

## Über die durch Licht bedingte «Missweisung» bei den Tänzen im Bienenstock

Von K. v. FRISCH\*

Die Richtungsweisung durch den Schwänzeltanz der Bienen nimmt auf den Sonnenstand Bezug. Hierbei sind zwei Fälle möglich und zum Verständnis des Folgenden wichtig:

(1) Der Tanz findet auf *horizontaler Wabe* angesichts der *Sonne* statt (zum Beispiel auf dem Anflugbrettchen vor dem Stock). Dann hält die Biene im geradlinigen Schwänzellauf der Tanzfigur denselben Winkel zur Sonne ein wie zuvor bei ihrem Flug vom Stock zum Futterplatz. Sie zeigt somit durch die Richtung des Schwänzellaufes direkt nach dem Ziel.

(2) Der Tanz vollzieht sich im Innern des Stockes, *in Dunkelheit* und auf der *vertikal stehenden Wabenfläche*. Dann transponiert die Tänzerin den Lichtwinkel auf das auch im Finstern funktionierende Sinnesgebiet der Schwerkraft nach einem festen Übersetzungsschlüssel: ein Schwänzellauf auf der Wabe nach oben (in Zenitrichtung) entspricht der Richtung zur Sonne, und ein Tanz nach rechts oder nach links von der Richtung nach oben bedeutet, dass das Ziel um einen entsprechenden Winkel nach rechts oder nach links vom Azimut der Sonne liegt.

Das Prinzip dieses Übersetzungsschlüssels wurde schon bei den ersten Beobachtungen klar, da sich mit fortschreitendem Sonnenstand die Tanzrichtung laufend im entgegengesetzten Sinne ändert. Aber die Messung der Sonnenwinkel und Tanzwinkel zeigte, dass bei Anwendung des erwähnten Schlüssels die Werte der Tanzwinkel unter Umständen um Beträge bis zu rund 40° von der Erwartung abweichen.

Für die Beobachtung der Tänze musste der hölzerne Schutzdeckel des Bienenstockes entfernt werden. Daher wurde für die Tänzerinnen ein Teil des Himmels sichtbar. Nur wenn sie *blauen* Himmel sehen konnten, traten die starken «Missweisungen» auf. Es schien, als würden sie durch das Himmelsblau von der Tanzrichtung abgelenkt, die sie zum Lot einhalten sollten. Das war – vor 14 Jahren – einer der ersten Hinweise darauf, dass Bienen die Schwingungsrichtung des polarisierten blauen Himmelslichtes wahrnehmen und daran den Sonnenstand ablesen können. Wenn sie dazu imstande sind, dann könnten sie versucht sein, beim Tanz nach

der Schwerkraft auf der vertikalen Wabe sich gleichzeitig direkt nach der Sonne im richtigen Winkel einzustellen – wie sonst beim horizontalen Tanz unter freiem Himmel. Das Dilemma mochte zu einem Kompromiss führen. Ich habe diese Annahme damals geprüft und gefunden, dass die Tanzrichtung tatsächlich *zwischen* den beiden Richtungen lag, welche die Tänzerin beim Transponieren des Lichtwinkels auf die Richtung zum Lot bzw. bei unmittelbarer Einstellung nach der Sonne hätte einhalten sollen (<sup>1</sup>, p. 43).

Um das festzustellen, musste man wissen, welchen Winkel die Biene auf der vertikalen Wabenfläche bei unmittelbarer Einstellung nach der Sonne anstreben würde. Es war also notwendig, *den auf die vertikale Wabenfläche projizierten Sonnenstand* zur Zeit des Tanzes zu kennen. Er hängt nicht nur vom Azimut und von der Höhe der Sonne, sondern auch von der Stellung der Wabe im Raum ab. An einem einfachen Apparat, den mir Prof. H. BENNDORF am physikalischen Institut der Universität Graz hatte anfertigen lassen, konnte man eine «Wabenscheibe» in dem Azimut fixieren, welcher der Wabenstellung des Versuchsvolkes entsprach. Ein «Sonnenzeiger» liess sich auf Azimut und Höhe der Sonne zur Beobachtungszeit ausrichten und bei Beleuchtung senkrecht zur Wabenscheibe, auf der peripher ein Teilkreis angebracht war, konnte der gesuchte Winkel am Zeigerschatten abgelesen werden. Die Werte stimmten mit einer nachträglichen Berechnung, für die ich Dr. W. JAHN (Sternwarte München) zu Dank verpflichtet bin, auf 1–2° überein, was für unseren Zweck ausreichend war. Den Tabellen liegen die berechneten Werte zugrunde.

