© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

beobachtet. Die Jungvögel wandern nach beendeter Jugendmauser ab, vielleicht auch etwas vor dem Abschluß dieser Mauserperiode. Die spätesten Bruten haben in den ersten Augusttagen voll vermausert.

Über die Winterquartiere gibt unser Material keine Auskunft. Laut Mitteilung der Vogelwarte Radolfzell liegen jedoch zwei wichtige Funde aus dem Winterquartier von auswärtigen Stationen vor, die der Vollständigkeit halber erwähnt sein sollen:

Budapest 116 160 ♂ njg. 31. 5. 37 Egervár (46.56 N 16.52 E), Ungarn + (wie gefunden?) ♀ 15. 4. 38 Mbalaka, Fluß Kwilu-Djuma, Distr. Kwango, Belgisch Kongo 4.10 S 18.20 E. (K. Warga, Aquila 59—62, 1955, p. 239.)

Göteborg A 75 091 ♂ 24. 6. 49 Rone auf Gotland, Schweden + (wie gefunden?) 21. 4. 54 Kiniati (4.30 S 18 E), Distr. Kwango, Belgisch Kongo. (V. Fontaine, Göteborgs Musei Årstryck 1954, p. 15.)

Liste der neuen Fernfunde

Herbstzug

1. *H 141 499* ♂ njg. 16. 6. 53 Haubersbronn (48.50 N 9.34 E), Württemberg + tot gef. 18. 7. 55 bei Padua (45.25 N 11.48 E), Italien
2. *H 136 945* ♂ njg. 31. 5. 52 Haubersbronn + erl. 10. 8. 52 bei Neapel, Italien
3. *H 142 129* ♂ njg. 13. 6. 52 Ludwigsburg (48.54 N 9.12 E), Württ. + erl. 10. 8. 52 Pollena Trocchia, 15 km von Neapel, Italien
4. H 42 716 ♂ njg. 14. 6. 49 Haubersbronn + erl. 19. 8. 49 Mairano, 18 km SW Brescia, Italien
5. H 142 126 ♂ njg. 6. 6. 52 Ludwigsburg + erl. 22. 8. 52 Summonte, 10 km von Avellino (Campania), Italien
6. *H 92 627* ♂ njg. 17. 6. 51 Haubersbronn + erl. 26. 8. 51 5 km N Florenz, Italien
7. *H 92 440* ♂ njg. 10. 6. 51 Haubersbronn + gefg. 26. 8. 53 Bergamo, Italien
8. K 24 881 ♂ njg. 25. 6. 53 Haubersbronn + getötet 1. 9. 53 bei Salerno (Campania), Italien
9. H 645 ♂ diesj. ausgenommen Haubersbronn, aufgelassen 23. 6. 55 Sigmaringen (48.5 N 9.13 E) + getötet 6. 9. 55 nahe Salerno
10. H 141 278 ♂ ad. ♀ 5. 6. 53 Oberurbach Kr. Waiblingen, Württ. + tot gef. 10. 9. 54 Gorizia (Venezia giulia), Italien
11. *H 27 327* ♂ njg. 20. 6. 49 Botanischer Garten München + getötet 20. 9. 51 Ancona (Marche), Italien
12. K 38 511 ♂ njg. 9. 6. 56 Reutlingen (48.30 N 9.13 E), Württ. + getötet 1. 10. 57 bei Neapel, Italien
13. *H 695* ♂ diesj. ausgenommen Haubersbronn, aufgelassen 12. 7. 55 Sigmaringen + getötet 3. 10. 55 nahe Brescia (Lombardei), Italien
14. K 24 973 ♂ ad. ♀ 10. 6. 54 Ludwigsburg + getötet 31. 10. 54 nahe Benevento (Campania), Italien
15. G 258 524 ♂ njg. 15. 6. 35 Herrenberg (48.36 N 8.52 E), Württ. + erbeutet 25. 2. 36 Stroncone (Terni), Italien

Frühjahrszug

16. H 92 297 ♂ njg. 6. 6. 51 Haubersbronn, als Brutvogel dort kontrolliert 17. 5. 52 und 29. 5. 53 + erl. 25. 4. 55 Ostseite der Insel Malta

---

Neue experimentelle Ergebnisse über Fernorientierung der Tiere

Von Ursula von Saint-Paul, Seewiesen (Oberbayern)

Folgender Aufsatz aus dem Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie erschien in „Die Naturwissenschaften" 45, 1958 (S. 123—125) und wird mit Erlaubnis der Herausgeber und des Verlags Springer hier abgedruckt. Die Verfasserin hat Inhalt und Literaturverzeichnis geringfügig ergänzt.

