alleen overleven van een koude winter

De temperatuurregeling van onze bijen

Theo Elzenga

Terwijl het in de winter buiten onaangenaam koud kan zijn (en dit jaar ook werkelijk was), zitten onze bijen binnen, in de winter-tros, en houden het met zijn allen behaaglijk. In zo'n winter-tros kan het heel wat warmer zijn dan buiten, dat weet elke imker. Minder bekend is dat temperatuur ook op allerlei andere manieren een rol speelt in het functioneren van het volk. In dit artikel laat ik ook deze andere functies de revue passeren.

In het boek Phänomen Honigbiene van Jürgen Tautz staan prachtige opnames, gemaakt met een temperatuurgevoelige camera. Hierop is te zien dat de tros inderdaad veel warmer is dan de omgeving, voornamelijk veroorzaakt door warmteproductie in het borststuk van de bijen (afb. 1). Aan het borststuk zitten de vleugels, die tijdens de vlucht op en neer worden bewogen door de grootste spieren die een bij heeft. Deze spieractiviteit kan worden gemeten met een techniek die lijkt op een ECG, waarmee onze hartfunctie kan worden vastgesteld. De vliegspieren van bijen in een tros blijken actief te worden als de omgevings-temperatuur daalt (afb. 2). De vliegspieren worden heel snel, maar over een heel korte afstand, aangespannen. Opvallend is, dat daarbij de vleugels niet op en neer bewegen. Deze spieractiviteit lijkt op iets wat wijzelf ook doen als het koud wordt: rillen! De bijen aan de buitenkant van de tros verliezen het snelst hun warmte aan de omgeving en profiteren daardoor veel minder van de gezamenlijke warmteproductie. Ze worden daardoor kouder dan de bijen in het centrum van de tros. Doordat de buitenste bijen continue naar binnen proberen te dringen, wordt voorkomen dat deze bijen té koud worden. Beneden een lichaamstemperatuur van 9°C treedt verstijving op, de bijen raken in coma, verliezen daardoor het contact met de tros en sterven. Hierdoor zijn telkens andere bijen een tijdje blootgesteld aan de



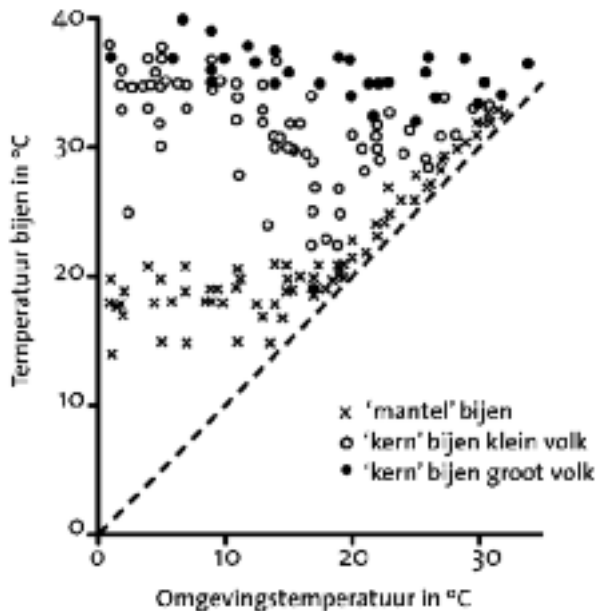
Afb 1. Opname van een bij met een temperatuur-gevoelige camera. Het borststuk is warmer is dan de rest van het lichaam en dan de bloem. Kleurschaal: blauw (= het koudst) via paars, rood en geel naar wit (= het warmst). J. Tautz, M. Kleinhenz en B. Bujok/ BEEgroup Würzburg.

