

Bienenwachs

Stefan Bogdanov
Schweizerisches Zentrum für Bienenforschung
Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld, CH-3003 Bern

Bienenwachs findet seit vielen Jahrhunderten Verwendung bei der Kerzenherstellung. In vielen christlichen Kirchen sind die Altarkerzen aus reinem Wachs. Das duftende Kerzenlicht des Bienenwachses ist überall auf der Welt beliebt. Die Verwendung von Wachs für medizinische und andere Zwecke hat eine lange Tradition und wird in der modernen Welt fortgesetzt.

DIE BIENEN MACHEN BIENENWACHS

Die Entstehung von Bienenwachs hat Philosophen und Gelehrte früher und heute interessiert. Der griechische Naturphilosoph Aristoteles glaubte, das Bienenwachs stamme aus den Blüten. Diese Meinung herrschte bis in die Renaissance. Im Jahr 1744 schrieb der deutsche Naturforscher Hornbostel, die Bienen selbst produzierten das Wachs (1). Diese Auffassung wurde in einer nicht sehr verbreiteten Zeitschrift publiziert und blieb bis Ende des Jahrhunderts unbeachtet. Erst 1792 erweiterten Hunter (2) und 1812 auch der Schweizer Naturforscher Huber (3) mit ihren Beobachtungen das Wissen darüber, wie die Bienen Wachs produzieren. 1906 beschrieb der Deutsche Dreyling als erster den Vorgang der Wachsabsonderung (4).

Heute ist der genaue Mechanismus der Wachssynthese geklärt. Viele Beschreibungen in diesem Kapitel stammen aus der Monographie über „Bienen und Wachs“ von Hepburn (5). Interessierte finden dort viele Details über die Wachsproduktion im Bienenvolk.

Die Bienen produzieren Wachs mit ihren acht Paar Wachsdrüsen, die sich zwischen dem dritten und sechsten Hinterleibsring befinden (Bild). Aus diesen Drüsen gelangt flüssiges Wachs in die Zwischenringtaschen, wo feine, weisse Wachsplättchen gebildet werden (Bild). Eine Wachschuppe ist winzig klein und wiegt etwa 0,0008 g. Für die Produktion eines Kilogramms Wachs sind ca. 150 000 Bienen nötig (6). 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. 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 (7). Jeder Schwarm befindet sich in einer Notsituation, doch die Bienen können überleben dank Aktivierung der Wachsproduktion.

Die Rohstoff-Hauptlieferanten für die Wachssynthese sind die Zucker (Fructose, Glucose und Saccharose). Die meisten Experimente zur Bestimmung der für die Wachssynthese benötigten Zuckermenge sind mit Saccharose (Weisszucker) durchgeführt worden. Das Verhältnis von verbrauchtem Zucker zum Wachsgewicht wird Zucker: Wachs-Zahl (ZWZ) genannt. Die ZWZ variiert sehr stark bei den verschiedenen Untersuchungen, die in unterschiedlichen Teilen der Welt mit verschiedenen Bienenrassen durchgeführt wurden: von 2:1 bis 100:1. Die ZWZ-Messungen zwischen 3:5 und 13:1 von Weiss in Deutschland sind für mitteleuropäische Bedingungen wahrscheinlich repräsentativ (7). Bei stärkeren Völkern ist die ZWZ kleiner als bei schwächeren, d.h. stärkere Völker sind wirtschaftlicher für die Wachsproduktion. Die verschiedenen Bienenrassen haben unterschiedliche Fähigkeiten, Zucker in Wachs umzuwandeln. Die kaukasischen Bienen sind bessere Zuckerverwerter als die Carnica-Bienen (5).

Welche Rolle spielt der Pollen bei der Wachsproduktion? Es ist zwar bekannt, dass adulte Bienen auch ohne Pollenangebot Wachs synthetisieren können. Andererseits ist Pollen, vor

allem das Protein, für die Entwicklung der Wachsdrüsen notwendig. Darüber hinaus hat Pollen einen positiven Einfluss auf die Wachsproduktion (5). Ob dies auf das Pollenprotein oder auf andere Polleninhaltsstoffe zurückzuführen ist, ist noch umstritten. Chauvin fand, dass alkoholische Extrakte die Wachsproduktion erhöhten (8).