Im Verlauf der letzten 10 Jahre sind bedeutende Fortschritte in der Analyse der Fernorientierung erzielt worden. Im folgenden sei die Bezeichnung „Fern"-orientierung weitherzig ausgelegt, da oft eine Gemeinsamkeit der Mechanismen die Trennung nach „nah" und „fern" unnatürlich machen würde.

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

A. Die astronomische Orientierung

Bei Arthropoden, Vögeln und Reptilien wurde die Fähigkeit der Orientierung nach Gestirnen aufgedeckt. Visuelle Landmarkenorientierung ist in den meisten Fällen ein ergänzender, fein-einstellender Partner der astronomischen Methode, wie bei Bienen besonders schön gezeigt wurde. Dieser Anteil der Orientierung sei hier nicht näher berücksichtigt.

1. Sonnenorientierung bei Arthropoden

Schon 1898 hatte Bethe (2) gefunden, daß Bienen durch eine „unbekannte Kraft" auch bei verstelltem Stock zu dem Ort im Raum geführt werden, an dem der Stock sonst steht; damit war das Problem gestellt. Die erste entscheidende Entdeckung über Sonnenorientierung geht auf Santschi (26) zurück, der 1911 zeigte, daß man die Laufrichtung von Ameisen willkürlich lenken kann, indem ihnen die direkte Sicht der Sonne durch ein Spiegelbild ersetzt wird. Bruns (4) „Fixierversuch" bestätigte und unterstrich die Zähigkeit, mit der die Ameise an dem einmal anerkannten Winkel zum Strahleneinfall festhält: wird der Lauf der Ameise *(Lasius niger)* eine Zeitlang durch Dunkelhaft unterbrochen, so ändert sich die Laufrichtung um den Winkelbetrag, um den sich das Sonnenazimut geändert hat. Wolf (32) teilte 1927 mit, daß eine der Orientierungsmethoden der Honigbiene in ihrer Sonnenwinkelkonstanz besteht.[1]

K. von Frischs (6a) Untersuchungen über die Orientierung ging aus von der Beobachtung der Bienen im Stock. Honigbienen sind imstande, ihren Stockgenossinnen über Richtung und Entfernung einer Trachtquelle „Mitteilung" zu machen. Eine Richtungsweisung setzte Bezugnahme auf ein gemeinsames geometrisches System voraus, das im Fluggelände und am Ort der Weisung zugänglich ist: Unter freiem Himmel und auf horizontaler Fläche weist die Biene während ihres richtungsanzeigenden Schwänzellaufes direkt in die Trachtrichtung, wobei sie sich auf die Sonnenstellung bezieht. Das bedeutet, daß die Zielrichtung des Schwänzellaufes durch Umspiegeln der Sonne — oder deren Ersatz durch eine künstliche Lichtquelle — experimentell geändert werden kann. Dabei ist die Richtungsweisung nicht an die direkte Sicht der Sonne gebunden. Im extremen Fall genügt der Blick durch ein Stück Ofenrohr ins Himmelsblau. An diese Feststellung knüpfte sich die Entdeckung eines Hilfssystems zur Lokalisation der nicht direkt gesehenen Sonne: der Verteilung der Schwingungsebenen des polarisierten Himmelslichtes (6c). Die gleiche Fähigkeit wurde in der Folge bei vielen Arthropoden nachgewiesen (siehe unten: *Talitrus* u. a.). Dichte Bewölkung verhindert sowohl die direkte als auch die indirekte Ortung der Sonne, jedoch gibt es einen mäßigen Grad der Bewölkung, bei dem die direkte Lokalisation wohl den Bienen, nicht aber dem Menschen gelingt. Nach von Frisch (6e) ist die Sonnenwahrnehmung an einen Wellenbereich von 5000 bis 3000 Å geknüpft. Diese Tatsache ist vorläufig noch eine physikalische Besonderheit, da nach landläufiger Auffassung so kleine Wellenlängen Tröpfchenschichten nicht ungebeugt zu durchdringen vermögen, also auch kein Bild liefern können.