Das Ergebnis war damals nicht ganz befriedigend. Zwar entsprach die Tanzrichtung oft etwa dem Mittelwert zwischen den beiden Richtungen, die bei reiner Schwerkraft- bzw. bei reiner Lichteinstellung zu erwarten waren, oft aber war sie auch der einen oder der anderen mehr oder weniger angenähert. Warum, ist heute verständlich. Die Messung der Tänze war noch

\* München.

<sup>1</sup> K. v. FRISCH, *Naturwissenschaften* 35, 12, 38 (1948).

nicht so genau wie später, und die «Restmissweisung» war mir noch unbekannt. Mit dieser hat es folgende Bewandnis:

Wenn man für die Tänzerinnen die Sicht nach blauem Himmel abschirmt, so verschwinden die starken Missweisungen, aber eine kleinere «Restmissweisung» bleibt zurück. Sie zeigt einen ausgeprägten Tagesgang und andere merkwürdige Eigenheiten. Wir haben sie in den letzten Jahren eingehend studiert mit dem Ergebnis, dass diese Abweichungen beim Transponieren des Lichtwinkels auf den Schwerewinkel als «Übersetzungsfehler» entstehen und sich nach Sinn und Ausmass mit der wechselnden Einstellung der Biene zum Lot ändern<sup>2</sup>. Hier interessiert nur, dass der von der Tänzerin angestrebte Winkel zum Lot je nach der Uhrzeit und anderen Umständen um gewisse Beträge von dem Winkel abweicht, der bei einfacher Übertragung des Lichtwinkels auf die Schwereorientierung zu erwarten wäre. Diese Abweichung muss man für jeden Einzelfall kennen, wenn man den Mittelwert zwischen Schwere- und Lichteinstellung wissen will.

Solche Überlegungen haben mich veranlasst, im letzten Sommer die alten Versuche in verbesserter Form zu wiederholen. Dabei habe ich jeden einzelnen Tanz individuell ausgewertet. Das Verfahren war so:

An nummerierten Bienen, deren Futterplatz 200 m westlich vom Stock lag, wurden die Tanzwinkel gemessen, und zwar immer abwechselnd je 10 Tänze im Dunkelzelt bei diffusem Licht, und 10 Tänze bei freier Sicht nach blauem Himmel. Zu jedem Tanz wurde nachträglich der für die Tanzminute gültige Sonnenstand festgestellt. Der Winkel zwischen dem Azimut der Sonne und dem Azimut des Futterplatzes ist der

«Sonnenwinkel» zur Zeit des Tanzes. Die Beobachtung im Dunkelzelt zeigt, ob und um welchen Betrag der Tanzwinkel vom Sonnenwinkel abweicht. Wir erfahren so die *Restmissweisung* für die betreffende Biene<sup>3</sup> zur Versuchszeit. Daraus ergibt sich für die Auswertung der Tänze mit Sicht nach blauem Himmel, welchen Winkel zur Schwerkraft unsere Tänzerin ohne Beeinflussung durch das Himmelslicht angestrebt hätte: Zum Beispiel würde einem Futterplatz 40° rechts vom Sonnenstand nach dem Schema des Übersetzungsschlüssels die Tanzrichtung 40° nach rechts von der Richtung nach oben entsprechen; besteht aber für die Tänzerin zur Zeit eine Restmissweisung von – 10°, so liegt die *Soll-Tanzrichtung nach der Schwerkraft* nur 30° nach rechts vom Zenit. Durch den vorhin erwähnten Apparat erfahren wir, dass für die Biene zur Zeit des Tanzes die Richtung zur Sonne (in Projektion auf die vertikale Wabenfläche) zum Beispiel 35° nach rechts von der Zenitrichtung liegt. Wenn sie sich also unmittelbar nach der Sonne einstellt, hätte sie sich von dieser Richtung aus 40° nach rechts zu halten, der *Soll-Tanzwinkel nach der Sonne* wäre somit bei rein optischer Einstellung 75° rechts von der Richtung nach oben.

