

„Lange Nacht der Wissenschaft“
Julius-Echter-Gymnasium

Die Bienenwabe: Ingenieurskunst der Natur

Elsenfeld, 9. Juli 2018

BZV Kleinostheim/Dagmar und Helmut Siegert

1

Bienenwaben: aus Imkersicht

- Brutwabe



- Honigwabe



- Mittelwand (Wabenbauunterstützung des Imkers):



Elsenfeld, 9. Juli 2018

BZV Kleinostheim/Dagmar und Helmut Siegert

2

Bienenwaben: aus Imkersicht

- Waben sind für das Bienenvolk
 - Geburts- und Lebensraum,
 - Speicherplatz für Pollen und Produktionsstätte für Honig
 - Übertragungssystem für Informationen über eine Futterquelle
- Waben bestehen aus Wachszellen; die Größe der Wachszelle entscheidet über die Verwendung als
 1. Arbeiterinnenzelle (auch für Pollen und Honig)
 2. Drohnenzelle (ist größer als Arbeiterinnenzelle)
 3. Weiselzelle (Königinzelle:)



Bienenwaben: aus Imkersicht

- Wachsproduktion
 - jede Arbeitsbiene hat 8 Paar Wachsdrüsen am Hinterleib, aus der sie Wachsplättchen absondert
 - diese werden mit dem Pollenkamm der Hinterbeinschiene zu den Mundwerkzeugen transportiert und von diesen in Form gebracht
 - gebaut werden perfekte Sechsecke; die (mathematische) Aufgabenstellung lautete:
 - bilde das Optimum hinsichtlich maximalem Raumvolumen und minimalem Materialaufwand
 - bei maximaler Festigkeit

Bienenwaben: aus Imkersicht

- Bienenwachs besteht aus über 300 verschiedenen Stoffen in wechselnder Zusammensetzung
- die wichtigsten Bestandteile sind
 - 70-72 % Fettsäureester (Fette)
 - 14-15 % Fettsäuren
 - 1 % freie Alkohole
 - 12 % Kohlenwasserstoffe
- Wachs schmilzt bei ca. 65° C

Bienenwaben: aus Imkersicht

- Wachs findet unterschiedliche Verwendungen...
 - Salben
 - Farben (z.B. Wachsmalstifte)
 - Trennmittel (z. B. Gummibärchen)
 - Isolation
 - Abdrücke
 - Kerzen
 - Kunstgegenstände (z. B. Wachsfiguren)

Bienenwaben: aus Imkersicht

- imkerliche Hilfsmittel
 - um die Honigentnahme zu erleichtern, werden Rähmchen für den Wabenbau in die Beuten eingesetzt
 - da der Wabenbau energetisch auf Kosten der Honigproduktion geht, werden vom Imker Mittelwände vorgegeben; verhindert wird damit auch ein wilder Drohnenbau
- Bio-Imker verzichten weitgehend auf Mittelwände (Naturwabenbau)

Bienenwaben: aus Imkersicht

- ein paar Daten und Fakten
 - 1 Wachsplättchen wiegt ca. 0,0008 g
 - für 1 Zelle braucht es ca. 50 Wachsplättchen
 - für ca. 1,25 Millionen Wachsplättchen (1 kg Wachs) sind ca. 150.000 Bienen (Arbeiterinnen im Alter von 12 – 18 Tagen) erforderlich
 - eine Wabenfläche von 10 x 10 cm wiegt (nur) 12 g
 - diese kleine Fläche bietet Platz für 350 g Honig
 - eine (Zander-)Wabe kann ca. 2,7 kg Honig aufnehmen, d.h. eine Honigzarge (10 Rähmchen) erbringt ca. 27 kg Honig (bei entsprechender Tracht)

Bienenwaben: aus Imkersicht

- Imkern im Angepassten Brutraum (1)
 - Idee: Königin durch Enghalten des Brutraumvolumens zur Anlage eines großen, geschlossenen Brutnestes zu animieren
 - durch das Einengen des Brutraumes wird die Bienenmasse in den Honigraum gedrückt, mit der Folge, dass Brutgeschäft und Honigproduktion frühzeitig räumlich getrennt werden
 - imkerliche Aufgabe: halte den Brutraum so groß wie nötig und so klein wie möglich; ergo muss sich der Imker mit den folgenden Fragen beschäftigen:
 - wieviel Platz benötigt mein Bienenvolk überhaupt?
 - welche Bedeutung hat die Größe meiner Waben für die Brutentwicklung?
 - selbst Profiimker wissen häufig nicht, wie viele Zellen auf ihren Rähmchen sind – die Platzfrage lässt sich dann nicht beantworten

Bienenwaben: aus Imkersicht

- Imkern im Angepassten Brutraum (2)
 - 1 Zander-Wabe hat ca. 6.000 Zellen (3.000 auf jeder Seite)
 - bei einer Legeleistung von 2.000 Eiern pro Tag und einer Entwicklungsdauer einer Arbeiterin von 21 Tagen benötigt die Königin folglich 42.000 Zellen
 - demzufolge benötigt ein Zandervolk 7 Waben (+ 1 Drohnenwabe), um für die Legeleistung ihrer Königin hinreichend Raum zu bieten:



- Hinweis: der 1. Honigraum wird damit zum Futterkranz!

