

## **Bienendemokratie – wie Bienen Entscheidungen treffen**

Eine kurze Darstellung von Wolfgang Triem auf der Grundlage des Buches „Bienendemokratie von Thomas D. Seeley

Bei diesem Thema wird sich mancher fragen, ob Bienen wirklich Entscheidungen treffen müssen, da die Arbeiten die eine Biene durchführt, wie Brutpflege, Wabenbau, Wächterdienst oder Nektar und Pollen sammeln doch wohl genetisch festgelegt und nicht das Ergebnis von demokratischen Entscheidungsprozessen sind. Dies ist sicher richtig. Es gibt aber zumindest eine Situation, bei der Bienen tatsächlich unter mehreren Möglichkeiten auswählen, also eine Entscheidung treffen müssen. Von der Entscheidung hängt in der Regel ihr Überleben ab.

Imker dürften wissen, um welche Situation es sich handelt. Es stellt sich die Frage, wie die Bienen eines Schwarmes einen geeigneten Platz auswählen und zu ihm finden.

Viele werden den Name Karl von Frisch kennen. Von Frisch (1886 - 1982) war der wohl größte deutschsprachige Verhaltens- und Bienenforscher. Er hat den Geruchssinn, die optische Wahrnehmung, das Orientierungsvermögen und die räumliche Orientierung beim Wabenbau erforscht und beschrieben. Seine bekannteste Entdeckung war aber die Tanzsprache der Bienen. Den Bientanz haben sicher Imkergenerationen vor ihm gesehen. Er aber hat ihn entschlüsselt. Den Gehörsinn der Bienen konnte er nicht nachweisen. Er hat jedoch bereits die sensible Wahrnehmung von Schwingungen unterstellt und für die Kommunikation beim Schwänzeltanz als gegeben angenommen. Dies wurde viele Jahre später von Prof. Tautz bestätigt.

Der größte Schüler von Prof. Frisch war der Verhaltens- und Bienenforscher Martin Lindauer (1918 – 2008). Mit ihm nähern wir uns unserem Thema.

Heute sprechen wird von einem Bienenvolk als einem Superorganismus. Eine lebendige Gemeinschaft von mehreren, meist sehr vielen eigenständigen Individuen derselben Organismenart, die gemeinsame Fähigkeiten oder Eigenschaften entwickeln, die über die Fähigkeiten der Individuen der Gemeinschaft hinausgehen, wird oft als Superorganismus bezeichnet. Deutlich wird dies z.B. bei der Überwinterung. Während die einzelne Biene in einem kalten Windhauch verklammert und verloren ist, trotz das Volk seit Millionen von Jahren allen Unbillen der Witterung. Das

vielleicht beste Anzeichen dafür , dass die Kolonie wie ein Superorganismus funktioniert dürfte jedoch die Fähigkeit eines Honigbienschwarmes sein, bei der Auswahl eines neuen Nistplatzes als intelligente Einheit eine Entscheidung zu treffen.

Damit wären wir beim Thema, nämlich der Frage, wie die Bienen das machen.

Vielleicht hat schon der eine oder andere tanzende Bienen auf einer Schwarmtraube gesehen. Dies hat Prof. Lindauer im Frühjahr 1949, als er an den Bienenstöcken des Zoologischen Instituts in München vorüberging und einen Schwarm betrachtete, der in einem Busch hing, gesehen. Anfangs dachte er, dass es sich um Kundschafterinnen handelt, die Nektarquellen anzeigen oder dem Schwarm Futter bringen. Er hat die Tänzerinnen längere Zeit beobachtet und gesehen, dass sie weder Pollen trugen, noch einen Nektartropfen auswürgten. Außerdem sah er, dass viele Tänzerinnen schmutzig und staubbedeckt beim Schwarm ankamen. Er hat dann einige der schmutzigen Bienen mit einer Pinzette gepackt und mit einem kleinen Pinsel abgestaubt. Bei der Untersuchung des Schmutzes unter dem Mikroskop konnte er keine Pollenkörner, jedoch unterschiedlich geformte Staubteile, wie Ruß, Ziegelstaub und Mehl finden.