kou. Bij lage temperatuur wordt de tros compacter en krimpt. De bijen zitten dichter op elkaar en de bijenlichamen aan de buitenkant vormen een meer aaneengesloten laag, wat isoleert. Daardoor blijft de kerntemperatuur op vrijwel constant niveau. In een volk dat uit nakomelingen van verschillende darren bestaat is de regulatie van de temperatuur gelijkmatiger dan bij een volk met een enkele dar als vader. In het tweede geval lijken de werksters genetisch erg op elkaar. Ze zullen dus allemaal bij dezelfde lage temperatuur de neiging hebben om te gaan rillen. En bij dezelfde hoge temperatuur om daarmee op te houden. Daardoor vertoont de temperatuur van zo'n volk sterke pieken en dalen. Zo'n genetisch weinig divers volk lijkt op de oude centrale-verwarmingsketel, die bij een temperatuur beneden de thermostaatwaarde vol ging branden; en als de gewenste temperatuur bereikt werd, weer helemaal uitging. Omdat de 'thermostaat' van elke werkster een beetje anders is ingesteld, lijkt een genetisch gevarieerder volk meer op de moderne CV-ketels: bij een kleine afwijking van de ingestelde temperatuur wat bijverwarmen en alleen als het nodig is, het volle vermogen gebruiken.

Trosgrootte biedt voordeel

Een groot volk zal het in de winter makkelijker hebben dan een klein volk. Dit principe is op verschillende manieren te illustreren. Warmteverlies treedt alleen op aan het oppervlak van de bolvormige tros en wordt door alle bijen binnen het volume van de tros gezamenlijk gecompenseerd. Dus verlies van warmte door het tweedimensionale oppervlak en winst binnen het driedimensionale volume. Hoe groter het volk, hoe groter de tros. Voor een bol geldt dat, als de diameter verdubbelt, het oppervlakte verviervoudigt en de inhoud verachtvoudigt. Dus als we een klein volk vergelijken met een acht keer groter volk, dan verliest het grotere volk per bij maar de helft van de opgewekte warmte aan de omgeving. Uit metingen blijkt dat bijen die in een tros zitten, ook veel minder warmte (hoeven te) produceren dan bijen die in hun eentje of met een klein aantal bij elkaar zitten. Een enkele bij in een intact volk produceert in rust ongeveer 1 milliWatt bij -10°C buitentemperatuur en 0,5 milliWatt bij +10°C buitentemperatuur. Een bij die niet in een groep zit, moet ongeveer vier keer zoveel warmte leveren als een bij die wel in een cluster bijen zit (n.b. die metingen zijn gedaan bij 25°C).

Hoeveel suiker moet worden 'verstoekt' om dit vermogen op te wekken? Voor een winterperiode van 5 maanden met een gemiddelde temperatuur van +10°C is dat voor een volk van 30.000 bijen ongeveer 13,3 kilo. Bij -10°C is dat ongeveer 25,5 kilo. Dus in een strenge winter wordt meer suiker verbruikt dan in een gemiddelde. (Maar let op: temperaturen hoger dan 10°C geven juist weer een hoger verbruik.) Als elke bij afzonderlijk zou zitten, dan zou hetzelfde aantal bijen ongeveer 53 kilo suiker nodig hebben gehad! Onze bijen zijn niet voor niets sociale dieren. Ook gedurende de winter. (Op www.bijenhouders.nl onder Tijdschrift-aanvullende informatie-maart 2010 staat hiervan de berekening.)



Afb. 2. Effect van de omgevingstemperatuur op de temperatuur van bijen in de buitenste laag (mantel) en in het binnenste (kern) van de tros. Opvallend is dat de 'mantel' bij een omgevingstemperatuur tussen 20 en 30°C, daar iets boven blijft, maar er ver boven blijft bij lagere temperaturen. Verder valt op dat bij een groot volk de temperatuur van de 'kern'bijen veel minder fluctueert; de bijen blijven dan beter op een temperatuur van ongeveer 37°C (gewijzigd naar: Heinrich 1981).

Een 'warm' welkom

Nu de andere functies die warmteopwekking door de bij heeft. Gebleken is dat speurbijen en vliegbijen bij terugkeer op de vliegplank de temperatuur van hun borststuk flink laten oplopen. Ze doen dit op het moment dat een wachterbij de binnenkomende vliegbij aan een nadere inspectie onderwerpt. De hogere temperatuur van het borststuk heeft dus niets te maken met de inspanning die de bij daarvoor, tijdens het vliegen, heeft moeten opbrengen. Bijen die van een vlucht terugkeren, maar niet door een wachterbij worden geïnspecteerd, hebben een borststuk met een lagere temperatuur. De rol van deze temperatuursverhoging is nog niet helemaal duidelijk. De herkenning van de nest'eigen' bijen aan de hand van de samenstelling van de cuticula, de buitenste laag van een bij, is heel belangrijk. Men zou kunnen speculeren dat de hogere temperatuur van het borststuk de afgifte van geurstoffen (zie mijn artikel in het februari-nummer van Bijenhouden) versterkt. Vergelijk de moderne luchtverfrissingsapparaatjes die je in het stopcontact moet steken en die met een verwarmingselementje geurstoffen in dampvorm brengen.