Bienenwaben: aus Imkersicht

- Imkern im Angepassten Brutraum (3)
 - Imker-Mathematik:

Größe einer Brutzelle (angenähert als Kreis):	Durchmesser: 5,6 mm	0,2463	cm ²				
Legeleistung pro Tag:		2.000	Stück				
... die ersten 2.000 Arbeiterinnen schlüpfen nach ...		21	Tagen				
... in den freigewordenen BZ kann die Königin neu Eier legen: Platzbedarf		42.000	Zellen				
	[a]	[b]	[c] = [a] * [b] * 2				
			[d] = [c] / 0,246				
			42000 / [d]				
Rahmen	Wabengänge (cm)	Wabenbreite (cm)	Fläche (cm ²) beidseitig	Anzahl BZ pro Wabe	Anzahl BW theoretisch	Anzahl BW praktisch	Drohnenwabe
Zander	40	20	1600	6496	6,5	7-8	1
Zadant	40	26	2080	8445	5,0	6-7	1
Zander 1,5	40	30	2400	9744	4,3	5-6	1
Dadant	42	26	2184	8867	4,7	5-6	1
DN	35	21	1470	5968	7,0	8-9	1

Bienenwaben: aus Ingenieurssicht

- Schönheit in der Mathematik heißt: unerwartete, überraschende Einfachheit [Roger Penrose (engl. Mathematiker und theoretischer Physiker)]
 - das Buch der Natur ist in mathematischer Sprache geschrieben; ihre Buchstaben sind Kreise, Dreiecke und andere geometrische Figuren [Galileo Galilei]
 - das wollen wir am Beispiel der Bienenwabe zeigen
 - als Einstieg: der handwerkliche Nachbau für ein Insektenhotel
 - im Detail: der Aufbau einer Bienenwabe mittels Kreis, Dreieck und Sechseck sowie Würfel

Bienenwaben: aus Ingenieurssicht

Modell einer
Bienenwabe –

das Insektenhotel
des BZV KO ...

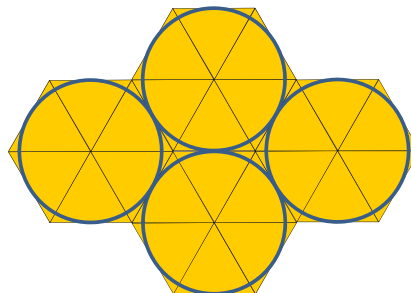


... als Abstraktion einer natürlichen
Bienenwabe („Strukturbionik“):

- die hexagonale Form sorgt für eine perfekte Raumnutzung
- die Natur entwickelt Strukturen und Prozesse, von denen der Mensch lernen kann

Bienenwaben: aus Ingenieurssicht

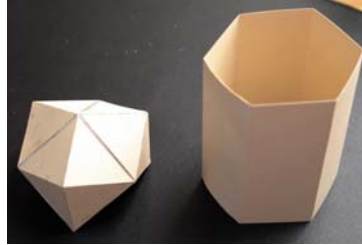
- Aufbau einer Bienenwabe: Kreis – Dreieck - Sechseck
 - Bienen formen die Zellen mit ihrem (runden) Körper als Kreis
 - die Zellen müssen (Platz, Wärme) dicht aneinander liegen
 - Sechseck als beste Annäherung an den Kreis:



- die sechseckige Zelle ist die ideale Form, die eine maximale Menge Honig aufnimmt und zugleich für die Brut eine annähernd runde Form darstellt

Bienenwaben: aus Ingenieurssicht

- Aufbau einer Bienenwabe: Sechseckiger Zylinder
 - jede Zelle besteht aus einem sechseckigen Zylinder mit einem konkaven Boden:



- die Zellen passen ohne Zwischenräume nebeneinander:



Bienenwaben: aus Ingenieurssicht

- Aufbau einer Bienenwabe: Rhombendodekaeder (1)

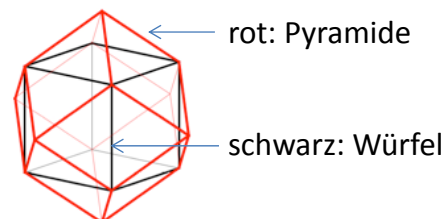
- die Waben bestehen aus zwei Seiten:



- der konkave Boden der Zelle ist wie ein Teil eines Rhombendodekaeders geformt:

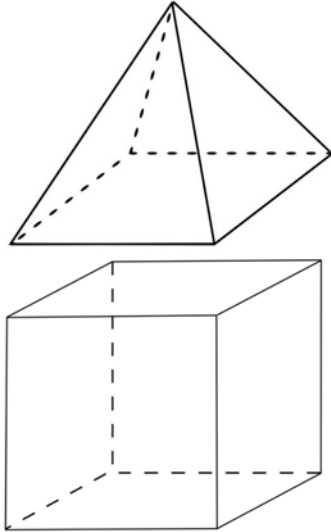
- ein [Rhomben|dodeka|eder] ist ein Körper, der von 12 genau gleichen (kongruenten) Rauten gebildet wird. Der Name ergibt sich aus Rhombus (Raute), Dodeka (zwölf) und Eder (Flächner).

- dadurch passen die Zellen der einen Seite exakt zwischen die Zellen der anderen Seite



Bienenwaben: aus Ingenieurssicht

- Rhombendodekaeder besteht aus 1 Würfel und 1 Pyramide auf jeder der 6 Seiten des Würfels



siehe unser Papier-Modell

Bienenwaben: aus Ingenieurssicht

- Aufbau einer Bienenwabe: Rhombendodekaeder (2)
 - durch Ausformung des Bodens als Rhombendodekaeder passen die Zellen versetzt genau ineinander



siehe unser Papier-Modell