

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 129 (2003)
Heft: 38: Bionik - Von der Natur lernen

Artikel: Das Hornissennest im Labor: Klimaregulation durch effektives Zusammenspiel von Konstruktion, Material und Organismen
Autor: Klingner, Raoul
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-108820>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Das Hornissennest im Labor

Klimaregulation durch effektives Zusammenspiel von Konstruktion, Material und Organismen

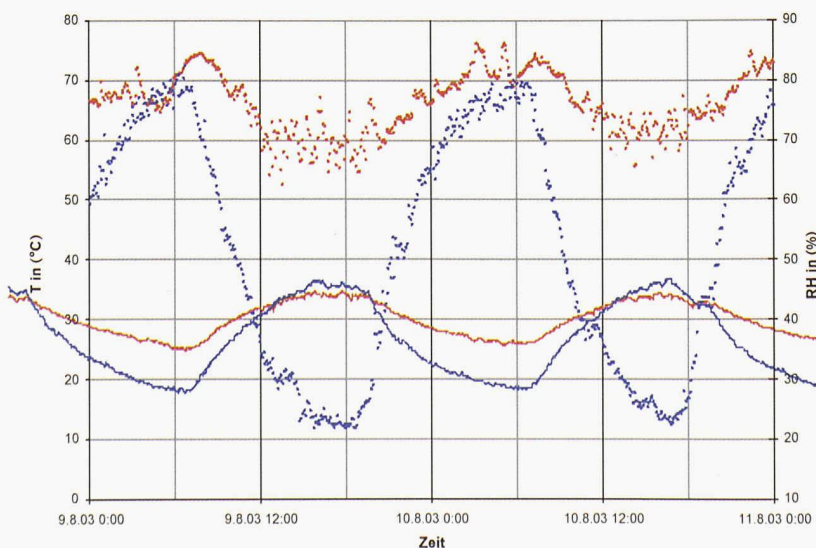
Hornissen sind im Gegensatz zu den fleissigen Bienen keine Sympathieträger unter den Insekten: Ihre Nester werden ausgeräuchert, mit Chemie vollgesprüht oder verbrannt. Objektiv betrachtet jedoch sind Hornissennester Meisterwerke des Leichtbaus, der energetischen Effizienz und der optimalen Ausrichtung auf die Bedürfnisse ihrer Bewohner. Die Bionik kann dieses Know-how der Natur für uns Menschen zugänglich machen.

Die Hornisse (*vespa crabro*) ist die grösste einheimische Wespenart. Sie gehört zu den sozialen Faltenwespen. Sozial nennt man sie, weil sie Staaten bildet mit einer Königin und vielen Arbeiterinnen, die Brutpflege betreiben. Hornissen sind annuale Insekten, eine Population überdauert immer nur ein Jahr. Ab Anfang Mai beginnt die Königin, aus der Winterstarre erwacht, mit dem Nestbau und der Pflege der ersten Brut. Im Laufe des Sommers übernehmen die geschlüpften Arbeiterin-

nen (sterile Weibchen) die Brutpflege und Futtersuche, und ein beträchtliches Volk von Hornissen wächst heran. Ab Mitte August schlüpfen Männchen und Jungköniginnen, welche gelegentlich aus dem Nest fliegen und sich paaren. Gegen Mitte Oktober stirbt das Nest langsam aus, und nur die Jungköniginnen überleben den Winter.

Geregeltes Innenklima für mehr Nachwuchs

Eine Hornissenpopulation will den Fortbestand der eigenen Art sichern und daher möglichst grosse Völker und somit viele befruchtete Jungköniginnen produzieren. Um optimale Brutbedingungen zu gewährleisten, entwickelte sich im Laufe der Evolution ein komplexer Nestbau aus einem Gemisch aus Holzspänen und Speichel. In einer Konstruktion aus waagrechten Wabentellern, umschlossen durch eine gekammerte Nesthülle, sind die Insekten in der Lage, die Nesttemperatur verhältnismässig genau um die optimale Entwicklungstemperatur in den einzelnen Wabenzellen von etwa 30°C zu regeln (Bild 1). Obwohl der Nestbau einer andauernden Erweiterung unterworfen ist, um dem wachsenden Volk Platz zu bieten, erlaubt es das Konstruktionsprinzip den Tieren, diese genaue Regelung



1

Temperaturverlauf im Nestinneren Anfang August 2003:

Trotz Aussentemperaturen über 36°C (blaue Kurve) und inneren Wärmelasten der Population steigt die Innentemperatur nicht über 34°C (rote Kurve). Die Isolation ist in dieser Expansionsphase des Nests noch suboptimal ausgebildet. Bei klarer Nacht sinkt die Innentemperatur unter 27°C, während die Aussentemperatur unter 20°C fällt.

Noch deutlicher ist die Klimaregulation anhand der relativen Luftfeuchte (punktierte Kurven) erkennbar, die im Nestinneren auch bei sehr trockener Aussenluft nicht unter 50% sinkt (Bilder: Empa)



über den gesamten Entwicklungszeitraum, d.h. vom Frühling bis zum Herbst, aufrechtzuerhalten und kontinuierlich zu verbessern. Wie alle Insekten weisen auch die Hornissen ein von Natur aus ungünstiges Verhältnis von Oberfläche zu Volumen und damit hohe Wärmeverluste auf. Die Nestkonstruktion ermöglicht es der Hornissenpopulation, den Wärmeabfluss der Einzeltiere besonders während kühler Nächte im Nest zu halten und der Brut zugute kommen zu lassen. Bei drohender Überhitzung an heissen Sommertagen bedienen sich die Insekten der Enthalpiedifferenz zwischen Nestinnerem und Umgebung. Durch Ventilation tauschen sie die feuchte Innenluft mit trockenerer Aussenluft aus und verhindern so einen Anstieg der Innentemperatur über 34°C.