In Tabelle I sind für eine Versuchsreihe mit Sicht nach blauem Himmel vom Nachmittag des 30. 8. 61 diese Werte eingetragen und mit den Tanzwinkeln verglichen, die an den Bienen gemessen worden sind. An-

<sup>2</sup> K. v. FRISCH und M. LINDAUER, *Naturwissenschaften* 48, 585 (1961).

<sup>3</sup> Es bestehen individuelle Unterschiede.

Tab. I. Versuch vom 30. 8. 61, 14.26–14.36 Uhr. Blauer Himmel nach W und NW für die Bienen sichtbar.

| Zeit  | Sonnen- |         | Sonnen-<br>winkel <sup>a</sup> | Zenit-<br>winkel <sup>b</sup> | Biene<br>Nr. | Individu-<br>elle Rest-<br>miss-<br>weisung <sup>c</sup> | Soll-Tanzwinkel<br>nach |                               | Mittel-<br>wert | getanzter<br>Winkel | Abweichung von<br>der Sollrichtung<br>nach |                  | Abwei-<br>chung vom<br>Mittelwert |
|-------|---------|---------|--------------------------------|-------------------------------|--------------|--|-------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------|--|------------------|-----------------------------------|
|       | Höhe    | Azimut  |                                |                               |              |  | Sonne <sup>d</sup>      | Schwer-<br>kraft <sup>e</sup> |                 |                     | Sonne                                      | Schwer-<br>kraft |                                   |
|       | in Grad | in Grad | in Grad                        | in Grad                       |              | in Grad  | in Grad                 | in Grad                       | in Grad         | in Grad             | in Grad                                    | in Grad          | in Grad                           |
| 14.26 | 41,5    | 228,5   | 41,5 r                         | 37 r                          | 36           | – 13   | 78,5 r                  | 28,5 r                        | 53,5 r          | 52,5 r              | – 26                                       | + 24             | – 1                               |
| 14.27 | 41      | 229     | 41                             | 37                            | 35           | – 11,5   | 78                      | 29,5                          | 53,5            | 53                  | – 25                                       | + 23,5           | – 0,5                             |
| 14.27 | 41      | 229     | 41                             | 37                            | 30           | – 11,5   | 78                      | 29,5                          | 53,5            | 51                  | – 27                                       | + 21,5           | – 2,5                             |
| 14.28 | 41      | 229     | 41                             | 37                            | 31           | – 10   | 78                      | 31                            | 54,5            | 47                  | – 31                                       | + 16             | – 7,5                             |
| 14.28 | 41      | 229     | 41                             | 37                            | 34           | – 13   | 78                      | 28                            | 53              | 47                  | – 31                                       | + 19             | – 6                               |
| 14.29 | 41      | 229,5   | 40,5                           | 37                            | 36           | – 13   | 77,5                    | 27,5                          | 52,5            | 51                  | – 26,5                                     | + 23,5           | – 1,5                             |
| 14.31 | 40,5    | 230     | 40                             | 37                            | 25           | – 5  | 77                      | 35                            | 56              | 55                  | – 22                                       | + 20             | – 1                               |
| 14.32 | 40,5    | 230,5   | 39,5                           | 36,5                          | 27           | – 10   | 76                      | 29,5                          | 52,5            | 48,5                | – 27,5                                     | + 19             | – 4                               |
| 14.33 | 40,5    | 230,5   | 39,5                           | 36,5                          | 32           | – 11   | 76                      | 28,5                          | 52              | 46,5                | – 29,5                                     | + 18             | – 5,5                             |
| 14.36 | 40      | 231,5   | 38,5                           | 36,5                          | 31           | – 10   | 75                      | 28,5                          | 51,5            | 52                  | – 23                                       | + 23,5           | + 0,5                             |

<sup>a</sup> Sonnenwinkel = Winkel zwischen Azimut der Sonne und Azimut des Zieles.

<sup>b</sup> Zenitwinkel = Winkel zwischen Zenitrichtung und auf die vertikale Wabenfläche projizierter Richtung zur Sonne.