Er kam zu dem richtigen Schluss, dass es sich bei den Tänzerinnen nicht um Nahrungssammlerinnen sondern Nistplatz-Kundschafter handelt. Da jedoch die Anweisung erging, alle Schwärme sofort einzufangen konnte er keine weiteren Untersuchungen durchführen. Erst im Sommer des Jahres 1951 erhielt er von Prof. Frisch die Erlaubnis, alle Schwärme aus den Stöcken des Zoologischen Instituts nach Belieben zu untersuchen. Er hat 1951 die Tänze auf 9 Schwärmen studiert, wobei er stunden, ja tagelang neben jedem einzelnen Schwarm saß und jede tanzende Biene zu Beginn des Tanzes mit einem Farbtupfer markierte. Dabei hielt er fest, welche Richtung und Entfernung sie mit dem ersten Tanz anzeigte. Er gelangt dabei zu folgendem Befund: Wenn die ersten Tänzerinnen beim Schwarm eintreffen, bringen sie Nachrichten von einem Dutzend oder mehr weit auseinanderliegender Orte mit; nach einigen Stunden oder Tagen berichten sie in immer größerer Zahl nur über einen einzigen potentiellen Nistplatz. Am Ende, etwa eine Stunde vor dem Abflug geben die Bienen nun noch eine einzige Entfernung und Richtung an. Um dies zu überprüfen, rannte er durch die Straßen und Gassen von

München hinter abfliegenden Schwärmen her. Dreimal konnte der Schwärmen bis zum neuen Zuhause folgen. In allen Fällen passte der Ort, den die Bienen zum Abschluss des Tanzes genannt hatten, zu der neuen Adresse.

Im Juni 1952, als Lindauer im zweiten Sommer mit den Schwärmen beschäftigt war, kam in einem kleinen Ort in Pennsylvania Thomas D. Seeley zur Welt. Schon von frühester Jugend an faszinierten ihn die Bienen. Beim Studium wählte er als Hauptfach Chemie und wurde ein Fachmann der chemischen Sprache (der Pheromone) der Bienen.

Ein Fachartikel aus dem Jahr 1955 von Martin Lindauer mit dem Titel „Schwarmbienen auf Wohnungssuche“ und die Tatsache, dass nach fast 20 Jahren praktisch keine weiteren Untersuchungen erfolgten, gaben den Ausschlag diese Arbeiten weiter voranzutreiben.

Die Honigbiene *Apis mellifera* ist nur eine der fast 20 000 Bienenarten, die es auf der Welt gibt, die alle von einer einzigen Spezies vegetarischer Wespen abstammten, die vor 100 Millionen Jahren lebte. Die in Staaten lebenden Honigbienen sind dabei nur eine kleine Gruppe der Bienen, die meisten Bienenarten leben solitär als Einzelwesen.

Wir kennen ja den Jahreszyklus der Biene. Bei den wild lebenden Völkern hing der weitere Fortbestand ja im hohem Maße davon ab, dass die gewählten Hohlräume sowohl ausreichend Platz als auch ausreichend Schutz boten. Im Gegensatz zu allen anderen sozialen Insektenarten, die in kalten Klimazonen zu Hause sind, überstehen Honigbienen den Winter nicht in einem Ruhezustand, sondern als vollständige Kolonie in Nestern, die sie selbst beheizen.

Wie das Schwärmen abläuft ist Imkern ja zumindest in den Grundzügen bekannt. Allerdings ist war lange nicht bekannt, welche Reize die Arbeiterinnen im Einzelnen spüren und zusammenführen, wenn sie die wichtige Entscheidung treffen, den Prozess des Schwärmens einzuleiten.

Im Zuge der Schwarmvorbereitung beginnen Arbeiterinnen die Königin zu schütteln, stoßen und leicht zu beißen. Da diese grobe Behandlung ständig stattfindet (nahezu alle 10 Sekunden) wird die Königin gezwungen, im Nest umherzuwandern. Durch diese stärkere Bewegung in Verbindung verminderter Nahrungsaufnahme verliert die Königin ca. 25% ihres Körpergewichtes und wird flugfähig.

