

WISSENSWERTES zu den Bienenwaben

Perfekte Form

Schon in der Antike rief der Aufbau der Bienenwaben Erstaunen hervor. Die Bienen wüssten, dass das Sechseck besser für die Honigaufbewahrung geeignet sei als etwa das Quadrat oder das Dreieck, bemerkte der griechische Gelehrte Pappus von Alexandria. Der Begründer der modernen Evolutionstheorie Charles Darwin bescheinigte den Bienen, in der Wabe eine «absolut perfekte» Form gefunden zu haben, um Arbeit und Wachs zu sparen.

Lange Zeit war allerdings nicht bekannt, dass die Waben nicht gleich in sechseckiger Form gebaut werden, sondern zunächst eine runde Grundform haben, die dann unter spezifischen Wärmebedingungen von den Bienen in eine sechseckige Form verwandelt wird



Die perfekte sechseckige Struktur von Bienenwaben, die Naturforscher seit Jahrhunderten fasziniert, kommt ohne mathematisches Verständnis der Bienen zustande.

Die Natur sei die beste Ingenieurin, heisst es. Und wer die Waben von Honigbienen betrachtet, kann dem nur beipflichten: Die sechseckigen Zellstrukturen sind aufgrund ihrer Geometrie enorm stabil, brauchen aber nur wenig Platz und Material. Darum werden Wabenstrukturen in der Industrie schon seit längerem eingesetzt, etwa im Flugzeug-Leichtbau. Nun hat ein chinesisch-britisches Forscherteam der Natur eine Strategie abgeschaut, um die künstlichen Waben noch zu verbessern.¹

Die Forscher nahmen dazu die Mikrostruktur der Bienenwaben genauer unter die Lupe. Zu Beginn bestehen die Waben nur aus Wachs, das die Insekten ausscheiden. Mit der Zeit aber verändert sich ihre Zusammensetzung: In den Hohlräumen kann nämlich nicht nur Honig aufbewahrt werden, es wachsen darin auch Jungtiere heran. Den Eiern entschlüpfen Larven, die sich in Seidenkokons verpuppen, aus denen sie sich später als ausgewachsene Bienen herauschälen. Die leeren Kokons bleiben in den Waben zurück – und werden von den Bienen sogleich in ihre Bauten integriert. Mit noch mehr Wachs kleben die Tiere die Seidenfäden als dichtes Gewebe an die Wabenwände. So werden die Waben nach und nach zu einer Art Faserverbundwerkstoff.

Im Experiment vermessen die Forscher die Materialeigenschaften von Waben der Italienischen Honigbiene im Detail, und zwar in verschiedenen Altersklassen – von ganz frisch bis zweijährig. Dabei fanden sie unter anderem heraus, dass die älteren Waben auch bei grossen Temperaturschwankungen fest bleiben. Frische Waben dagegen werden rasch weich, weil sie nur aus Wachs bestehen. Die Kokonfäden haben also einen stabilisierenden Effekt. Nun wollen die Forscher dieses erfolgreiche Bauprinzip der Bienen auf künstliche Wabenstrukturen übertragen.



Geschichte:

Bienenwachs ist wahrscheinlich der älteste Werkstoff zur Herstellung von Kerzen. Wachs ist seit Menschengedenken sehr begehrt. Schon die alten Ägypter nutzten das Wachs unter anderem zur Einbalsamierung und bei der Mumifizierung der Pharaonen, sowie zum Abdichten der Holzschiffe. Wachs dient bekanntlich als Grundstoff für Schminken, Pomaden und Salben und hat Antiseptische Eigenschaften. Die Römer versiegelten damit Krüge, Wein- und Ölfässer. Zum Wachsen von Möbeln und Figuren wird es verwendet.

