

Geheimnisse um Honigproduktion durch

Dank noch nie gesehener Röntgenbilder von Honigbienenwaben konnte unser Forschungsteam (Agroscope – Zentrum für Bienenforschung und Institut für Bienengesundheit der Universität Bern) beobachten, wie Honig produziert wird. Mittels Computertomografie haben wir die Zuckerkonzentration in den Wachszellen gemessen, ohne die sensitiven Mechanismen des Bienenvolkes zu stören. Dabei entdeckten wir, dass Bienen verschiedene Techniken verwenden, um Nektar einzulagern und um Honig reifen zu lassen. Erstaunlicherweise waren die Bienen weniger effizient, als wir dachten. Zusätzlich entdeckten wir, dass Bienen einem Wettlauf gegen die natürliche Tendenz des Honigs Wasser aufzunehmen entgegenwirken, da die Zuckerkonzentration in den Zellen weiter erhöht wurde, nachdem die Bienen bereits mit der Zellverdeckung begonnen haben.

MICHAEL EYER, PETER NEUMANN UND VINCENT DIETEMANN

Honigbienen sammeln Nektar von Blumen und konzentrieren den darin enthaltenen Zucker, um Honig zu produzieren. Die Honigvorräte ermöglichen es den Völkern, die Winterzeit zu überleben. Diese reiche Zuckerquelle wird auch von den Menschen geschätzt und als Honig für den Ver-

zehr geerntet. Trotz der immensen Wichtigkeit des Honigs für Bienen und Menschen ist über die Honigproduktion durch die Arbeiterbienen noch sehr wenig bekannt. In unseren Experimenten, die im Rahmen der Doktorarbeit von Michael Eyer durchgeführt wurden, untersuchten wir, wie sich die Zuckerkonzentration in der Wachszelle während der Honigproduktion durch

die Arbeiterbienen verändert. Viele Details zur Umwandlung von Nektar in Honig waren bisher unbekannt, weil es technisch schwierig ist, die Zuckerkonzentration in den Wachszellen zu messen, ohne dabei die Bienen und die Prozesse selbst zu stören.

Computertomografie wird gewöhnlich zur medizinischen Untersuchung von Menschen und Tieren verwendet. Damit werden dreidimensionale Röntgenbilder generiert, die Dichte von Materialien gemessen und Dichteunterschiede bildlich dargestellt. Da die Dichte einer Zuckerlösung entsprechend ihrer Zuckerkonzentration variiert, kann die Dichte für die Berechnung der Zuckerkonzentration benutzt werden, ohne dafür den Zellinhalt entnehmen zu müssen. Computertomografie wurde hierzu verwendet, um ganze Bienenbeuten zu durchleuchten (Abb. 1). Damit konnten wir zum ersten Mal die Zuckerkonzentration in den Wachszellen mit hoher Auflösung messen und sichtbar machen (Abb. 2).

Abb. 1. Die Beuten werden durch scannen mit dem Computertomografen untersucht.



FOTO: V. DIETEMANN, AGROSCOPE

Abb. 2. Gescannte Honigwabe, der eingetragene Nektar ist in grüner Farbe dargestellt.