Auch das Brutgeschehen beeinflusst die Wachsproduktion. Bienen, die stark brüten, produzieren grössere Wachsmengen. Normale Bienenvölker produzieren doppelt soviel Wachs wie weisellose Völker. Die Wachswirtschaft der Bienen scheint nach dem Prinzip Angebot-Nachfrage zu funktionieren. Sie produzieren nur so viele Waben, wie für die Brutpflege und den eingetragenen Honig nötig sind. Die Bienenwachswirtschaft ist also sehr rationell, und es gibt keine überflüssige Wachsproduktion!

DER WABENBAU

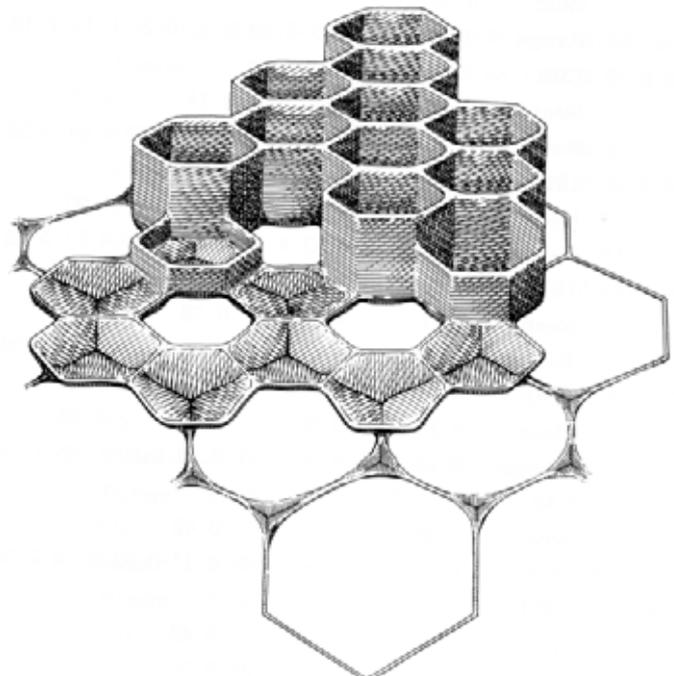
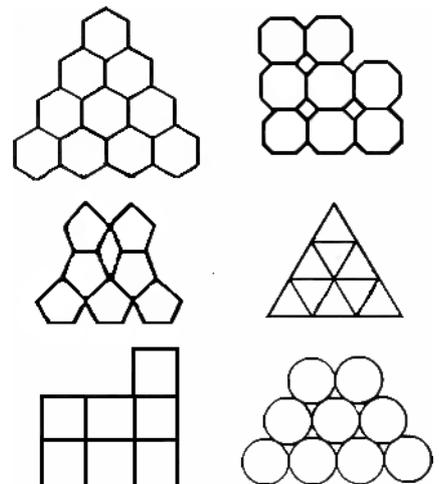
Der Wabenbau der Bienen wurde seit ältesten Zeiten als etwas Wunderbares betrachtet. Bedeutende Forscher haben sich damit beschäftigt, aber das Know-how der Bienen zur Konstruktion der Waben ist auch heute noch nicht vollständig geklärt. Die Bienen haben das Hexaeder als Wabenform gewählt, das im Vergleich zu andern Formen wie Tetraeder, Kubus, Pentagon, Oktagon oder Kugel den Raum am rationellsten nutzt und dabei die grösste Stabilität ermöglicht:

Die Temperatur im Brutnest zwischen 32°C und 36°C ist optimal zum Formen der Waben. Bestimmte Bienen arbeiten als Wachsschuppenlieferanten, während andere den Wabenbau übernehmen und die Wabe modellieren. Das Modellieren führen die Bienen mit ihren Mandibeln aus:

Die Bienen wissen genau, wann sie Arbeiterinnen-, Drohnen- oder Königinnenzellen formen müssen. Auch die Wabenorientierung ist vorbestimmt: Es wird angenommen, dass die Bienen sie durch erdmagnetische Kräfte bestimmen.