<sup>c</sup> Nach vorangegangenen oder nachfolgenden Tanzmessungen bei Abschluss des Himmelslichtes.

<sup>d</sup> Unter Berücksichtigung des Zenitwinkels.

<sup>e</sup> Unter Berücksichtigung der individuellen Missweisung.

schaulicher zeigt Figur 1, wie überraschend gut die Tanzrichtung dem Mittel (punktierter Linie) zwischen den Soll-Tanzrichtungen bei Orientierung nach Schwerkraft bzw. Licht entspricht. Rechts unten, eingerandet, ist der Mittelwert aus den 10 Einzelbeobachtungen dargestellt. Ein Versuch am folgenden Nachmittag brachte ein übereinstimmendes Ergebnis. Bei den Beobachtungen war mir die Tanzrichtung, die man erwarten konnte, unbekannt. Alle Versuche waren «unwissentlich».

Wenn sich eine Biene auf *horizontaler* Unterlage nach dem polarisierten Licht eines blauen Himmelsfleckens in der Zielrichtung einstellt, so ist das verständlich.

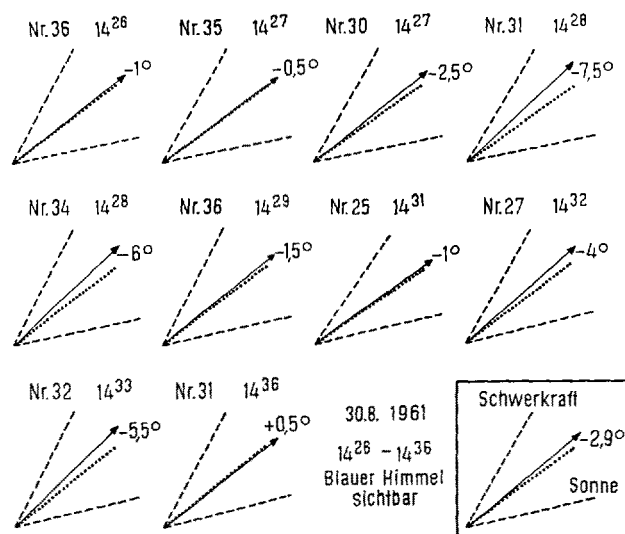


Fig. 1. Zehn Tänze auf vertikaler Wabenfläche mit Sicht nach blauem Himmel. Sonne auf der gleichen Wabenseite, aber abgeschirmt. Gestrichelte Schenkel = Soll-Tanzrichtung bei Schwerkraft- bzw. Lichteinstellung, punktierte Linie = Mittelwert zwischen beiden Richtungen, Pfeil = getanzt Winkel. Die Abweichung des getanzen Winkels vom Mittelwert, die Nummer der Biene und die Beobachtungsminute sind bei jedem Bild angegeben. Eingerahmt: Durchschnitt aus den 10 Einzelbeobachtungen.

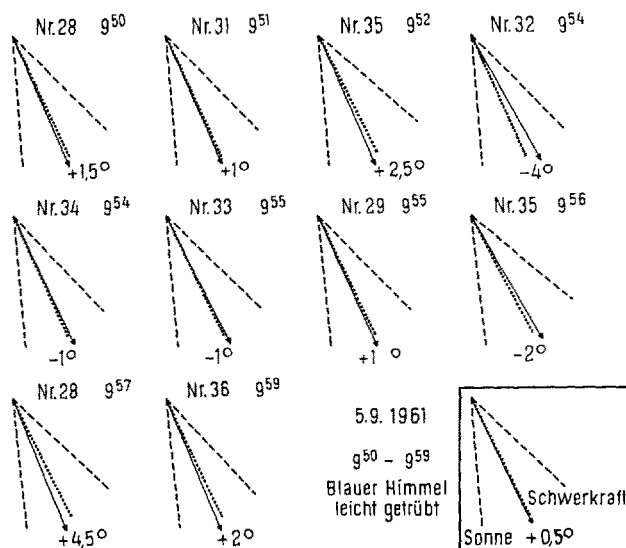


Fig. 2. Zehn Tänze auf vertikaler Wabenfläche mit Sicht nach blauem Himmel, Sonne jenseits der Wabe, bauchwärts von den Bienen. Übrige Erklärung wie Figur 1.

