

Entomologica Austriaca	13	25-29	Linz, 17.3.2006
------------------------	----	-------	-----------------

Einfluss der Individualität bei Sammelbienen (*Apis mellifera* L.) auf den Sammelerfolg

R. THENIUS, T. SCHMICKL & K. CRAILSHEIM

Abstract: **Influence of individuality of forager bees (*Apis mellifera* L.) on the foraging success.** Honeybees (*Apis mellifera* L.) have to choose the most profitable nectar source among several sources in the environment for mass exploitation. This decision is quite difficult, especially under changing environmental conditions (e.g. changing sugar concentrations of the sources). We used a multi-agent simulation of a honeybee colony (HoFoSim) to investigate the influence of the heterogeneity of the individual dancing behaviour on the over-all foraging success of the colony. We simulated colonies with bees with nature-orientated heterogeneous dance-response curves and colonies with constructed homogeneous bees with very steep dance-response curves. These two kinds of colonies were tested in a huge spectrum of environmental conditions, ranging from very stable environments to heavily fluctuating ones. Our studies showed that nature-orientated heterogeneous honeybees were more efficient in collecting nectar under all simulated environmental conditions than artificially constructed homogenous bees. The reason for this can be found in the shorter average dance length of the heterogeneous honeybees, which is sufficiently long to recruit the whole pool of waiting dance-following bees. Homogeneous bees dance longer than it is necessary, what decreases the amount of time available for foraging for those bees; those colonies are therefore significantly less efficient.

Key words: heterogeneity, foraging, behaviour, social insects.

Einleitung

Honigbienen (*Apis mellifera* L.) sammeln Nektar in der Umgebung des Bienenstocks um den Energiebedarf des Volkes zu decken. Aus diesem Nektar wird von den Bienen in weiterer Folge Honig produziert. Normalerweise gibt es zu jedem Zeitpunkt viele Nektarquellen unterschiedlicher Qualität in der Umwelt. Das Bienenvolk muss sich auf Kolonie-Ebene entscheiden welche der im Volk bekannten Nektarquellen am ertragreichsten ist, um diese Quelle dann verstärkt ausbeuten zu können. Diese Entscheidung ist schwierig, da die Qualität einer Nektarquelle im Laufe eines Tages schwanken kann, sei es durch Veränderung der Zuckerkonzentration des Nektars oder durch Veränderung der pro Quelle verfügbaren Menge an Nektar.

Zu Beginn eines Tages verlassen Sammlerinnen die Kolonie um in der Umgebung des Stocks nach Nektarquellen zu suchen. Nachdem sie eine lukrative Quelle gefunden haben, kehren sie zur Kolonie zurück und führen einen sogenannten "Schwänzeltanz" auf. Durch diesen Tanz teilt die Sammlerin den "Nachtänzerrinnen" die Richtung und

die Distanz zur Nektarquelle mit. Die Nachtänzerrinnen ihrerseits beginnen daraufhin selbst die so beschriebene Nektarquelle aufzusuchen, um nach ihrer Rückkehr ins Volk ebenfalls dafür zu tanzen. Genauer dazu bei SCHMICKL et al. (2006).

Die Qualität einer Quelle aus Sicht der Biene lässt sich mit der von Seeley (SEELEY 1994) beschriebenen Formel

$$q_i = (g - c) / c \quad (\text{Formel 1})$$

darstellen, wobei die Qualität q einer Quelle i sich aus der Differenz des energetischen Gewinns g (in Joule) und der energetischen Kosten c (ebenfalls in Joule), dividiert durch die Kosten des Sammelfluges ergibt.

Je höher die Qualität einer Nektarquelle, desto länger (mehr Runden) tanzt eine Sammlerin dafür (FRISCH 1965). Dies kommt in den von Seeley beschriebenen "Tanzschwellenkurven" zum Ausdruck (Abb. 1). Die Veranlagung einer Biene für eine Quelle mehr oder weniger zu tanzen variiert allerdings von Individuum zu Individuum. Dies ist an den unterschiedlichen Steilheiten der Tanzschwellenkurven (Abb. 1) zu erkennen. Hier tanzt z.B. die Biene #7 etwa 25 Runden für eine schlechte Quelle und etwa 45 Runden für eine gute Quelle, während die Biene #2 etwa eine Runde für eine schlechte Quelle und 3 Runden für eine gute Quelle tanzt.