Der Naturbau ist die Bauweise, welche die Bienen unter natürlichen Bedingungen, d.h. ohne Mittelwände, ausführen. Bei der Korbimkerei oder bei den Schwärmen bauen die Bienen natürliche Waben (Bilder). Diese natürlichen Wohnungen sind ebenfalls sehr geordnet, immer mit der gleichen Grundstruktur. Manchmal gibt es jedoch „unbeliebte Unregelmässigkeiten, welche der Korbimker im Kauf nehmen muss.

Der „bewegliche Wabenbau“, bei dem die Bienen ihre Waben auf Rahmen mit vorgeformten Mittelwänden bauen, ist heute weltweit vorherrschend. Die Dicke der Mittelwände spielt eine wichtige Rolle. Eine normale Mittelwand ist ca. 1 mm dick. Dicke Mittelwände sind stabiler und werden schneller und vollständiger ausgebaut als dünnere. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass der Wachsgewinn bei dünneren Mittelwänden grösser ist (9). Für den Wabenbau werden verschiedene Rähmchengrössen verwendet (siehe Band „Betriebsweise“). Der Abstand



zwischen den beweglichen Waben muss optimal sein, damit der Wabenbau möglichst regelmässig bleibt.

Der Abstand von Wabenmitte zur Wabenmitte muss 35 mm, derjenige von Wabe zu Wabe 10 mm betragen. In der Regel haben Wabenbau und Rähmchen des Brut- und Honigraums die gleiche Grösse und Dicke. Eine Ausnahme bilden die sogenannten Halbrähmchen und Dickwaben mit wesentlich dickeren Zellen. Die Dickwabe kann bis 4 mm dick sein, d.h. sie übertrifft die Normalwabe um 1,5 mm. Der Befehl zum Bau von Dickwaben kommt von den Bienen selbst. Bei besonders guten Honigernten verlängern die Bienen die Honigzellen über dem Brutnest, so dass die Wabengasse fast geschlossen wird. Bei ganzen Waben und kleinen Honigernten ist der Honig oft in allen Waben zerstreut, und der Imker kann ihn nicht gut ernten. Mit Halbrähmchen und Dickwaben können kleine Frühlingsernten voll ausgenutzt werden. Bei guter Trachtlage lassen sich Dickwabenrahmen einfach herstellen, indem man den Brutraum nur wenig erweitert und den Bienen die Möglichkeit gibt, die eingelegten Mittelwände auszubauen. Starke und bauwillige Völker produzieren von sich aus Dickwaben. Dickwaben werden für die Produktion von *Wabenhonig* verwendet. In den europäischen Honigverordnungen ist *Waben- oder Scheibenhonig* folgendermassen definiert:

Honig, den die Bienen in den gedeckelten, brutfreien Zellen frisch gebauter Waben aufspeichern und welcher in ganzen oder geteilten Waben gehandelt wird.

Honig mit Wabenteilen enthält ein oder mehrere Stücke Wabenhonig.

Wabenhonig ist eine hervorragende Spezialität. Der Honig sollte aber nur aus Imkereien stammen, welche die Bio-Vorschriften in bezug auf Wachsrückstände erfüllen (siehe 3.3.3).

GEWINNUNG VON BIENENWACHS

In Weber's Wachsbuch (9) oder in der Biographie von Coggshall und Morse (10) sind die verschiedenen Wachsgewinnungsmethoden im Detail beschrieben. Hier werden sie nur kurz kritisch besprochen. Das Wachs wird aus alten Waben oder aus Abdeckleten gewonnen. Die verschiedenen Methoden sind in der Tabelle (Seite 4) kurz beschrieben:

Wachsschmelzen durch Kochen

Im doppelwandigen Chromstahlbehälter wird Wasser mit Wasser zum Kochen gebracht, der Dampf dringt in den inneren Behälter und bringt die Waben im Siebkorb zum Schmelzen. Das verflüssigte Wachs wird in einer Schale aufgefangen, der Trester bleibt im Siebkorb zurück. Bei kochendem Wasser lässt sich eine Füllung in ca. 20 Min. verarbeiten. Das grosse Wasservolumen (ca. 25 l) reicht ohne Nachfüllung für ca. 3 Schmelzdurchgänge. Es lassen sich 10-12 Brutwaben pro Gang einschmelzen.