Kurz vor dem Schwarmabgang stellt sich bei den Arbeiterinnen eine Trägheit ein. Dies wird auch darauf zurückzuführen sein, dass sie sich bis zum Äußersten mit Honig vollgestopft haben. Wir wissen ja dass bei einem Schwarm ca.  $\frac{1}{3}$  seines Gewichtes aus Nahrungsreserven besteht. Einige Dutzend Bienen bleiben jedoch aktiv und suchen die umgebende Landschaft in Umkreis von bis zu fünf Kilometern in alle Richtungen nach potentiellen Nistplätzen ab. Diese Nistplatz-Kundschafter spielen auch eine Schlüsselrolle für das nächste wichtige Ereignis, den explosionsartigen Abflug des Schwarms vom elterlichen Nest. Diese Kundschafterinnen kennen sowohl die Verhältnisse im Stock, also in welchem Stadium sich die heranwachsenden Königinnen befinden als auch die Verhältnisse außerhalb, also ob das Wetter den Schwarmakt erlaubt. Sind die Voraussetzungen erfüllt, entfalten sie eine hektische Aktivität. Jede bleibt alle paar Sekunden bei einer ruhigen Biene stehen und drückt ihre Brust kurz gegen die Artgenossin. Dabei wird ihre Flugmuskulatur so aktiviert, dass sie ca. eine Sekunde eine Vibration 200 bis 250 Hertz (Schläge pro Sekunde) erzeugt. Dieses Signal wird auch als Arbeiterinnenpfeif bezeichnet und hört sich wie der Motor eines beschleunigenden Formel-1-Rennwagens an. Sie setzen dadurch die ruhenden Bienen in Kenntnis, dass es Zeit ist zur Vorbereitung des Abfluges die Muskulatur auf die Flugbereitschaftstemperatur von 35 °C zu bringen. Die Pfeife schwellen an und werden immer lauter. Am Ende merken die pfeifenden Kundschafterinnen, dass Abflugbereitschaft besteht und geben ein zweites Anregungssignal, den „Schwirrlaut“. Aufgeregt und auf gewundenen Wegen laufen sie im Nest herum, summen schubweise mit den Flügeln und schieben sich zwischen trägen Bienen hindurch. Wie es dann weitergeht, wissen wir ja.

Zu Beginn seiner Forschungsarbeit suchte Seeley wilde Bienenvölker in Baumen, tötete sie ab, fällte den Baum, schnitt den Abschnitt mit dem Bienennest heraus und untersuchte es im Labor. Bei 21 in Jahr 1975 untersuchten Nesten hatten die Nisthöhlen einen Inhalt von durchschnittlich 45 Litern, waren also erheblich kleiner als der Raum den wir ihnen heute zur Verfügung stellen. Manche besetzten nur einen Hohlraum von 20 bis 30 Liter, jedoch war keiner kleiner als 12 Liter. Die meisten Eingänge bestanden aus einem Astloch oder Riss in einer Größe von 10 bis 30 Quadratzentimeter und lagen in der Regel am unteren Ende der Höhle auf der Südseite in der Nähe des Erdbodens. Wie sich später herausstellte hatte der Bericht, dass sich die Nester in der Nähe des Erdbodens

befinden, einen Fehler. Da Nester in der Nähe des Erdbodens viel leichter entdeckt werden, hatte er auch nur solche Nester gemeldet bekommen. Wie sich später herausstellte, bevorzugten Schwärme Nisthöhlen in einer Höhe von ca. 6,50 m.