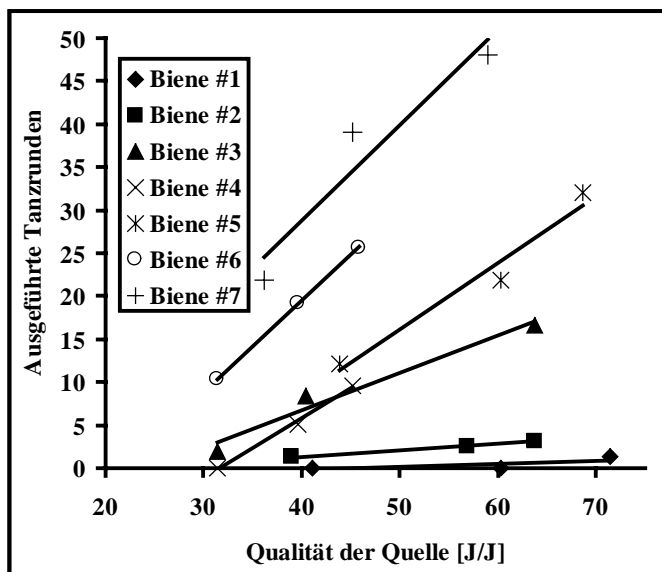


Abb. 1: Tanzschwellenkurven von Bienen (SEELEY 1994). Die Anzahl an ausgeführten Tanzrunden (y - Achse) und damit die Dauer eines Tanzes für eine Quelle bestimmter Qualität (x - Achse, siehe Formel 1) variiert von Individuum zu Individuum.

Material & Methode

Um die Auswirkungen dieser Heterogenität auf die Effizienz des Sammelverhaltens eines Volkes zu untersuchen, benutzten wir die zeitlich-diskrete Multi-Agenten Simulationsplattform HoFoSim (SCHMICKL & CRAILSHEIM 2004), ein Werkzeug zur

Simulation des Verhaltens eines Bienenvolkes. Jede Biene ist durch eine Reihe von mögliche Zuständen definiert, mit denen jeweils ein bestimmtes Verhalten assoziiert ist. Weiters besitzt jedes Individuum einen eigenen aktivitätsabhängigen Stoffwechsel, der Nektar als Energiequelle verbraucht. Da Sammlerinnen in unserer Simulation Nektar eintragen, Teile davon jedoch auch wieder verbrauchten, war es uns möglich den Netto-Honigertrag eines Volkes zu errechnen. Diesen Netto-Honigertrag zogen wir als Maß für die Effizienz des Bienenvolkes heran.

Wir positionierten in einer virtuellen Umgebung 3 Nektarquellen mit einem Abstand von 146 Feldern (= 394 Meter) vom Stock, der Abstand zwischen den einzelnen Nektarquellen betrug jeweils 40 Felder (= 108 Meter). In Abbildung 2 ist der Stock als hellgraue Fläche zu sehen. Innerhalb des Stockes finden die Nektar-Abgabe und die Tänze statt. Außerhalb des Stockes sind 3 Nektarquellen zu sehen (große schwarze Punkte), die kleinen schwarzen Vierecke stellen Bienen dar (Abb. 2). Die Qualität der Quellen wechselte, wobei aber stets nur eine der Quellen von hoher Qualität war, die anderen beiden Quellen waren von niederer Qualität. Die Frequenz der Wechsel der Qualitäten der Quellen variierte von Versuch zu Versuch.

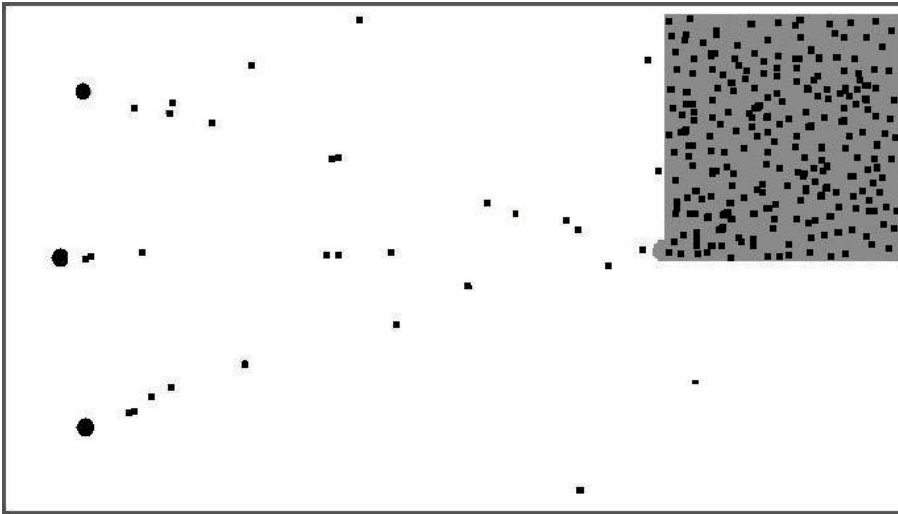


Abb. 2: Screenshot der HoFoSim. Bienen (kleine schwarze Vierecke) fliegen vom Stock (hellgraues Feld) zu den Nektarquellen (große schwarze Punkte) und zurück.