Die effektive Klimaregulation im Hornissennest ist Ergebnis einer optimierten Abstimmung des Verhaltens der Population und der Nestkonstruktion (Bild 4 und Kasten). Der hängende Nestbau folgt stets einer vertikalen Vorzugsrichtung und nutzt somit offenbar den Auftrieb von warmer und feuchter Luft. Der Nesteingang ist immer an der Unterseite. Dort verhindert wahrscheinlich eine stabile Schichtung der Luft übermässige Konvektion über die je nach Bauphase recht grossen Öffnungen. Durch gerichtete Ventilationstätigkeit der Insekten ermöglichen die horizontalen Öffnungen jedoch andererseits einen effektiven Luftaustausch (Bild 2).

Leichtbau in Holz und Speichel

Die Wabenteller sind an kleinen Pylonen untereinander aufgehängt und bilden das erstaunlich robuste Gerüst der Konstruktion. Das Baumaterial ermöglicht durch seine spezifische Festigkeit grosse Konstruktionen bei geringem Gewicht. So kann die mehrschichtige Hülle nahezu selbsttragend an die Wabenteller gehängt werden. Die muschelartigen Kammern wirken einerseits isolierend, andererseits bieten sie die Möglichkeit, den Innenraum lateral zu erweitern durch Abbau der Innenseite und gleichzeitigem Anbau einer neuen Kammer aussen (Bild 3). Das holzbasierte Baumaterial ist zudem hygroskopisch und spielt wahrscheinlich eine dämpfende Rolle bei der Wärme- und Feuchteregulierung im Nest.

Von Insekten lernen?

Um die Wirkungsweise dieser evolutiv optimierten Konstruktion besser zu verstehen und die Effizienz der Mechanismen zu quantifizieren, werden gegenwärtig an der Empa Hornissenpopulationen und ihre beeindruckenden Bauten wissenschaftlich untersucht. Können nicht auch wir Konstruktionen ohne thermische Speichermasse stabil regeln, indem wir uns hygroskopische Eigenschaften von Baumaterialien besser zu Nutze machen? Wäre der gezielte Gebrauch von Evaporationskälte zur passiven Kühlung des Hornissennestes nicht auch im Holzbau machbar? Liesse sich eine mehrschichtige Aussenwand nicht mit stehender und bewegter Luft in ihren Eigenschaften einstellen? Die Natur hat über Jahrmillionen durch unzähliges Probieren und Verwerfen Systeme entwickelt, die ihren Anfor-

derungen in optimierter Weise gerecht werden. Wir haben leider nicht die Zeit der Natur für neue Entwicklungen, dafür aber die dem Menschen eigene Kreativität. Ziel einer bionischen Herangehensweise ist es daher, nicht die Leistungen der Natur kopieren zu wollen, sondern durch deren Verständnis auf neue Lösungen zu kommen, die in Zukunft den Weg in neue Materialien oder innovative Systeme finden können.

Raoul Klingner, Empa Abteilung Holz
Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf
raoul.klingner@empa.ch

2

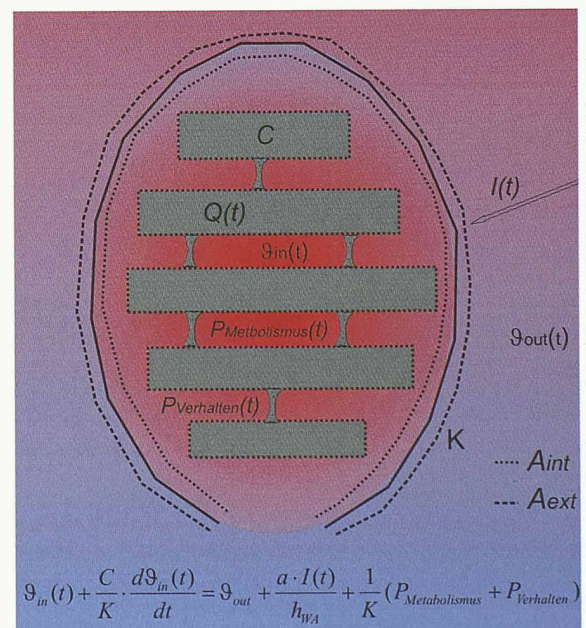
Durch Ventilation an einer Nestöffnung induzieren die Hornissen einen erhöhten Luftwechsel

3

Baufortschritt im August. Das Nest wird nach unten und lateral erweitert. Dazu werden aussen Schichten angefügt und das Innenvolumen durch Wegnahme der inneren Wände vergrössert. Mehrere Hornissen sind mit dem Bau einer Luftkammer aussen an der Nesthülle beschäftigt

4

Vereinfachte Leistungsbilanz der Nestkonstruktion (siehe Kasten)



Die Leistungsbilanz des Hornissennestes

Die Innentemperatur im Nest $\Theta_{in}(t)$ und die in die innere Speichermasse abgegebene Wärme $C \cdot \frac{d\Theta_{in}(t)}{dt}$ entsprechen der äusseren Anregung des Nestes aus Aussenlufttemperatur $\Theta_{out}(t)$ und Strahlungsgewinn. $I(t)$ ist dabei die Intensität der Sonneneinstrahlung, deren Übergang auf das Nest noch von dessen Absorptions- und Wärmeübergangseigenschaften (a und h_{WA}) beeinflusst wird. Hinzu kommen interne Lasten $P(t)$ aus dem Metabolismus der Population und speziellem Verhalten wie Erwärmen oder Kühlen. K ist der Verlustfaktor, der sich aus Transmissionswärmeverlusten und Luftwechsel zusammensetzt, jeweils bezogen auf die Hüllfläche.