In den Jahren 1976 und 1977 baute er mehr als 200 Nistkästen in Zweier- oder Dreiergruppen auf. Dabei hatte eine Kiste die durchschnittlichen Eigenschaften der Höhlen der wilden Völker, während bei den anderen eine Eigenschaft atypisch verändert war (Fluglochgröße, Volumen). Dabei stellt sich heraus, dass die Bienen Hohlräume von weniger als 10 und mehr als 100 Liter meiden, mit einer Präferenz für 40 Liter. Sie bevorzugten Kästen mit kleinem Flugloch nach Süden, das sich zum Boden öffnet und in großer Höhe liegt.

Die meisten weiteren Versuche wurden mit künstlichen Schwärmen gemacht. Laut Seeley verhalten sich Kunstschwärme, die stark aufgefüttert, jedoch nicht auf Waben eingeschlagen werden, wie natürliche Schwärme. Die einzelnen Versuche zu beschreiben, würde den Rahmen dieser Abhandlung sprengen. Ich werde daher nachfolgend versuchen, die Ergebnisse in kurzen Worten zu beschreiben.

Inspektion einer potentiellen Wohnung:

Kundschafterinnen brauchen zwischen 13 und 56 Minuten (Durchschnitt 31 Minuten) um einen Nistplatz zu besichtigen. Die vollständige Inspektion umfasst 10 bis 30 Ausflüge ins Innere, von denen jeder i.d.R. weniger als 1 Minute dauert; dazwischen verbringen sie ebenso kurze Phasen außerhalb und überprüfen die Außenseite. Die erste Besichtigung nennt man Erkundungsinspektion. Sie fliegen zum Stock zurück und geben, wenn die Wohnung begehrenswert ist, dies durch einen Schwänzeltanz bekannt. Danach suchen sie die Stelle, meist in Abständen von ca. einer halben Stunde, noch mehrmals auf, wobei die späteren Besuche i.d.R. nur 10 bis 20 Minuten (Durchschnitt 13 Minuten) dauern. Im Inneren laufen sie die meiste Zeit schnell umher, machen jedoch auch Pausen wobei sie sich ausruhen, putzen und Duftpheromone freisetzen. Weiter machen sie kurze hüpfende Flüge. Während sie sich zu Beginn in der Nähe des Eingangs aufhalten, erkunden sie später jeden Winkel. Meist haben die Kundschafterinnen gegen Ende der Besichtigung sechzig und mehr Meter in der Höhle zurückgelegt und alle Oberflächen begangen.

Offensichtlich schätzen die Kundschafterinnen das Volumen des Raumes ab. Dies geschieht wahrscheinlich über die zurückgelegte Strecke

oder Flugbahn. Dies ist jedoch noch nicht abschließend geklärt. Jedenfalls hat sich gezeigt, dass eine Biene in einer entsprechend großen Kiste, wo sie eine lange Strecke gehen musste, eine größere Zahl weiterer Kundschafterinnen angezogen hat, als Bienen in einer (zu) kleinen Kiste mit kurzer Wegstrecke.

Lindauer konnte bei der Beobachtung von Schwärmen außer Notizblock und Stift ja auf praktisch keine Hilfsmittel zurückgreifen und musste Schwärme teilweise über Tage beobachten. So hat er festgestellt, dass es teilweise sehr lange dauert, bis eine Übereinkunft erzielt wird. Bei einem Schwarm tanzten zwei gleichstarke Gruppen und deshalb gab es keine Einigung. Der Schwarm erhob sich in die Luft und teilte sich. Offensichtlich hatten aber beider Gruppen keine Königin, da alle Bienen an den Ausgangsplatz zurückkehrten. Noch zweimal versuchten Gruppen abzufliegen, kamen aber wieder zurück. Dann löste sich der Schwarm, offensichtlich weisellos auf und die Bienen flogen zum Ausgangsvolk zurück.

Noch war nicht endgültig geklärt, wie sich Kundschafterinnen bei der Wohnungssuche und beim Tanz genau verhalten.

1996 beginnt Seeley weiter zu forschen. Jetzt allerdings mit der nun vorhandenen technischen Ausrüstung für Videoaufzeichnungen etc.