Sie braucht nur die Körperstellung zu suchen, bei der sich das wahrgenommene Polarisationsmuster mit jenem deckt, das sie kurz zuvor beim Flug nach dem Futterplatz mit dem gleichen Augenbezirk gesehen hat. Beim Tanz auf *vertikaler* Wabenfläche sind demgegenüber die Polarisationsmuster auf den Augenbezirken verschoben. Dass sie trotzdem bei ihrem Kompromiss den Sonnenwinkel so genau in Rechnung stellt, lässt auf einen exakten Regelmechanismus schließen. Immerhin befand sich bei den bisher besprochenen Versuchen nicht nur der blaue Himmel, sondern auch die (für die Biene abgedeckte) Sonne über ihrem Rücken. Ich war gespannt, was sie machen würde, wenn sie über sich blauen Himmel sieht, die Sonne aber unter ihrem Bauch steht – eine Situation, die bei ihren Freilandflügen niemals gegeben ist.

Tab. II. Versuch vom 5. 9. 61, 9.50–9.59. Blauer Himmel, leicht getrübt, nach W und NW für die Bienen sichtbar.

| Zeit | Sonnen- |         | Sonnen- Zenit- |         | Biene Nr. | Individuelle Rest-miss-weisung | Soll-Tanzwinkel nach |             | Mittelwert | getanzter Winkel | Abweichung von der Sollrichtung nach |             | Abweichung vom Mittelwert |
|------|---------|---------|----------------|---------|-----------|--------------------------------|----------------------|-------------|------------|------------------|--------------------------------------|-------------|---------------------------|
|      | Höhe    | Azimuth | winkel         | winkel  |           |                                | Sonne                | Schwerkraft |            |                  | Sonne                                | Schwerkraft |                           |
|      | in Grad | in Grad | in Grad        | in Grad |           | in Grad                        | in Grad              | in Grad     | in Grad    | in Grad          | in Grad                              | in Grad     | in Grad                   |
| 9.50 | 40      | 134     | 136            | 39,5    | 28        | -0,5                           | 175,5 r              | 135,5 r     | 155,5      | 157 r            | -18,5                                | +21,5       | +1,5                      |
| 9.51 | 40      | 134     | 136            | 39,5    | 31        | +0,5                           | 175,5                | 136,5       | 156        | 157              | -18,5                                | +20,5       | +1                        |
| 9.52 | 40      | 134,5   | 135,5          | 39,5    | 35        | -4                             | 175                  | 131,5       | 153,5      | 156              | -19                                  | +24,5       | +2,5                      |
| 9.54 | 40,5    | 135     | 135            | 39,5    | 32        | +0,5                           | 174,5                | 135,5       | 155        | 151              | -23,5                                | +15,5       | -4                        |
| 9.54 | 40,5    | 135     | 135            | 39,5    | 34        | +1,5                           | 174,5                | 136,5       | 155,5      | 154,5            | -20                                  | +18         | -1                        |
| 9.55 | 40,5    | 135     | 135            | 39,5    | 33        | -1                             | 174,5                | 134         | 154        | 153              | -21,5                                | +19         | -1                        |
| 9.55 | 40,5    | 135,5   | 134,5          | 39,5    | 29        | +1                             | 174                  | 135,5       | 154,5      | 155,5            | -18,5                                | +20         | +1                        |
| 9.56 | 40,5    | 136     | 134            | 39,5    | 35        | -4                             | 173,5                | 130         | 152        | 150              | -23,5                                | +20         | -2                        |
| 9.57 | 41      | 136     | 134            | 39,5    | 28        | -0,5                           | 173,5                | 133,5       | 153,5      | 158              | -15,5                                | +24,5       | +4,5                      |
| 9.59 | 41      | 136,5   | 133,5          | 40      | 36        | +3,5                           | 173,5                | 137         | 155        | 157              | -16,5                                | +20         | +2                        |

Der Beobachtungsstock war so orientiert, dass die Wabenfläche in Nord-Süd-Richtung stand. Tanzboden war die nach West gerichtete Wabenfläche. Für die Tänzerinnen stand daher am Vormittag die Sonne bauchwärts jenseits der Wabe. Die Bienen zeigten auch unter diesen Umständen um nichts weniger genau nach der Mitte zwischen Schwere- und Lichtwinkel (Tabelle II und Figur 2). Von 8 weiteren vormittägigen Versuchsreihen (je 10 Tänze) verliefen 7 übereinstimmend, nur in einem Falle war die Tanzrichtung etwas nach der Seite der Lichtorientierung verschoben – wofür ich keinen Grund anzugeben weiss.