Nestwarmte

Bijen die de larven verzorgen, zorgen er óók voor dat de temperatuur van de cellen waarin de larven en poppen zich ontwikkelen dicht bij de optimale temperatuur blijft. Met heeft waargenomen dat de werksters met kop en borststuk in lege cellen naast een cel met een larve kruipen. Met de temperatuurgevoelige camera of met een miniatuurthermometer is dan te zien dat het borststuk opwarmt. Bij aaneengesloten broed is dit natuurlijk niet mogelijk en waarschijnlijk ook minder noodzakelijk, aangezien warmteverlies naar buurcellen dan niet optreedt. Koelen de poppen in een stuk raat met aaneengesloten broed toch te veel

af, dan drukken werksters hun warme borststuk op het deksel van de cel. Dit gedrag is nodig omdat een larve/pop bij een te lage temperatuur (lager dan 34,5°C) afwijkingen in de hersenen gaat vertonen.

Rebecca Basile van de Julius-Maximilians-Universiteit van Würzburg (2009) beschreef dat de werksters die zich bezighouden met dit 'uitbroeden' van de larven en poppen door een andere groep van werksters worden voorzien van nectar. Gemerkte werksters konden worden gevolgd terwijl ze heen en weer pendelden tussen de voederkrans en de 'broedende' werksters.

Eventjes smoren

Het meest spectaculaire voorbeeld van warmteontwikkeling door bijen is waarschijnlijk de fameuze tactiek om hoornaars die een volk binnen zijn gedrongen, in te ballen en te 'koken'. Op een filmpje op het web: www.youtube.com/watch?v=K6m4oW1soWc, is te zien hoe een groep Japanse honingbijen een verkennershoornaar omsingelt. Omdat het ook met een temperatuurgevoelige camera is gefilmd, kunnen we zien dat de temperatuur in deze groep oploopt tot ongeveer 47,8°C. Bij deze temperatuur houden de bijen het nog net uit, maar sterft de hoornaar, die een temperatuur van 46,2°C al niet meer overleeft.

Het filmpje is een onderdeel van een langere documentaire waarin wordt getoond hoe een bijenvolk wordt uitgeroeid door een groep hoornaars. Deze hebben het vooral voorzien op de larven in het bijenvolk, maar richten eerst een slachting aan onder de werksters. Bij zo'n massale aanval door hoornaars hebben de bijen geen verweer tegen deze efficiënte 'bijen-killers'. Maar door de verkenners door inballen letterlijk te 'smoren', kan een bijenvolk zo'n massale aanval effectief voorkomen.

Literatuur

- Stabentheiner, A. et al., 2002. Endothermic heat production in honeybee winter clusters. *J. Experimental Biology* 205: 2637-2642
- Jones, J.C. en Oldroyd B.P., 2007. Nest Thermoregulation in Social Insects. *Adv. Insect Physiol.* 33: 153-191
- Jones, J.C. et al., 2004. Honey bee nest thermoregulation: Diversity promotes stability. *Science* 305: 402-404
- Esch H. & Goller F., 1991. How do bees shiver? *Naturwissenschaften* 78: 325-328
- Stabentheiner, A. et al., 2007. Thermal behaviour of honeybees during aggressive interactions. *Ethology* 113: 995-1006
- Basile, R., 2009. Thermoregulation and resource management in the honeybee (*Apis mellifera*). Thesis Univ. Würzburg
- Fahrenheit, L. et al., 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. *J. Comp. Physiol. B* 159: 551-560
- Becher, M.A. et al., 2009. Pupal developmental temperature and behavioral specialization of honeybee workers (*Apis mellifera* L.) *J. Comp. Physiol. A* 195: 673-679
- Southwick, E. E., 1983. The honey bee cluster as a homeothermic superorganism. *Comp. Biochem. Physiol.* 75A: 641-645
- Heinrich B., 1981. The mechanism and energetics of honeybee swarm temperature regulation. *J. Exp. Biol.* 91: 25-55