Bei Beobachtung von Schwärmen hat Lindauer festgestellt, dass in der Regel über verschiedene Nistplätze berichtet wird und teilweise ein langer heftiger Konkurrenzkampf der Tänzerinnen entsteht, bei dem am Ende eine Einigung steht. Wie geschieht dies? Dazu später mehr.

Lindauer hat schon richtig erkannt, dass es sich bei Kundschafterinnen um alte Sammelbienen handelt, die ihr Verhalten völlig umgestellt und nun statt bunte Blüten dunkle Ecken und Hohlräume in der Landschaft suchen.

Wie vollzieht sich nun die Umstellung? In erster Linie dadurch, dass keine Nahrung abgenommen und die Bienen inaktiv werden.

Auf der Insel Appledore Island, 10 km vor der Küste im Golf von Maine, begann Seeley im Jahr 1997 die entscheidenden Versuche.

Aus früheren Versuchen war ihm bekannt, welche Nistkastens (Volumen, Größe des Flugloches) die Bienen bevorzugen.

Es sind 40 Liter Inhalt und 15 cm<sup>2</sup> Fluglochgröße ideal, 40 Liter und 60 cm<sup>2</sup> schlecht, dagegen 15 Liter Inhalt und 15 cm annehmbar und besser als 40 Liter/60 cm<sup>2</sup> Fluglochgröße.

Im Juni 1998 entscheidendes Experiment.

Für 5 Durchgänge wurden 5 Nistkästen in ungefähr 250 m Entfernung von den jeweiligen Schwärmen mit Ausflugsöffnungen in unterschiedliche Richtungen aufgehängt. Die verstellbaren Innenwände wurden so eingestellt, dass ein Kasten einen Innenraum von 40 Litern bot, während die vier anderen ein Volumen von lediglich 15 Litern hatten.

Von 2 Personen zählte eine die Kundschafterinnen, während die zweite auf dem Schwarm Bienen abfängt, die für einen abseitigen Nistplatz tanzen.

Eine seiner idealen 15 Liter Kästen wurden von 2 Kundschafterinnen gefunden, aus nicht bekannten Gründen aber nicht betanzt und Kiste von Schwarm dadurch übersehen. So fanden also die Kundschafterinnen der Schwärme in sämtlichen fünf Durchgängen alle oder nahezu alle fünf Nistkästen, d.h. jeder Schwarm kannte die meisten potentiellen Behausungen. Die Kundschafterinnen fanden in den einzelnen Versuchen die Nistkästen nicht gleichzeitig - allerdings wurden alle am gleichen Tag gefunden- und in keinem Fall fanden sie die beste Kiste zuerst. Manchmal hatte sich an mittelmäßigen Kästen bereits eine größere Anzahl von Kundschafterinnen versammelt, bevor eine den hervorragenden Nistplätze fand. Obwohl der hervorragende Nistkasten nie als Erster gefunden wurde und damit im Rennen um Unterstützung stets im Nachteil war, ist es eine beeindruckende Beobachtung, dass er in vier der fünf Durchgänge letztendlich doch die meisten Unterstützerinnen hatte und als Nistplatz ausgewählt wurde.

Experiment 2002 – 2005 bezüglich Überlebenswahrscheinlichkeit:

Es wurden 30 Kunstschwärme auf 15 bzw. 5 leere Rahme, entspricht ungefähr 40 und 15 Liter Volumen gesetzt und ohne Fütterung und Schleuderung sich selbst überlassen. Bei 40 Liter überlebten 11 (73%) bei 15 Litern 4 (27%), die anderen Völker sind offensichtlich verhungert.

Auf dem Weg zum Konsens:

Bei Menschen Gruppenentscheidung in der Regel „Demokratie von Gegnern“, da gegensätzliche Interessen bestehen.

Im Bienenschwarm jedoch „Demokratie der Einheit“ weil ein gleiches In-

teresse, nämlich den besten Nistplatz zu finden, besteht.

Kundschafterinnen versuchen durch den Tanz weitere Kundschafterinnen zu werben. Dies gelingt mehr oder weniger, wobei Anhängerinnen teilweise wieder neutral werden.