Schon 3000 vor Chr. wurde Wachs zur Herstellung von Papyrus als Bindemittel des verpressten Markes der Papyrusstaude verwendet. Die Griechen machten sich Notizen auf Holztafelchen, die mit Wachs bestrichen waren. Früchte wie Äpfel und Birnen wurden in Wachs getaucht um sie haltbarer zu machen. In der Batikfärberei hat Wachs heute noch Bedeutung. Das erste Wachsfigurenkabinett wurde 1762 in Paris gegründet, das nach vier Jahrzehnten nach London übersiedelte und bekannte Zeitpersönlichkeiten in Wachs darstellt. Die Schuster und Sattler brauchen Wachs um das Garn wetterfest zu machen, teilweise auch gemischt mit Pech. Unter Verwendung von Wachs wurden u.a. Wachstücher, Wachspapier, Wachsmalstifte, Wachspferlen, Wachsblumen Wachskerzen gefertigt. Mit der Ausbreitung des Christentums wuchs der Wachsbedarf für Kerzen bis in die Zeit Reformation sprunghaft, auch weil in den Kirchen nur Bienenwachskerzen brennen durften, da die Biene als Symbol der Jungfräulichkeit galt. Die Römer verlängerten das kostbare Bienenwachs als Lichtquelle mit Pech und Talk. Seit 1818 hat man das Stearin und 1830 das Paraffin entdeckt, so dass das Bienenwachs als Kerzenrohstoff an Bedeutung verlor.

Die Entstehung von Bienenwachs hat Philosophen und Gelehrte früher und heute interessiert. Der griechische Naturphilosoph Aristoteles glaubte, das Bienenwachs stamme aus Blüten. Diese Meinung herrschte bis in die Renaissance.

Im Jahr 1744 schrieb der deutsche Naturforscher Hornbostel, die Bienen selbst produzierten das Wachs. Diese Auffassung wurde in einer nicht sehr verbreiteten Zeitschrift publiziert und blieb bis Ende des Jahrhunderts unbeachtet. Erst 1792 erweiterten Hunter und 1812 und auch der Schweizer Naturforscher Huber mit ihren Beobachtungen das Wissen darüber, wie die Bienen Wachs produzieren. 1906 beschrieb der Deutsche Dreyling als Erster den Vorgang der Wachstabsonderung. Heute ist der genaue Mechanismus der Wachssynthese geklärt.

Entstehung:

Die Waben sind für das Bienenvolk zunächst Geburts- und Lebensraum. In den Zellen wachsen die Bienen heran, die von der Königin zunächst als Ei abgelegt werden. Während der Aufzucht mit Fütterung durch die Arbeitsbienen entsteht aus dem Ei eine Larve, die sich schließlich in der mit einem Wachsdeckel versehenen Zelle in eine Puppe verwandelt, bis nach 21 Tagen (bei der Arbeitsbiene) das fertige Insekt aus der Zelle schlüpft.

Darüber hinaus sind Waben auch Produktionsstätte und Speicherplatz für Honig sowie Pollen. Außerdem sind sie Telefon-Festnetz (Vibrationskommunikation über die Zellränder der Waben), Informationsspeicher, Staatenflagge (chemische Markierung mit unterschiedlichen Botschaften) und erste Verteidigungslinie gegen Pathogene (durch antimikrobielle Wirkung).

Für die Wachsproduktion hängen sich die Bienen traubenförmig aneinander. Die Bienen produzieren Wachs mit ihren acht Paar Wachsdrüsen, die sich zwischen dem dritten und sechsten Hinterleibsring befinden. Aus diesen Drüsen gelangt flüssiges Wachs in die Zwischenringtaschen, wo feine, weisse Wachsplättchen gebildet werden. Eine Wachsschuppe ist winzig klein und wiegt etwa 0,0008 g, so dass für ein Kilogramm Bienenwachs rund 1,25 Millionen Plättchen erforderlich sind. Darüber hinaus scheidet die gesamte Oberfläche des Chitinpanzers Wachs aus, das aber ausschliesslich Schutzfunktion hat. Die Biene transportiert das Wachsplättchen mit dem Pollenkamm der Hinterbeinschiene aus der Wachstasche und führt es zu den Mundwerkzeugen. Diese übernehmen die weitere Be- und Verarbeitung. Dabei wird Mandibeldrüsensekret wie bei der Kittharzbearbeitung als Lösungsmittel eingesetzt.

Für die Produktion eines Kilogramms Wachs sind ca. 150 000 Bienen nötig. Bei den 12- bis 18-tägigen Arbeiterbienen sind die Wachsdrüsen voll entwickelt und leistungsfähig. Bei älteren Bienen verkümmern sie, lassen sich aber in Notsituationen reaktivieren. Die Hauptzeit für die Wachserzeugung sind in Mitteleuropa die Monate April bis Juni. Das ist die Periode mit der grössten Erweiterung des Bienenvolkes. Dann können mehrere Waben innerhalb einer Woche entstehen. Grundsätzlich sind Bienen in der Lage, alle ihre Waben selbst zu errichten. Der Produktionstrieb von Wachs ist am stärksten bei Bienenschwärmen, die sich für ihr Überleben innerhalb kürzester Zeit eine neue Behausung schaffen müssen.