Schweizerisches Zentrum für Bienenforschung (1999)

Wachsschmelzen durch Dampf

Bis zu 36 Brut- oder Honigwaben können im Dampfschmelzer verarbeitet werden. Der eingebaute Dampfgenerator erzeugt bereits nach 30 Sekunden Dampf. Die Wasserzufuhr erfolgt automatisch. Etwa alle 20 Minuten kann ein Wabenwechsel erfolgen.

Photos: Bienen Meier, Künten

1. Wachsextraktion	Bemerkungen
Chemische Extraktion Extraktion des Wachses aus den Waben mit Lösungsmitteln	Verwendung für Labormassstab, Verunreinigungen durch Nymphenhäutchen, Propolis, Pollen.
Kochen im Wasser , anschliessend <i>1. Eintauchen</i> Die Waben werden in einen Jutesack eingefüllt, beschwert, und nach dem Aufkochen fliesst das Wasser aus den Löchern an die Oberfläche. <i>2. Auspressen</i> Waben werden gekocht und nachher in einer Presse durch einen Jutesack gegossen, wo das Wachs hinausgepresst wird. 3. Zentrifugieren Heisse Wasser-Wabenmischung wird in eine beheizte Zentrifuge eingefüllt. Wachs kann aufgefangen werden.	Je nach Modell, für kleine bis grosse Betriebe, oder für Wachsverarbeitungsbetriebe geeignet
Extraktion mit Dampf Die Waben mit Rahmen befinden sich im bedampften oberen Teil des Gefässes. Der Trester wird gesiebt, Wachs fliesst in den unteren Teil des Gefässes und wird aufgefangen.	Je nach Modell können 10-40 Waben pro Gang verarbeitet werden, Verwendung in kleinen und mittleren Imkereien
Sonnenschmelzer Waben werden durch die Wärme der Sonnenstrahlen geschmolzen	Keine Energiekosten geeignet für kleine und mittlere Betriebe
Abdeckletenschmelzer Trennung von Abdeckleten und Honig durch Erwärmung (Erhitzen, Sonne).	Am besten eignet sich ein Gerät, das schnell und nicht zu hoch erhitzt, damit der Honig dadurch keinen Schaden nimmt.
Direkte elektrische Heizung Wabe mit Rahmen wird zwischen 2 heissen Metallplatten erhitzt. Mit einem Hebel wird die Wabe beheizt, das Wachs schmilzt und fliesst heraus.	Je nach Modell können von 30-80 Waben pro Stunde verarbeitet werden. Gefahr der Wachsüberhitzung
Ausfrieren Waben werden benetzt und dann eingefroren. Anschliessende Trennung von Wachs und Nymphenhäutchen.	Schonendes Verfahren, da das Wachs nicht erhitzt wird. Genaue Beschreibung siehe Weber (9)

Durch chemische Extraktion kann das Wachs aus den Waben extrahiert und anschliessend gewonnen werden. Diese Methode kann unter Laborbedingungen angewendet werden. Gute Wachslösungsmittel sind Benzin und Xylol. Der Nachteil dieser Methode ist, dass auch andere Wabenteile wie Nymphenhäutchen, Propolis und Pollen mitextrahiert werden und so das Wachs verunreinigen. Schmelzen ist das am häufigsten verwendete Wachsextraktionsverfahren. Zum Schmelzen werden kochendes Wasser, Wasserdampf-, Elektro- oder Sonnenenergie verwendet. Erhitzen in Heizschränken ist nicht geeignet, weil das Wachs überhitzt werden kann.

Die Sonnenschmelzgeräte dienen zur ersten Trennung des Waxes vom Trester. In den meisten Fällen ist das dabei gewonnene Wachs nicht rein genug, um davon Mittelwände zu produzieren. Ganz verschiedene Dampfschmelzgeräte werden im Handel angeboten. Bei allen Schmelzmethoden wird das Wachs erhitzt, und dabei gehen wertvolle Aromastoffe verloren. Die Ausfriermethode (siehe Tabelle 3.1), von Weber (9) ausführlich beschrieben, ist theoretisch die schonendste. Aber auch hier muss das Wachs im heissen Wasser gereinigt werden. Die Ausbeute an Wachs variiert in Abhängigkeit von der Methode und vom Anteil Altwaben. Die Wachsausbeute von alten Waben, die viel Nymphenhäutchen enthalten, ist kleiner als diejenige von neueren Waben, Honigwaben oder Abdeckleten. In der Praxis werden Ausbeuten von 30 bis 50 % erzielt. Die schweizerischen Bienenverarbeitungsgeschäfte produzieren ca. 60-70 Tonnen inländisches Bienenwachs pro Jahr. Die schweizerischen Imker verwenden praktisch nur inländisches Wachs Für andere Zwecke wird Wachs importiert. Weltweit werden 12'000 – 20'000 Tonnen Bienenwachs produziert.