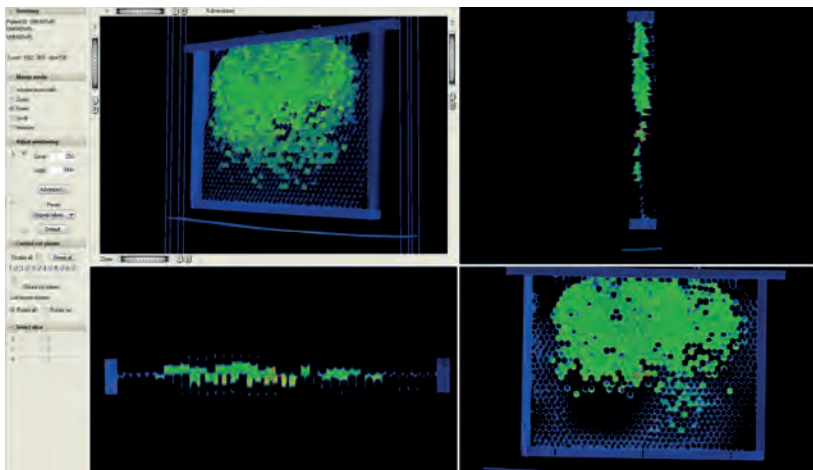


FOTO: M. EYER, AGROSCOPE, IBH

Die Geheimnisse der Zellen

Wir haben freifliegende Völker mit leeren Waben ausgestattet (Abb. 3), um die Honigproduktion beobachten zu können. Dafür durchleuchteten wir in regelmässigen Abständen die Waben während des Honigreifeprozesses. Die Röntgenbilder in den Zellen zeigten verschiedene Helligkeiten, welche die Zuckerkonzentration widerspiegeln. Die Muster deuten darauf hin, dass die Arbeiterinnen verschiedene Verhaltensweisen zeigen, um Honig zu produzieren. Entweder

Bienen enthüllt



FOTO: V. DIETMANN, AGROSCOPE

Abb. 3. Für die Versuche wurden leere Waben zur Beobachtung der Honigproduktion in frei fliegende Völker gehängt.



FOTOS: M. EYER, AGROSCOPE, IBH



Abb. 4–6. Röntgenbild einer Zelle mit einem Ring von hoch konzentriertem Zucker entlang der Zellwände (Abb. 4 links), Klumpen von hoch konzentriertem Zucker (Abb. 5 Mitte) und Zelle mit reifem inhomogenem Honig (Abb. 6 rechts).

«bemalen» sie die Wände mit Ladungen von hoch konzentriertem Nektar und bilden Ringe (Abb. 4) oder sie füllen die Ladungen zufällig in die Zelle ein, was zu einer klumpigen Anordnung führt (Abb. 5). Diese Klumpen wachsen während der Reifung. Mit der Zeit verschwinden auch die Ringe und es entsteht ein nicht einheitliches Muster, nämlich das vom reifen Honig

(Abb. 6). Überraschenderweise zeigte sich der reife Honig als Matrix inhomogener Zuckerkonzentration.

Räumliche Muster

Die Röntgenbilder zeigten, dass Nektar mit niedriger oder hoher Zuckerkonzentration oft durchmischt in die Zellen eingelagert wird. Des Weiteren haben räumliche Analysen

ergeben, dass Nektar mit gleicher Zuckerkonzentration selten nebeneinander in die Wabe eingelagert wird. Da Bienenvölker sehr effiziente Einheiten sind, erwarteten wir, dass die Nektareinlagerung eventuell über die Zeit optimiert werde. Wenn nämlich Zellen mit gleicher Zuckerkonzentration gruppiert auf der Wabe angeordnet würden,

Michael Eyer

Michael Eyer führte diese Untersuchungen im Rahmen seiner Doktorarbeit unter dem Patronat des ZBF und des Instituts für Bienengesundheit der Uni Bern durch. Er ist schon mehrere Jahre in der Bienenforschung tätig, da er bereits seine Diplomarbeit am ZBF machte (Übertragung von Bienenviren durch den Kleinen Beutenkäfer – die Schweizerische Bienen-Zeitung hat darüber berichtet (SBZ 07/2010, Seiten 17–19).

Der Fokus dieser Doktorarbeit lag bei der Einlagerung von Honig sowie der langen Lebensdauer von Winterbienen. Beides sind Anpassungen der Honigbienen zur erfolgreichen Überwinterung als Kolonie.

Über die Befunde der Winterbienen werden wir zu einem späteren Zeitpunkt berichten. Die Redaktion der Schweizerischen Bienen-Zeitung gratuliert Michael Eyer herzlich zur Erlangung der Doktorwürde und dem Forscherteam für diese spannenden Resultate.