In einer Versuchsreihe, in der für die Tänzerinnen nicht nur blauer Himmel, sondern auch *die Sonne* sichtbar war, stellten sie sich nach dem Licht ein. *Die Schwerkraft wurde von der Sonne ausgestochen* (Tabelle III und Figur 3).

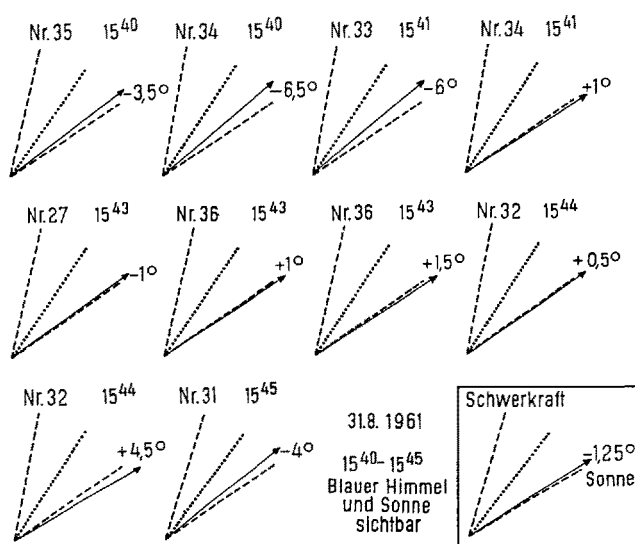


Fig. 3. Zehn Tänze auf vertikaler Wabenfläche mit Sicht nach der Sonne und blauem Himmel. Es ist die Abweichung des getanzen Winkels von der Lichteinstellung angegeben. Übrige Erklärung wie Figur 1.

Als bei einer leichten, geschlossenen Wolkendecke kein Polarisationsmuster mehr erkennbar war, wohl aber die Sonne noch deutlich durchschien, lagen die Tanzrichtungen zwischen Licht- und Schwerkrafteinstellung. Bei der folgenden Versuchsreihe hatte sich die Wolkendecke verdichtet. Der Sonnenort war für uns eben noch erkennbar. Nun waren die Tänze ganz nach der Schwerkraft eingestellt. Die Sonne scheint also mit zunehmender Wolkenbedeckung allmählich an «Gewicht» zu verlieren.

Bei der Einstellung nach dem polarisierten Himmelslicht verhielten sich die Bienen anders. Ob ein kleiner oder ein grösserer Bereich blauen Himmels sichtbar gemacht wurde, ob der Himmel klar blau oder leicht getrübt, ob das Polarisationsmuster, je nach dem Sonnenstand, mehr oder weniger kontrastreich war, hatte keinen Einfluss auf die Einstellung der Tänzerinnen – solange die Schwingungsrichtung noch erkennbar blieb.

Ich habe schon gesagt, dass die Bienen zu dem Polarisationsmuster am blauen Himmel, das sie über ihrem Rücken sehen, auch dann die richtige Einstellung finden, wenn die Sonne jenseits der Wabe unter ihrem Bauch steht, und dass diese Situation bei ihren Trachtflügen niemals vorkommt. Sie ist aber keineswegs unbiologisch. LINDAUER<sup>4</sup> hat gezeigt, dass ein Bienen-schwarm, der frei in einer Baumkrone hängt, von Kund-schafterinnen, die eine geeignete Wohnung gefunden haben, über deren Lage durch Tänze informiert wird. Dabei haben sich die Tänzerinnen auf der Schatten-seite der Traube nach dem polarisierten Himmelslicht zu richten, während die Sonne bauchwärts steht. Und wenn wir in der Geschichte dieser so ungemein konser-vativen Erdbewohner nur weit genug – vielleicht 30 Millionen Jahre – zurückdenken, so werden damals

<sup>4</sup> M. LINDAUER, Z. vergl. Physiol. 37, 263 (1955).