Nach der Extraktion ist das Wachs nicht rein, es muss deshalb gereinigt werden. Für diesen Zweck eignen sich am besten beheizbare, thermostatisierte Wasserbehälter, in denen das Wachs mit Wasser bei einer Temperatur von 75-80 °C längere Zeit belassen wird (am besten über Nacht). Infolge der unterschiedlichen Dichte steigt das Wachs nach oben, und die Verunreinigungen im unteren Teil können beim erkalteten Wackskuchen entfernt werden. Zur Reinigung kann das flüssige Wachs auch filtriert werden. Einige Säuren wie Schwefelsäure und Oxalsäure (11) sowie Wasserstoffperoxid (10) können zur Aufhellung des reinen Bienenwaxes verwendet werden, ohne die Wachsqualität zu schädigen. Nach dem Abkühlen werden die Wachsblöcke getrocknet und in einem dunklen, trockenen Raum gelagert.

Die Qualität des Waxes darf bei der Wacksgewinnung nicht beeinträchtigt werden. Wird Wachs in Gefässen erhitzt, die Eisen, Aluminium, Zink oder Kupfer freisetzen, kann sich das Wachs dunkel verfärben. Auch fermentierter Honig darf nicht mit Wachs in Kontakt treten, damit sein Geruch nicht verändert wird. Zu starkes und zu langes Erhitzen kann das Wachs sowohl sensorisch (Wachs wird dunkler) wie auch chemisch schädigen. Die Behandlung mit einigen Säuren (z.B. Salzsäure) kann das Wachs chemisch schädigen (siehe Abschnitt Reinigung). Eine Verseuchung des Waxes mit Faulbrutsporen kann theoretisch zur bösartigen Faulbrut in gesunden Völkern führen. Bisher liegen jedoch keine Erfahrungen vor, ob und welche Sporenmengen im Wachs Faulbrut verursachen können. Nur Erhitzen auf 120°C unter Druck während 30 Minuten kann die Faulbrutsporen, welche die bösartige Faulbrut verursachen, abtöten. Kochen in Wasser von 100°C tötet die Sporen nicht ab (12).

Mittelwände werden aus reinem Wachs produziert. Dafür gibt es folgende Verfahren:

Giessen auf Platten: das flüssige Wachs wird direkt in eine Wabenform gegossen. Dies ist die schnellste und die einfachste Methode. Es gibt wassergekühlte (vorteilhaft) und ungekühlte Geräte. Ihr Einsatz eignet sich für Kleinbetriebe.

Giessen auf Zylinder: Das Wachs fliesst direkt auf gekühlte Zylinder mit Wabenform. Geeignet für grosstechnische Produktion.

Walzen (nach Rietsche): Zuerst müssen Wacksbänder produziert werden. Aus ihnen werden in einem zweiten Arbeitsgang die Waben gewalzt. Die gewalzten Mittelwände sind elastischer und brechen weniger leicht als die gegossenen. Diese Methode eignet sich für die grosstechnische Produktion von Mittelwänden.

Mittelwand- Giessform, wassergekühlt.



MOTTENSCHÄDEN

Mancher Imker hat zu Beginn seiner Tätigkeit seine Waben nicht richtig gelagert und Waben durch Mottenschäden verloren. Das Problem der Schäden durch die Wachsmotten wird ausführlich in einer Publikation des Bieneninstituts Liebefeld dargestellt (13), siehe auch Webseite „Bienenkrankheiten/Mottenschäden“. Das giftige Paradichlorbenzol (PDB) sollte nicht verwendet werden, weil es Wachs und Honig kontaminiert. Honige, die mehr als nur Spuren von Paradichlorbenzol enthalten, werden beanstandet.

