

Neues von der «Sprache» und Orientierung der Bienen

Von

K. v. FRISCH (München)

Vortrag in der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich am 13. Mai 1957

Bienen geben ihren Stockgenossen durch den Schwänzeltanz die Lage eines lohnenden Zieles bekannt. Mit zunehmender Entfernung wird das Tanztempo (der Tanzrhythmus) in gesetzmässiger Weise verlangsamt, wobei die Zeitdauer der einzelnen Schwänzelläufe und die Anzahl der im Schwänzellauf ausgeführten Schwänzelbewegungen zunimmt. An Zeitlupenaufnahmen wurden die einzelnen Komponenten der Tanzfigur gemessen. In bester Korrelation zur Entfernung steht die Schwänzelzeit (Zeitdauer des Schwänzeln in der Tanzfigur). Wahrscheinlich ist sie das massgebende Signal der Entfernungsweisung. Die Anzahl der Schwänzler kommt als solches kaum in Frage. Das Erfassen von Zeitrhythmen ist ein vielfach bekannter biologischer Vorgang. Einzelereignisse zu zählen und das Ergebnis mit anderen Zahlen zu vergleichen, ist dagegen eine bei Insekten unbekannte Leistung; sie kann wohl auch den Bienen nicht zugemutet werden.¹⁾

Die Richtung nach dem Ziel wird durch die Richtung des geradlinigen Schwänzellaufes mit Bezug auf den Sonnenstand angegeben. Auf der vertikalen Wabenfläche im finsternen Bienenstock transportiert die Tänzerin den Sonnenwinkel (= Winkel zwischen Azimut des Zieles und Azimut der Sonne) auf den Winkel zur Schwerkraftrichtung. Ist die Tänzerin hin und zurück einen Umweg geflogen, so weist sie durch den Schwänzellauf die Luftlinie zum Ziel. Sie kann also die gerade Richtung aus der Beobachtung der schrägen Wegstrecken erschliessen. Dass es dabei wirklich auf die Beachtung der Himmelsrichtung in den Teilstrecken ankommt, liess sich an Bienen nachweisen, die nur durch einen Fussmarsch an ihren Futterplatz gelangen konnten. Wenn ihnen bei einem rechtwinklig geknickten Weg auf einem der beiden Schenkel die Sicht nach dem Himmel abgedeckt war, so dass sie den Sonnenstand nicht erkennen konnten, dann berücksichtigten sie beim Tanz nur den offenen Schenkel und zeigten nach einer ganz falschen Gegend (BISERZKY 1957).

Die Fähigkeit der Bienen, eine gegebene Richtung auch bei schräger Einstellung zu ihr zu erfassen, wurde durch weitere Beispiele belegt und zum Teil an Filmaufnahmen erläutert: Bei Seitenwind stellt sich die fliegende Biene schräg gegen den Wind und zeigt trotzdem bei ihrem Tanz die gerade Linie vom Stock zum Futtertischchen an (v. FRISCH u. LINDAUER 1955); bei einem Schwänzeltanz «mit Divergenz» entnehmen die Nachtänzerinnen aus den divergierenden Schwänzelstrecken die Richtung der Winkelhalbierenden, die nach dem Ziel weist; bei normalen Schwänzeltänzen stehen sie oft schräg zur Schwänzelstrecke und erkennen doch deren Richtung.

Einen Ausdruck für die Richtung nach oben oder unten besitzt die Bienensprache nicht. Unter normalen Umständen hat sie einen solchen auch nicht nötig (v. FRISCH, HERAN u. LINDAUER 1953).

Bei ihrer Orientierung in der Landschaft benützen die Bienen sowohl irdische Landmarken wie auch die Sonne und das polarisierte Himmelslicht. Um zu erfahren, welche Orientierungsweise für sie die wichtigere ist, kann man irdische und himmlische Orientierung miteinander in Konkurrenz setzen. Bienen, die entlang einem nord-südlich verlaufenden Waldrand an eine Futterstelle dressiert worden sind, folgen, in eine fremde Gegend versetzt, auch einem west-östlich verlaufenden Waldrand und richten sich hiermit, entgegen dem Himmelskompass, nach der auffälligen Landmarke. Führt aber der Flugweg in einem Abstand von etwa 200 m parallel zum Waldrand, so dass dieser nur mehr als niederer Saum erkennbar ist, so gibt im Versetzungsversuch der Himmelskompass den Ausschlag. Auf solche Weise lässt sich die relative Bedeutung verschiedenartiger Landmarken feststellen (v. FRISCH u. LINDAUER 1954).