Tab. III. Versuch vom 31. 8. 61, 15.40–15.45. Blauer Himmel von SW bis NW und klare Sonne für die Bienen sichtbar.

| Zeit  | Sonnen- |         | Sonnen- Zenit- |         | Biene Nr. | Individuelle Rest-miss-weisung | Soll-Tanzwinkel nach |              | Mittelwert | getanzter Winkel | Abweichung von der Sollrichtung nach |              | Abweichung vom Mittelwert |
|-------|---------|---------|----------------|---------|-----------|--------------------------------|----------------------|--------------|------------|------------------|--------------------------------------|--------------|---------------------------|
|       | Höhe    | Azimet  | winkel         | winkel  |           |                                | Sonne                | Schwer-kraft |            |                  | Sonne                                | Schwer-kraft |                           |
|       | in Grad | in Grad | in Grad        | in Grad |           | in Grad                        | in Grad              | in Grad      | in Grad    | in Grad          | in Grad                              | in Grad      | in Grad                   |
| 15.40 | 30,5    | 247     | 23 r           | 33,5 r  | 35        | – 9,5                          | 56,5 r               | 13,5 r       | 35         | 53 r             | – 3,5                                | + 39,5       | + 18                      |
| 15.40 | 30,5    | 247     | 23             | 33,5    | 34        | – 12,5                         | 56,5                 | 10,5         | 33,5       | 50               | – 6,5                                | + 39,5       | + 16,5                    |
| 15.41 | 30,5    | 247,5   | 22,5           | 33,5    | 33        | – 12                           | 56                   | 10,5         | 33,5       | 50               | – 6                                  | + 39,5       | + 16,5                    |
| 15.41 | 30,5    | 247,5   | 22,5           | 33,5    | 34        | – 12,5                         | 56                   | 10           | 33         | 57               | + 1                                  | + 47         | + 24                      |
| 15.43 | 30      | 247,5   | 22,5           | 33,5    | 27        | – 9,5                          | 56                   | 13           | 34,5       | 55               | – 1                                  | + 42         | + 20,5                    |
| 15.43 | 30      | 247,5   | 22,5           | 33,5    | 36        | – 9                            | 56                   | 13,5         | 34,5       | 57               | + 1                                  | + 43,5       | + 22,5                    |
| 15.43 | 30      | 247,5   | 22,5           | 33,5    | 36        | – 9                            | 56                   | 13,5         | 34,5       | 57,5             | + 1,5                                | + 44         | + 23                      |
| 15.44 | 30      | 248     | 22             | 33,5    | 32        | – 10,5                         | 55,5                 | 11,5         | 33,5       | 56               | + 0,5                                | + 44,5       | + 22,5                    |
| 15.44 | 30      | 248     | 22             | 33,5    | 32        | – 10,5                         | 55,5                 | 11,5         | 33,5       | 60               | + 4,5                                | + 48,5       | + 26,5                    |
| 15.45 | 30      | 248     | 22             | 33      | 31        | – 5                            | 55                   | 17           | 36         | 51               | – 4                                  | + 34         | + 15                      |

auch unsere Honigbienen, so wie es heute noch ihre nächsten Verwandten, die indischen Bienen, tun, ihre Waben unter freiem Himmel gebaut haben. So mag auch für die Fourageure die Lage ursprünglich so gewesen sein wie heute noch für die Quartiermacher.

Man wird fragen, ob denn eine Richtungsangabe, die mit einer beträchtlichen «Missweisung» verbunden ist, für das Bienenvolk überhaupt einen Wert hat. Die Antwort lautet: die gewiesene Richtung erscheint nur uns falsch. Die benachrichtigten Bienen kompensieren die Abweichung bei der Rückübersetzung des Schwerkraftwinkels in den Sonnenwinkel und fliegen richtig. Das hat sich bei Fächerversuchen sowohl für die starke «Missweisung», von welcher hier die Rede war, wie auch für die kleinere «Restmissweisung» ergeben (<sup>2</sup>, p. 585 und 589). Das bedeutet, dass die verschiedenen Bedingungen, die bei der Tänzerin für die «Missweisung» mitbestimmend sind – Anblick blauen Himmels, Art des Polarisationsmusters, Anblick der Sonne, Grad ihrer Verschleierung, Betrag der «Restmissweisung» und wohl noch anderes – von den Empfängern der Nachricht nach Sinn und Ausmass entsprechend in Rechnung gestellt werden. Ein Bienenvolk ist bei seiner uralten, auf Instinkte gegründeten Tradition – ganz anders als eine menschliche Gesellschaft – eine Versammlung gleichgestimmter Seelen, die auf die Art und Weise, wie sie angesprochen wird, einheitlich reagiert und einer individuellen Auslegung und freiwilligen Entscheidung wenig übrig lässt.