Lindauer fasst zusammen: „Die lebhaftesten Tänze weisen auf einen Nistplatz bester Qualität hin, zweitklassige Behausungen werden mit einem lustlosen Tanz bekanntgemacht“.

Kundschafterin, die Nistkasten gefunden hat, besucht keinen weiteren Kasten, auch wenn er in unmittelbarer Nähe steht. Sie kehrt zurück und tanzt meistens, wobei Intensität von der Qualität der Höhle abhängt.

Eine Biene- flog nach ca. 30 Minuten zur Kiste zurück und dann wieder ins Volk ohne zu tanzen. Dies wiederholte sich, dann verlor die Biene offensichtlich das Interesse

Die Starken werden stärker:

„Vergleichen –Wechseln“ Hypothese zu Rückzugshypothese.

In der Regel Rückzugshypothese, d.h. wahrscheinlich werden Bienen durch einen inneren neurophysiologischen Prozess getrieben allmählich und automatisch die Motivation zu verlieren, sich für eine Stelle einzusetzen, auch wenn sie hochwertig ist.

Der Umzug beginnt:

Temperatur im inneren der Schwarmtraube immer 34-36 °C, unabhängig von Außentemperatur. Außentemperatur schwankt mit Umgebungstemperatur aber immer über 17 °C (auch wenn am Gefrierpunkt). Bei unter 15 °C würde Kältestarre einsetzen und Bienen könnten abfallen. Sie befinden sich im Zustand des Ruhestoffwechsels.

Ca. eine halbe Stunde vor Abflug beginnen Bienen an der Außenseite sich aufzuwärmen. 20 Minuten langsam, in den letzten 10 Minuten sehr schnell. Sobald alle Bienen eine Toraxtemperatur von 35 °C haben, erhebt sich der Schwarm.

Was regt Bienen zum Aufheizen und Abflug an?

Ca. 1 Stunde vor Abflug beginnt Pfeifen, wie bereits beim Schwarmakt gehört.

Der Abflug wird durch Schwirrläuferinnen ausgelöst. Bienen rennen über die Schwarmtraube in diese und jene Richtung, wobei die ausgebreiteten Flügel in der Regel schwirren und einen lauten Summton erzeugen. Kurz



vor Abflug werden es immer mehr Bienen, die dann Schwirr- und Summtöne von sich geben.,

Welcher Reiz löst Beginn des Aufwärmes und des Abfluges auf?

Entweder nach Konsens über die Nisthöhle oder Quorum. Offensichtlich Quorum, da Schwärme auch auffliegen, obwohl noch keine Konsens bestand und für verschiedene Nistplätze getanzt wurde. Warum nicht nach Konsens? Das dürfte daran liegen, dass die Wahrnehmung einer übereinstimmenden Meinung zwischen den tanzenden Bienen schwierig wäre. Weiter dürfte durch das Quorum ein gutes Gleichgewicht zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit der Entscheidungsfindung erzielt werden.

Wie wird der fliegende Schwarm gesteuert?

Schwärme fliegen anfangs sehr langsam, beschleunigen dann auf 6-8 Stundenkilometer um kurz vor dem Ziel wieder sanft abzubremsen und zum Stillstand zu kommen.

Nur ca. 3-4% der Bienen eines Schwarmes kennen das neue Zuhause. Sie müssen die Anführer und die große Masse die Nachfolger sein.

Eine ursprüngliche Erklärung „Duft aus Nassowschen Drüsen“. Bei Verschluss der Drüsen (Kunstschwarm aus ca. 4.000 Bienen) fanden Bienen problemlos neue Wohnung.

Weitere Theorie: Subtile Führung durch „Flitzerbienen“ -

Es wurde festgestellt dass Theorie der Flitzerbienen richtig ist. Die Bienen, die den Weg zur Wohnung kennen, fliegen im oberen Teil des Schwarmes in schnellem Flug hin und zurück und zeigen dem Schwarm den Weg zum neuen Zuhause.