¹⁾ Noch nicht veröffentlichte Untersuchungen.

Bienen, die — in eine fremde Landschaft versetzt — dem Himmelskompass folgen, beweisen dadurch, dass sie die Tageszeit kennen und mit dem Tageslauf der Sonne vertraut sind. Denn nur unter diesen Voraussetzungen können sie die Sonne als Kompass benützen. Ihre Fähigkeit, sich nach einer «inneren Uhr» zu richten, hat mein Mitarbeiter M. RENNER (1955) überzeugend nachgewiesen, indem er eine Gruppe numerierter Bienen in einer künstlich erhellten Kammer auf eine bestimmte Futterstunde dressierte und dann mit dem Flugzeug von Paris nach New York versetzte. Sie kamen auch in New York nach Pariser Ortszeit zu Tisch. Dass sie überdies den Tageslauf der Sonne kennen, zeigen uns besonders eindrucksvoll die «Dauertänzerinnen»: Wenn ein Volk schwärmen will, fliegen Kundschafter auf Wohnungssuche. Sie teilen den Kameraden durch Schwänzeltänze die Lage einer entdeckten Niststätte mit. Manchmal setzen sie die Tänze, ohne erneuten Ausflug, stundenlang fort. Dabei ändern sie kontinuierlich die Richtung des Schwänzellaufes entgegen dem Drehsinn des Uhrzeigers um denselben Winkel, um den die Sonne am Himmel im Sinne des Uhrzeigers fortschreitet. Sie tun es auch dann, wenn ihnen jeder Ausblick nach Sonne und Himmel genommen ist (LINDAUER 1954).

Die Kenntnis vom Tagesgang der Sonne ist den Bienen nicht angeboren. Sie muss durch individuelle Erfahrung geprägt werden. Im Dunkeln erbrütete und ohne Himmelssicht aufgezogene Jungbienen versagen im Versetzungsversuch. Erst wenn sie einige Tage hindurch Gelegenheit hatten, den Gang der Sonne kennenzulernen, finden sie eine adressierte Himmelsrichtung auch in einer fremden Landschaft wieder.

Dass sich die Bienen dabei wirklich nach dem Sonnenstand richten, wurde durch Versuche M. LINDAUER's in den Tropen bestätigt. Er hat in Ceylon eine Gruppe von Bienen in den Mittagsstunden auf einen Futterplatz nördlich vom Stock dressiert und das Volk dann mit dem Flugzeug nach Poona in Indien versetzt, zu einer Zeit, als die Sonne mitwegs zwischen beiden Orten durch den Zenit ging. Sie stand zu Mittag am Dressurort in Ceylon $5^{\circ} 35'$ nördlich, in Poona $5^{\circ} 35'$ südlich am Himmel. Die in Ceylon nach Norden dressierten Bienen suchten in Poona mittags ihren Futterplatz im Süden. — Bei Zenitstand der Sonne tanzten die Bienen desorientiert. Aber schon bei einem Abstand der Sonnenmitte um 2 bis 3° vom Zenit konnten sie die Himmelsrichtung nach dem Sonnenstand erkennen. (LINDAUER 1957.)

Die Fähigkeit, die Sonne und das polarisierte Himmelslicht als Kompass zu benützen, ist bei Insekten, Krebsen und Spinnen verbreitet (vgl. PARDI u. PAPI 1952, PARDI 1954 u. 1956, PAPI 1955, COUTURIER u. ROBERT, 1956). Aber nur die Bienen benützen den Himmelskompass auch dazu, ihren Kameraden die Richtung nach einem Ziel bekanntzugeben. Die hoch differenzierte «Sprache» unserer Honigbiene legt die Frage nahe, auf welchem Wege sie sich phylogenetisch entwickelt hat. Ich habe darum meinen Mitarbeiter M. LINDAUER zu «vergleichenden Sprachstudien» in den Tropen angeregt, wo im indomalaiischen Gebiet die Gattung *Apis* in mehreren Arten vorkommt. Sie alle tanzen ähnlich wie unsere Bienen. Die interessanteste Abweichung zeigt die verhältnismässig primitive Zwerghonigbiene (*Apis florea*), die nur auf horizontaler Fläche, unter unmittelbarer Bezugnahme auf den Sonnenstand, richtungsweisende Tänze zustande bringt. Auf der vertikalen Wabenfläche den Winkel zur Sonne auf den Winkel zur Schwerkraft zu transponieren, hat sie noch nicht gelernt (v. FRISCH 1955 a, LINDAUER 1956).