Von weiteren Hilfsmechanismen — Entfernungsschätzung; Umwegverrechnung; Windkorrektur — sei hier nicht die Rede. Doch sei kurz berührt, daß die richtungsweisende Biene auf der *senkrechten* Wabenfläche auf ein anderes Bezugssystem überwechselt, das der Schwerkraft: die Zenitrichtung bedeutet die Richtung der Sonne. Abweichung der Flugrichtung, z. B. ostwärts vom Sonnenstand, wird durch gleich große Abweichung nach links ersetzt. Diese erstaunliche Übersetzung von einem Bezugssystem in das andere wird ihrer Entstehung nach verständlich, wenn

[1] Nach brieflicher Mitteilung von K. von Frisch läßt sich dieser Befund Wolfs nicht bestätigen.

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

man später erschienene Studien über das Zusammenspiel von Licht- und Schwerkraftorientierung bei anderen Insekten berücksichtigt (Vowles 1954, Birukow 1954, Jander 1957).

Soweit, wie bisher dargestellt, ließ sich die Orientierungsmethode der Biene zur Not ohne Einrechnung der Sonnenbewegung verstehen. Jedoch entdeckte Kramer (13b) eine solche bei Vögeln, und von Frisch (6d) teilte mit, daß auch die Bienen die Sonnenbewegung einkalkulieren; nachmittags auf eine Trachtquelle dressierte Bienen suchten nach Stockversetzung am folgenden Morgen überwiegend nach der gleichen Kompaßrichtung die Futterschale. Nach Kalmus (12) ist für die Honigbiene eine erbliche Basis für das Kennen oder Kennenlernen der Sonnenbahn anzunehmen. Die auf der nördlichen Halbkugel beheimatete *Apis mellifica* korrigiert in Brasilien die Sonnenbewegung falsch auch dann, wenn die geprüften Tiere vom Ei ab auf der Südhalbkugel lebten. „Black bees" dagegen, zwar auch eine Zuchtrasse von *A. mellifica*, aber seit Jahrhunderten in Südamerika beheimatet, korrigieren richtig.

Die Schätzung des Sonnenlaufes ist nicht fertig angeboren. Lindauer (16b) zog ein Bienenvolk ohne Sonnensicht auf und dressierte es einen Nachmittag lang unter natürlichen Bedingungen bei gutem Wetter auf Futterempfang in einer bestimmten Himmelsrichtung. Bei Prüfung am nächsten Vormittag erwiesen sich diese Bienen als unorientiert. Nach einer Woche nachmittäglichen Freifluges waren die Bienen teilweise und nach einem Monat waren alle Bienen eines anderen Volkes imstande, den doch nie gesehenen vormittäglichen Teil des Sonnenlaufes zu ergänzen. Durch das Studium primitiverer Bienenarten konnte Lindauer (16a) im rezenten Modell einige Etappen der Evolution der Bienenorientierung und -sprache aufzeigen.

Die Entfernungsschätzung, ein weiteres Element der komplizierten Orientierungsmethode der Biene, war Wolf (32) aus seinen Beobachtungen bekannt. Wie Bethe (2), so beobachtete auch er Ansammlungen suchender Bienen am Orte des Stockes, wenn dieser während des Ausfluges der Bienen verstellt worden war, auch dann, wenn der Stock in Verlängerung der Flugbahn verschoben worden war und auch in optisch ungegliedertem Gelände. Von Frisch fand, daß die Entfernungsschätzung in der Bienensprache zum Ausdruck kommt. Die Schwänzelzeit ist desto länger, je ferner die Trachtquelle liegt. Das Maß für die gemeldete Flugstrecke scheint der Hinweg zu geben (6b). Wolf (32) war auf anderem Wege zum gleichen Ergebnis gekommen. Heran (8) vervollständigte diese Beobachtung dahin, daß Wind, Bodenneigung und Temperatur von Einfluß auf die Entfernungsmeldung sind und vermutet, daß der Kraftaufwand des Hinfluges gemessen wird.

Versuche von Pardi und Papi an dem Strandkrebschen *Talitrus saltator* lösten eine Frage, die schon durch Verweys Beobachtungen (29) gestellt war. *Talitrus* bewohnt eine Zone bestimmter Feuchtigkeit am Meeresstrand. Entfernt man ihn daraus seewärts oder landeinwärts, so strebt er besonders bei trockener Hitze auf kürzestem Wege in sein Optimalgebiet zurück. Da die Fluchtrichtung sehr stabil ist, können frisch gefangene Tiere sofort zu Versuchen verwendet werden. Jede Population hat ihre eigene Fluchtrichtung, und diese Starrheit bringt es erwartungsgemäß mit sich, daß Krebschen von der italienischen Westküste, die an die adriatische Küste gebracht und in Trockensituationen geprüft wurden, landeinwärts — also falsch — fliehen.