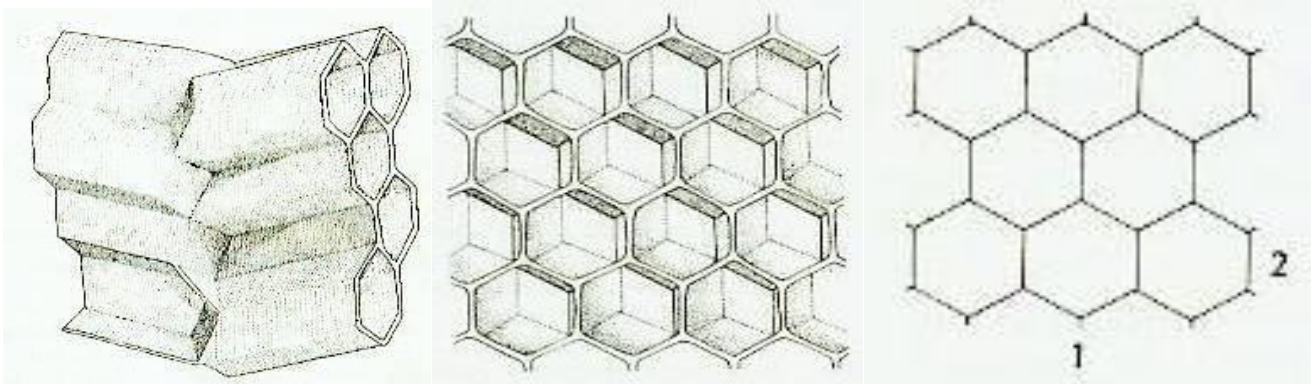
Die Sommerbienen, die während dieser Zeit leben, haben besser entwickelte Wachsdrüsen als die Winterbienen. In Notsituationen, z.B. wenn sie auf Mittelwänden überwintern müssen, können auch diese Bienen Wachs produzieren und somit ihr Überleben sichern. Jeder Schwarm befindet sich in einer Notsituation, doch die Bienen können überleben dank Aktivierung der Wachsproduktion

Geometrie:

Forscher nehmen an, dass die Bienen zuerst gar keine sechseckigen, sondern kugelförmige Wachszellen bauen. Durch das Arbeiten der fleissigen Insekten steigt dann die Temperatur im Bienenstock an, und bei etwa 40° C wird das Bienenwachs weich und verformbar. Nun nimmt jede Wabenzelle aufgrund des Drucks der umliegenden Wabenzellen automatisch die energetisch

günstigste Form an und „fließt“ in ein perfektes Sechseck. Laut Mathematikern ist diese Form nämlich die optimale Lösung, wenn man mit möglichst wenig Material ein möglichst grosses Raumvolumen bauen will. Ausserdem sind die so entstandenen gleichmässigen Wachswände bei geringer Dicke sehr stabil. Eine Bienenwabe mit einer Fläche von 10 mal 10 Zentimetern wiegt nur etwa 12 Gramm und bietet Platz für 350 Gramm Honig! Bienenwaben sind also wahre Wunder der Natur. Doch für was brauchen die Honigbienen einen so kunstvoll gebauten Bienenstock?

Form der Wabenzellen



Die sechseckige Zelle ist die ideale Form, die eine maximale Menge Honig aufnimmt, und für die Brut (Bienenmaden) eine annähernde runde Form darstellt. Wabenbau: 1. stehende Zellen 2. liegende Zellen

Zusammensetzung:

Grundaufbau von Wachsen:

Fettsäuren, Alkohole und Fettsäureester (Ester = unter Wasserabspaltung mit Alkoholen verkettete Fettsäuren = Fette), Glycerin (dreiwertiger Alkohol) als typischer Bestandteil von Fetten fehlt!