Eine reichere Stufenfolge der Entwicklung aus primitiven Anfängen zu einer leistungsfähigen wechselseitigen Verständigung konnte LINDAUER bei den stachellosen Bienen (Meliponiden) Südamerikas aufdecken. Diese Entwicklung ist aber andere Wege gegangen als bei den Honigbienen. Sie beginnt bei niederen Formen mit einer Alarmierung der Volksgenossen, ohne Angabe der Entfernung und Richtung der entdeckten Futterquelle; nur der Blütenduft, der dem Körper der alarmierenden Bienen anhaftet, gibt schon hier einen Hinweis auf das Ziel, der von den verständigten Kameraden auch nachweislich befolgt wird (zum Beispiel: *Trigona iridipennis* Smith). Auf den höchsten Stufen leiten die Meliponiden ihre Kameraden ebenso erfolgreich wie unsere Honigbienen direkt nach dem Ziel — aber nicht durch symbolische Tänze! Sie legen vielmehr auf dem Boden eine Duftspur, wobei sie das stark riechende Sekret ihrer Mandibeldrüse benützen, und lotsen die alarmierten Nestgenossen entlang diesem Pfad haufenweise nach dem Futterplatz (*Trigona ruficrus* Latr. und andere).

Literatur

- BISETZKY, A.: Die Tänze der Bienen nach einem Fussweg zum Futterplatz. Im Druck in d. Zeitschr. vergl. Physiol.
- COUTURIER, A. u. P. ROBERT: Orientation «astronomique» et déterminisme de la direction des grands vols chez *Melolontha melolontha* L. C. R. Acad. Sc. Paris, 242, 3121—3124, 1956.
- v. FRISCH, K.: Beobachtungen und Versuche M. Lindauer's an indischen Bienen. Sitzber. Bayr. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl. 209—216, 1955 a.
— Sprechende Tänze im Bienenvolk. Festrede in der Bayr. Akad. d. Wiss. 1955 b.
- v. FRISCH, K., H. HERAN und M. LINDAUER: Gibt es in der «Sprache» der Bienen eine Weisung nach oben oder unten? Z. vergl. Physiol. 35, 219—245, 1953.
- v. FRISCH, K. u. M. LINDAUER: Himmel und Erde in Konkurrenz bei der Orientierung der Bienen. Die Naturwissenschaften 41, 245—253, 1954.
— Über die Fluggeschwindigkeit der Bienen und über ihre Richtungsweisung bei Seitenwind. Die Naturwissenschaften 42, 377—385, 1955.
- LINDAUER, M.: Dauertänze im Bienenstock und ihre Beziehung zur Sonnenbahn. Die Naturwissenschaften 41, 506/507, 1954.
— Über die Verständigung bei indischen Bienen. Z. vergl. Physiol. 38, 521—557, 1956.
— Sonnenorientierung der Bienen unter der Äquatorsonne und zur Nachtzeit. Die Naturwissenschaften 44, 1—6, 1957.
— Verständigungsformen bei den stachellosen Bienen. Erscheint in Z. vergl. Physiol.
- PAPI, F.: Astronomische Orientierung bei der Wolfsspinne *Arctosa perita*. Z. vergl. Physiol. 37, 230—233, 1955.
— Orientamento astronomico in alcuni Carabidi, atti della Società Toscana. Sc. Nat. Pisa Mem. 62, Ser. B, 83—97, 1955.
- PARDI, L.: Über die Orientierung von *Tylos latreillii*. Z. Tierpsychol. 11, 175—181, 1954.
— Orientamento solare in uno Tenebrionide alofilo: *Phaleria provincialis*. Boll. Istit. e Museo di Zool. dell. Univers. Torino 5, Nr. 1, 1955/56.
- PARDI, L. u. F. PAPI: Die Sonne als Kompass bei *Talitrus saltator*. Die Naturwissenschaften 39, 262/63, 1952.
- RENNER, M.: Ein Transozeanversuch zum Zeitsinn der Honigbiene. Die Naturwissenschaften 42, 540/41, 1955.
— Neue Versuche über den Zeitsinn der Honigbiene. Z. vergl. Physiol. 40, 85—118, 1957.