CHARAKTERISIERUNG VON BIENENWACHS UND QUALITÄTSANFORDERUNGEN

Einige Kriterien für die Wachsqualität sind in der Schweizerischen Pharmakopoe (14) angegeben. Sie umfassen die organoleptische Prüfung sowie physikalische und chemische Kennzahlen von Bienenwachs.

Die sensorische Prüfung von Wachs ist ausführlich beschrieben in Weber (9) und in der Schweizerischen Pharmakopoe (14). Hier nur das Wichtigste in Kürze. Frisch produziertes Bienenwachs ist farblos. Die gelbe Farbe stammt von Propolis- und/oder von Pollenfarbstoffen: Flavonoide aus Propolis und Carotinoide aus dem Pollen. In manchen Ländern wird das Wachs mit chemischen Aufhellern gebleicht (siehe 3.2.2). Ohne chemische Zusätze produziertes Wachs kann von hellgelb bis dunkelgelb variieren. Der Geruch des Wachses ist typisch, kann jedoch variieren. Neben typischen Wachsaromastoffen sind Honig-, Propolis- und Pollenaromastoffe vorhanden.

Die physikalischen Eigenschaften des Wachses sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Taktile Eigenschaften	Typische Festigkeit, Viskosität, Geschmeidigkeit, Adhäsion
Schmelzpunkt	61-65° C
Dichte	0,950-0,965
Brechungsindex (bei 75° C)	1,440-1,445

Die physikalischen Eigenschaften sind leicht messbar, geben aber keine sicheren Hinweise auf Verfälschungen.

Die Zusammensetzung (nach Tulloch, 15) und die Kennzahlen (nach der Schweizerischen Pharmakopoe, 14) sind:

Messgrösse	Wert	Literatur
Verschiedene Ester	67 g/100 g	
Kohlenwasserstoffe	14 g/100 g	
Freie Säuren	12 g/100 g	
Alkohole	1 g/100 g	
Andere	6 g/100 g	
Säurezahl	18-23	
Esterzahl	70-80	
Peroxidzahl	mind. 8	

Die hochmolekularen Ester sind die Hauptbestandteile des Bienenwachses. Sie sind - chemisch ausgedrückt - die eigentlichen Wachse und bestehen aus höheren Fettsäuren und Alkoholen. Die Hauptbestandteile des Wachses sind nicht flüchtig; es wurden ca. 50 Aromastoffe identifiziert (16). Die chemische Zusammensetzung des Bienenwachses verschiedener Rassen von *Apis mellifica* ist qualitativ gleich. Das Wachs andererer Bienenarten wie *Apis florea* und *Apis cerana* unterscheidet sich qualitativ klar vom Wachs der *Apis mellifica* (17).

Bienenwachs muss per definitionem rein sein. Zusätze sind nicht erlaubt. Grobe Verfälschungen können durch Bestimmung der obigen Kennzahlen nachgewiesen werden. Ein sicherer Nachweis auch kleinster Verfälschungen kann nur durch Gaschromatographie der Inhaltsstoffe festgestellt werden. Eine 1%-ige Beimischung anderer Wachse oder von Paraffin kann damit ebenfalls nachgewiesen werden (18).

Rückstände von Fremdstoffen im Bienenwachs spielen heute vermehrt eine Rolle bei der Beurteilung der Wachsqualität. Die verschiedenen Quellen und das Ausmass der Schadstoffbelastung von Bienenwachs und andern Bienenprodukten sind in einer Publikation ausführlich beschrieben (19). Siehe Information zu diesem Thema im Abschnitt Wachs dieser Webseite.

VERWENDUNG UND BIOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN

Bienenwachs wird vielseitig verwendet.

Bienenwachs als Werkstoff

Beliebt ist die Verwendung von Wachs zur *Kerzenherstellung*. Am einfachsten und schnellsten fertigt der Imker seine Kerzen durch Rollen aus den Mittelwänden. Eine andere einfache Methode ist das Kerzenziehen durch Eintauchen des Dochts ins flüssige Wachs. Eine dritte Methode, speziell heute sehr verbreitet, ist das Giessen von Kerzen in Silikonformen.