Wir testeten 2 Arten von Bienenvölkern: Völker mit heterogenen, naturnahen gestreuten Tanzschwellenkurven (Abb. 3a), vergleichbar mit jenen die Seeley (SEELEY 1994) bei echten Bienen beschrieben hat (Abb. 1), und solchen Völkern mit homogenen, sehr steilen Tanzschwellenkurven (Abb. 3b), die aller der steilsten in der Natur gefundenen Tanzschwellenkurve entsprachen. Wir testeten diese beiden Typen von Bienenvölkern in einer Reihe von Umwelten: Solchen mit keinen oder nur wenig Fluktuationen der Qualitäten der Quellen, bis hin zu Umwelten mit häufigen Fluktuationen. Ein Versuchsdurchgang dauerte 8 simulierte Stunden.

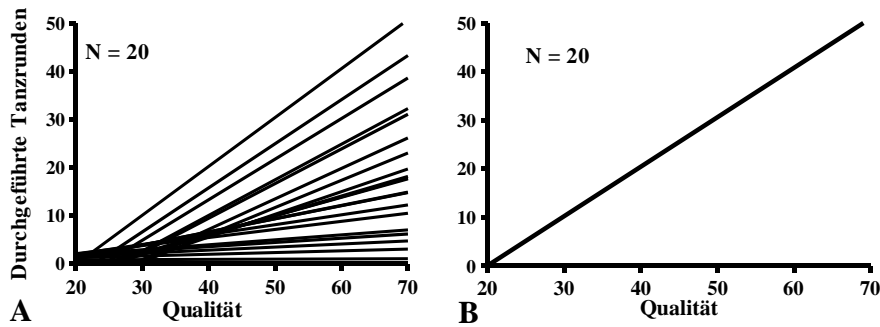


Abb. 3: (A) Tanzschwellenkurven eines heterogenen Volkes. (B) Tanzschwellenkurven eines homogenen Volkes.

Bienen mit sehr steilen Tanzschwellenkurven tanzen mehr für eine gute Quelle und sollten damit auch mehr Bienen zu dieser guten Quelle rekrutieren. Länger andauernde Tänze bieten Nachtänzerinnen mehr die Möglichkeiten dem Tanz zu folgen und rekrutiere sie so eher zu der betanzten Nektarquelle. Auch sollten Bienen mit einer sehr steilen Tanzschwellenkurve besser im Unterscheiden von Quellen unterschiedlicher Qualität sein. Daher erwarteten wir uns höhere Nektarerträge bei Völkern mit sehr steilen Tanzschwellenkurven, zumindest in Umgebungen mit keinen oder nur geringen Umweltschwankungen.

Ergebnisse

Unter allen simulierten Umweltbedingungen waren jedoch die Völker mit den heterogenen, naturnahen Tanzschwellenkurven nach 8 simulierten Stunden effizienter (mehr Netto-Honig-Ertrag) als die Völker mit homogenen, sehr steilen Tanzschwellenkurven. Den Grund für dieses überraschende Ergebnis fanden wir in der kürzeren durchschnittlichen Tanzdauer der Bienen mit heterogenen Tanzschwellenkurven. Diese Tänze der Biene aus heterogenen Völkern dauern im Mittel lange genug um nahezu den ganzen Pool an wartenden Nachtänzerinnen zu rekrutieren. Bienen aus homogenen Völkern mit durchwegs sehr steilen Tanzschwellenkurven hingegen tanzen länger als notwendig, verbringen daher mehr Zeit mit Tanzen und weniger mit Sammeln als Bienen aus Völkern mit heterogenen Tanzschwellenkurven. Die daraus resultierende verringerte Sammelzeit der Bienen aus homogenen Völkern führt zu einem geringeren Nektar-Eintrag, und dadurch zu einer geringeren Effizienz der homogenen Völker gegenüber den simulierten heterogenen Völkern.

Danksagung

Wir möchten uns bei dem "Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung (FWF)" (Projekt # P15961-B06), und bei dem EU IST-FET-open project (IP) 'I-Swarm' (# 507006) für die finanzielle Unterstützung bedanken. Die hier vorgestellten Simulations-Experimente wurden weiters unterstützt von dem "University Graz/BMBWK Infrastructure Investment Program, Projekt-Nummer TUGP1 (Hard- and Software)".