Wichtigste Bestandteile:

- 70 - 72 % Ester (vor allem Myricin = Palmitinsäureester des Myricilalkohols)
- 14 - 15 % Fettsäuren (Cerin = Cerotinsäure, Melissinsäure....)
- 1 % freie Alkohole
- 12 % Kohlenwasserstoffe

Bienenwachs hat insgesamt wohl über 300 verschiedene Stoffe in wechselnder Zusammensetzung, davon nur vier Stoffe mit jeweils über 5 % Anteil. Rückstandsbelastungen können durch fettlösliche Inhaltstoffe von Pflanzenschutzmitteln, Holzschutzmitteln, Mittel zur Bienenbesänftigung und -abwehr (Repellents) sowie Mittel zur Krankheits- und Wachsmottenbekämpfung - vor allem Varroazide entstehen. Es besteht die Gefahr der Anreicherung im Wachskreislauf

Farbe

Frisch ausgeschwitzte Wachsplättchen sind farblos. Erst später erhalten sie durch Beimischung von Pollenbestandteilen (fettlösliche Farbkomponenten), Drüsensekrete und Propolisanteile die intensive Gelbfärbung. Durch Larvenausscheidungen wird Wachs aus bebrüteten Waben in der Regel dunkler. Nach längerer Lagerung in kühlen Räumen bildet sich ein reifartiger Überzug (Wachsbüte). Er gilt als bienenwachstypisch und kann durch Wegwischen oder Erwärmung entfernt werden. Es handelt sich dabei um eine Veränderung der Oberflächenstruktur.

Gewinnung:

Alte Waben werden nicht weggeworfen, sondern eingeschmolzen. So gewinnt der Imker aus einer Wabe etwa 100 - 150 g Wachs. Es gibt verschiedene Methoden für die Wachsgewinnung für den Imker wie: Trockenschmelze, Nassschmelze und Auslassen mit Dampf.

Verwendung:

Bienenwachs war früher wichtiger Rohstoff, da Vergleichbares nicht ausreichend vorhanden war (Kerzenherstellung, Modellieren; Trennmittel bei Metallgusstechnik). Die Säkularisierung und der damit verbundene Rückgang des Kerzenbedarfs sind Ursache des ersten bedeutenden Rückganges der Imkerei in der Neuzeit.

Heute gibt es zwar zahlreiche Ersatzwachse dennoch gewinnt Bienenwachs auf Grund seiner besonderen Eigenschaften wieder an Bedeutung.

Der Imker verwendet das Wachs in der Hauptsache, um daraus Mittelwände (das sind die Wachsplatten mit Sechseckprägung) herzustellen. Daneben lassen sich natürlich Kerzen giessen oder tauchen.

Auch die kosmetische Industrie benötigt Bienenwachs sowie einige Firmen zur Herstellung von Möbelpolituren.

Weitere Anwendungen sind:

- Pharmazeutische Industrie (Salben, ...)
- Chemisch-technische Industrie (Lacke, Wachsfarben, ...)
- Lebensmittelindustrie (Trennmittel)
- Elektroindustrie. (Isolation)
- Medizin (Abdrücke, ...)
- künstlerischer Gestaltung (z.B. Wachsmodelle, Batik, Kerzenbedarf (angenehmer Geruch von Bienenwachs), Kunstgiessereien)

Fakten zum Wachs:

- Wachs verflüssigt sich bei etwa 65Grad
- Wachs besteht – vereinfacht gesagt - chemisch aus langkettigen und netzartig verbundenen Fettmolekülen (Paraffinen)
- Bienen „schwitzen“ Wachs in Form von kleinen Plättchen aus ihrem Körper (mit Hilfe der sog. Wachsdrüsen)
- Ungefähr 1,25 Millionen solcher Plättchen ergeben 1 kg Naturwachs
- Für eine Zelle benötigen die Bienen ca. 50 Wachsplättchen
- Die Bauweise der sechseckigen Wabenzellen erlaubt den geringsten Materialaufwand bei maximaler Raumausnutzung, jede Zellwand wird „rundherum“ beidseitig genutzt. Die Dicke der Zellwände beträgt ungefähr 1/3 der Dicke eines Menschenhaares.
- Der Bau der Waben stellt eine mathematische und ingenieurmässige Höchstleistung dar. Die Zellen sind das Ergebnis einer mathematischen Grenzwertrechnung – maximales Volumen bei minimalem Materialaufwand und gleichzeitig maximale Festigkeit.
- Eine Wabe kann ca. 4 kg Honig aufnehmen, dies ist das 50-fach ihres Eigengewichtes.

Quellen:

www.simplyscience.ch

www.bienenschade.de

www.wikipedia.org