Die *Batikkunst* wurde durch die Verwendung von Bienenwachs möglich. Das Wort „batik“ ist indonesischen Ursprungs: Dort wurde die Batikkunst erfunden, sie ist heute eine sinnvolle Freizeitbeschäftigung.

Das Bienenwachs wird für verschiedene *Ziertechniken* verwendet. Die Oberfläche verschiedener Gegenstände wird mit Wachs verziert. Diese Technik ist seit dem Altertum bekannt.

Weitere Verwendung findet Wachs in *Wachsabgüssen*.: Wachs wird in verschiedene Formen für Kunst und Alltag gegossen.

Bienenwachs (rein oder als Bestandteil) findet breite Verwendung in *Farben und Polituren*.

Und schliesslich ist Bienenwachs die *natürliche Verpackung* von Wabenhonig.

Anwendung als Heilmittel und in der Kosmetik

Bienenwachs wird ausschliesslich äusserlich angewendet. Es wirkt antibiotisch (20) und hautfreundlich. Deshalb ist es Bestandteil verschiedener medizinischer und kosmetischer Salben. Wärmende Bienenwachsplatten, auf die Brust gelegt, wirken wohltuend bei Erkrankung der unteren Atemwege.



Aus Bienenwachs werden aus Gussformen kunstvolle Kerzen, Figuren und Reliefs gegossen.

LITERATUR

1. Hornbostel, H.C. (1744) Neue Entdeckung, wie das Wachs von den Bienen entsteht
Hamburg Vermis Bibliothek 2, 45-62
2. Hinter, J. (1792) Observation on bees. Philosoph. Trans. R. Soc., 82, 128-196.
3. Huber F., (1814) Nouvelles observations sur les abeilles, J.J. Paschoud, Paris et Geneve.
4. Dreyling L. (1903) Über die wachsverarbeitenden Organe der Honigbiene. Zool. Anz., 26, 710-715.
5. Hepburn, H. (1986) Honeybees and Wax. Springer Verlag, Berlin
6. Leuenberger F. (1954), Die Biene, Sauerländer Verlag Aarau.
7. Weiss, K. (1965) Über den Zuckerverbrauch und die Beanspruchung der Bienen bei der Wachserzeugung, Z. Bienenforschung, **8**, 106-124.
8. Chauvin, R. (1976) Sur les substances qui provoquent l'étirage de la cire, Apidologie, 7, 237-242.
9. Weber, V. (1975) Das Wachsbuch, Ehrenwirth Verlag München
10. Coggs, W. and Morse, R. (1984), Beeswax, Wicwas press, Ithaca, New York.
11. Stöckli, H. (1997) Bienenwachs mit Oxalsäure geläutert, *Schweiz. Bienenzeitung*, 120, 688-690.
12. Machova M. (1993) Resistance of Bacillus-larvae in beeswax, Apidologie., 24 (1) 25-31.
13. Charrière J. D., Imdorf A. (1997) Schutz der Waben vor Mottenschäden. Mitteilung der Sektion Bienen Nr. 24, 1-14.
14. Pharmacopoea Helvetica (1991).
15. Tulloch, A. (1980) Beeswax-Composition and Analysis, Bee World, 61, 47-62.
16. Ferber C. E. M., Nursten H. E. (1977) The aroma of wax J. Sci. Fd. Agric., 28, 511-518.
17. Brand-Garnys E. E., Sprenger J. (1988) Bienenwachs - Neue Aspekte eines klassischen Kosmetik-Rohstoffes. Z. Körperpflegemittel-, Parfümerie-, Riechstoff-, und Aerosol Industrie, 61 (14) 547-552.
18. Brüsweiler, H., Felber, H. und Schwager, F. (1989) Bienenwachs - Zusammensetzung und Beurteilung der Reinheit durch gaschromatographische Analyse. Fat Sci. Technol., 91, 73-79.
19. Bogdanov S. (1988) Bienenvolk und Schadstoffbelastung Schweiz. Bienenztg, 111, 571-575
20. Lavie P. (1960) Les substances antibactériennes dans la colonie d'abeilles (*Apis mellifica*) Annales de l'abeille, 3 (3) 103-299.