Die Krebschen orientieren sich dabei nach der Sonne. Durch Spiegel wird der Fluchtweg in voraussagbarer Weise abgelenkt. Bei bewölktem Himmel sind die Tiere unorientiert. Die Fluchtrichtung läßt sich bei Ausschluß direkter Sonnensicht durch künstlich polarisiertes Licht beeinflussen. Die Sonnenbewegung wird eingerechnet, denn die Orientierung ist über den ganzen Tag die gleiche. (Allerdings

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

treten konstante Fehler in „Berechnung" der Winkelgeschwindigkeit auf, die von der Tageszeit sowohl als auch von der Jahreszeit abhängig sind.) Auch eine Orientierung nach dem Mond wurde festgestellt (20).

Ähnliche Sonnenorientierung zeigen weiter verschiedene uferbewohnende Arthropoden (Asseln, Amphipoden, Käfer, Spinnen [21, 22]) und der Wasserläufer *Velia* (3). Auch Ameisen können die Sonnenbewegung einberechnen (10). Nur im Frühjahr, ehe Ameisen ihr Nest nach der Winterruhe verlassen haben, stellte JANDER die von BRUN beschriebene Winkelkonstanz zur Sonne fest.

2. Die astronomische Orientierung der Vögel

KRAMERS Beobachtung, daß nächtlich ziehende und am Tage ziehende Vögel (13a) im beschränkten Raum eines Käfigs konstante Richtungstendenzen erkennen lassen, führte zur Entdeckung der Sonnenorientierung des Stares, wobei polarisiertes Licht keine Rolle spielt. Da die Sonnenabhängigkeit des im Käfig zugaktiven Stares einerseits klar bewiesen war — eine durch Spiegel verstellte Sonne ändert die Aktivitätsrichtung erwartungsgemäß, bei bedecktem Himmel fehlt jede Richtungnahme —, andererseits aber die Richtungstendenz, welche über mehrere Stunden anhielt, konstant blieb, war hier von vornherein klar, daß die Sonnenbewegung berücksichtigt wird. Dressur auf bestimmte Himmelsrichtungen bewies dies noch deutlicher (14a).

Zur Frage, ob der astronomisch-mathematische Vorgang der Einrechnung der Sonnenbahn ererbt oder erlernt ist, liegen bis heute sich widersprechende Antworten vor. Einerseits zeigte ein von HOFFMANN (9a) sonnenlos aufgezogener Star bei Anwendung der Dressurmethode die wenn auch etwas fehlerhafte Berechnung der Sonnenbewegung unter der „künstlichen Sonne". Andere unter gleichen Bedingungen aufgezogene Jungstare wählten dagegen bei jeder Tageszeit sonnenwinkelkonstant. Andere Vögel verhielten sich wechselnd. Es ist also mindestens möglich, daß der Tagesgang der nie gesehenen Sonne in Rechnung gesetzt wird.

Die Sonnenorientierung — bisher aufgezeigt bei Star, Brieftaube, *Sturnella*, Neuntöter und einer Grasmückenart — liefert eine hinreichende Erklärung für gerichteten Zug bei Tage, wenigstens für das Zugverhalten von erstmals ziehenden Vögeln. Daß bei Altvögeln die Verhältnisse wenigstens teilweise komplizierter sein müssen, zeigen Starverfrachtungsversuche deutlich (23). Während Jungstare nach Querversetzung parallel zum normalen Zugweg ihrer Art weiterflogen, zeigten Altstare eine deutliche Tendenz, die erlittene Versetzung zu korrigieren. Das Verhalten dieser Altvögel verrät also *Ziel*orientierung.