FOTO: V. DIETEMANN, AGROSCOPE
Michael Eyer überwacht eine Computertomografie-Messung.

könnte damit der Energie-Aufwand für deren Reifung reduziert werden. Energie wird benötigt, weil die Bienen den Nektar aktiv konzentrieren. Dabei würgen sie Tropfen von Nektar hoch und manipulieren ihn mit ihren Mundwerkzeugen, sodass das Wasser verdunstet. Zusätzlich passen die Bienen die Feuchtigkeit der Stockluft durch Flügelzittern an, um die passive Verdunstung des eingelagerten Nektars zu beschleunigen. In einfacheren Worten: Zu Beginn des Reifeprozesses scheint es noch keine genauen Vorgaben bezüglich Energieeffizienz zu geben, wie Nektar unterschiedlicher Zuckerkonzentration in die Zellen eingefüllt werden soll. Solche Zuckerkonzentrationsmuster aus Wabenregionen mit Zellen gleicher Konzentration treten erst später auf, wenn durch Reduktion des Wassergehaltes der eingelagerte Nektar in Honig mit seiner höheren Zuckerkonzentration umgewandelt wird.

Wettlauf gegen die Verdünnung des Honigs

Messungen der Zuckerkonzentration gegen Ende des Honigreifeprozesses deckten auf, dass verdeckelte Zellen eine höhere Zuckerkonzentration aufweisen als halb verdeckelte Zellen. Wir konnten somit früheres Wissen mit präziseren Messungen bestätigen und gleichzeitig hervorheben, dass Honig erst zum Zeitpunkt, wenn die Mehrheit der Zellen verdeckelt sind, geerntet werden sollte.

Wissen für die Imkerei und die Bienengesundheit

Diese neuen Analysen mithilfe modernster Computertomografie erlaubten die bislang genauesten Einsichten in die Mechanismen der Honigreifung. Mehr Wissen zur Honigproduktion durch die Bienen ist wichtig für die Imkerei. Die neue Methode und die vielen Erkenntnisse bilden die Grundlage für weiterführende Experimente, welche helfen, weitere Faktoren zu identifizieren, welche die Honigproduktion beeinflussen. Sobald identifiziert, können diese Faktoren allenfalls mit einer verbesserten Stockarchitektur oder mittels angepasster Bienenhaltung begünstigt werden, mit dem Ziel, die Qualität und Quantität des Honigs zu steigern. Eine direkte Anwenderinformation ist, dass wir mit dem Tomographen feststellen konnten, dass die Bienen den Zellinhalt, auch nachdem die Verdeckelung der Zellen begonnen hat, weiter bearbeiten. Dies bestätigt, dass die Bienen einem Wettlauf gegen eine Honigverdünnung ausgesetzt sind. Eine mit Zucker hoch konzentrierte Lösung wie Honig nimmt natürlicherweise Wasser auf. Die Imker sollten deshalb mit der Honigernte warten, bis die Mehrheit der Honigzellen verdeckelt ist, um Fermentierungs- und Qualitätsprobleme zu vermeiden. Da die Zuckerkonzentration zwischen den einzelnen Zellen stark variierte, raten wir dazu, dass die Imker, besonders bei nicht verdeckelten Honigzellen, mehrere Zellen an verschieden

Regionen auf der Wabe beproben, um die Zuckerkonzentration des Zellinhaltes zu bestimmen. Dies hilft dazu mit, dass wirklich nur reifer Honig mit entsprechend hoher Zuckerkonzentration geschleudert wird. Zusätzlich kann die Beobachtung der Nektareinlagerung, mittels der neuen Methode, zu einem besseren Verständnis der Vitalität der Völker oder der Kontaminierung durch Pathogene beitragen. ◻

Literatur

1. Eyer, M.; Greco, M. K.; Lang, J.; Neumann, P.; Diemann, V. (2016) No spatial patterns for early nectar storage in honey bee colonies. *Insectes Sociaux* 63: 51–59.
2. Eyer, M.; Neumann, P.; Diemann, V. (2016) A Look into the Cell: Honey Storage in Honey Bees, *Apis mellifera*. *PLOS ONE* 11(8): e0161059. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0161059>.

Dank

Wir bedanken uns herzlich bei Mark Greco für die Etablierung der Computertomografie-Methode am Zentrum für Bienenforschung und für die detaillierte Einarbeitung der oben erwähnten Forscher.

Diese Studie wurde finanziell durch die Stiftung Vinetum und Agroscope unterstützt und von Forschenden von Agroscope (Schweizer Zentrum für Bienenforschung) und von der Universität Bern (Institut für Bienengesundheit, Vetsuisse-Fakultät) durchgeführt.