*Summary.* Bees are able to indicate direction to their hive comrades by means of a wagging dance

of 2 kinds: in the horizontal plane with regard to the sun they point directly towards the goal by a wagging walk using the same angle to the sun as they took in their flight. Inside the dark hive in the vertical honey-comb, they transpose the angle between goal and sun to the field of gravity, whereby the sun's direction is shown by a wagging walk upwards, and the angle to the right or left of the sun's position is given by a dance-direction in the corresponding angle to the right or left of the zenith.

If a piece of blue sky is made visible in an observation hive to the bees which are dancing in orientation by gravity, they recognise the position of the sun by this polarisation sample, and the effort to orientate themselves directly by the sun (as in the horizontal plane) comes into conflict with the orientation by gravity. The result is a dance direction which corresponds remarkably well with the halving of the angle between what the dance direction should have been by gravity and what it should have been by light orientation (Figure 1). This is also true when the bee is orientating itself by polarised sky light over its back, while the sun is at the other side of the honey-comb under its front (Figure 2), a situation which does not occur during flight but which is important for its dance in the swarm. The bees receiving the information compensate the deviation of the angle determined by light, and fly to the right goal.

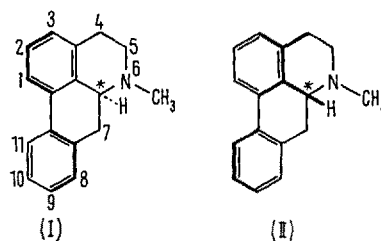
As the sun itself, as well as the piece of blue sky, was made visible to the dancers, its influence dominated and they orientated themselves by its light (Figure 3).

## Brèves communications – Kurze Mitteilungen – Brevi comunicazioni – Brief Reports

Les auteurs sont seuls responsables des opinions exprimées dans ces communications. – Für die kurzen Mitteilungen ist ausschliesslich der Autor verantwortlich. – Per le brevi comunicazioni è responsabile solo l'autore. – The editors do not hold themselves responsible for the opinions expressed by their correspondents.

### Optical Rotatory Dispersion Studies<sup>1</sup>. Configurational Assignments among the Aporphine Alkaloids

The aporphines represent a large group of alkaloids<sup>2</sup> based on the skeleton I (or its antipode II). The absolute configuration of several members of this class was first considered by BENTLEY and CARDWELL<sup>3</sup> in terms of the  $\alpha$  or  $\beta$  orientation of the hydrogen atom attached to the single asymmetric carbon (starred in I and II). In actual fact, the aporphine skeleton also represents a permanently twisted biphenyl system and, as has been pointed out recently<sup>4</sup>, the chirality of this twisted biphenyl is uniquely determined by the absolute configuration of the asymmetric carbon atom. In terms of the Cahn-Ingold-Prelog convention<sup>5</sup>, the biphenyl system of I belongs to the (S)-series, while the (R)-notation must be attributed to the



<sup>1</sup> Paper LXII; paper LXI see C. DJERASSI, J. FISHMAN, and T. NAMBARA, *Exper.* 17, 565 (1961).

<sup>2</sup> For pertinent references see R. H. F. MANSKE, *The Alkaloids* (Academic Press, New York 1954), vol. IV, chapter 30. – T. A. HENRY, *The Plant Alkaloids* (Blakiston, Philadelphia 1949), p. 306.

<sup>3</sup> K. W. BENTLEY and H. M. E. CARDWELL, *J. chem. Soc.* 1955, 3252.

<sup>4</sup> M. SHAMMA, *Exper.* 16, 484 (1960).

<sup>5</sup> R. S. CAHN, C. K. INGOLD, and V. PRELOG, *Exper.* 12, 81 (1956).