Am verblüffendsten ist der Befund SAUERS (27), daß die nachts ziehenden Grasmücken im Planetarium in der Richtung orientiert waren, die der tatsächlichen Zugrichtung der geprüften Art entsprach, sowohl im Herbst als auch im Frühjahr. Selbst Vortäuschung einer Längen- oder Breitenversetzung bewirkte eine sinngemäße Abänderung der Zugrichtung. Die Sternen-Orientierung der Grasmücken ist somit eine regelrechte Zwei-Koordinaten-„Navigation", nicht eine bloße Richtungsorientierung nach dem Azimutstand der Gestirne, wie sie für die Sonnenorientierung der Vögel und der Arthropoden bisher ausschließlich beweisbar war.[2]

B. Ungelöste Fragen der Vogelorientierung

Das Aufsuchen des artgemäßen Winterquartiers durch querversetzte alte Stare im Gegensatz zum nicht korrigierten Parallelfliegen von Jungstaren sowie die Heimfindeleistungen von verfrachteten Seeschwalben, Möwen, Singvögeln, Sturmvögeln und schließlich von Brieftauben ist grundsätzlich einer Erklärung durch Sonnen-

[2] Über die Versuche von F. und E. SAUER siehe auch dieses Heft S. 214.

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

navigation zugänglich. Von verschiedenen Seiten wurde auch die Sonnennavigation als Erklärung für diese Leistungen herangezogen (18), doch haben sich neuerdings Beweise gegen Sonnennavigation ergeben (13c, d). Die Sicht der Sonne ist z. B. nicht nur für Heimkehr aus großen Entfernungen wesentlich, sondern auch bei Kurzstrecken, bei denen astronomische Navigation von vornherein ausscheiden muß. Im Winter bricht ferner das Orientierungsvermögen bei Tauben weitgehend zusammen (14b, 30). Es unterliegt schließlich einem „Richtungseffekt"; z. B. beobachtet man in North Carolina (USA), daß Tauben von Norden schlechter heimkehren als von jeder anderen Himmelsrichtung (15), in Wilhelmshaven dagegen sind von Osten her die Heimkehrleistungen am schlechtesten. Einiges spricht dafür, daß auch die Nahorientierung bis herab zu 10 km und weniger nicht ausschließlich visuelle Landschaftsorientierung ist. Wir sehen vorläufig keinen Grund, diese unbekannte Art der Nahorientierung von einer ebenfalls unbekannten Fernorientierung zu trennen. Erwähnt sei schließlich, daß Precht (24) über eine Orientierung von Möwen in Richtung zum Nest berichtet, die keiner Erklärung auf bekannter Grundlage zugänglich erscheint.

C. Versuche an weiteren Wirbeltieren

Kramers (13d) vorläufige Vorstellung von der Zerlegbarkeit der Zielorientierung in zwei Schritte, die Feststellung der geographischen Position relativ zum Heimatort und Verwendung des Sonnenkompasses, welcher seine Bedeutung auch bei kurzen Strecken behält, erfährt neuerdings eine Stütze durch E. Goulds Versuche an der Landschildkröte *Terrapene c. carolina* (7). Die Schildkröten laufen auf Entfernungen von 1/2 bis 9 km ihr Heimatgebiet gezielt an, wenn die Sonne scheint; bei bedecktem Himmel hingegen wandern sie ungerichtet. Eine Orientierung nach Kennmarken in der Landschaft wurde ausgeschlossen.

H. Mueller (19) hat neuerdings Untersuchungen an Fledermäusen durchgeführt, welche die schon früher vertretene Meinung vom gerichteten Heimflug zum Winterquartier oder zur Übernachtungshöhle festigen. Optische Orientierung scheidet bei Fledermäusen gewiß aus, außerdem hat Mueller einem Teil seiner Versuchstiere die Augen mit Kappen überklebt. Da Schall-Lokalisation der Fledermäuse nur eine Reichweite von wenigen Metern hat, ist nicht damit zu rechnen, daß sie der Fledermaus beim Heimfinden aus 90 km oder gar aus 170 km (Griffin) dient.

Im Grunde sieht das Unbekannte bei der Orientierung der Vögel und Schildkröten nicht anders aus als das, was auch bei Katzen (25), Mäusen (17) und Fledermäusen gleichfalls unbekannt ist, denn der Sonnenkompaß, welcher den ersteren verfügbar ist, darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß die Positionsbestimmung, welche die Voraussetzung für die Anwendung des Kompasses ist, der unerläßliche erste Schritt ist.

D. Versuche zur Zergliederung des Mechanismus der Sonnenorientierung

Das Orientiertsein über die Himmelsrichtung mit Hilfe der wandernden Sonne setzt ein „Wissen" über den Sonnengang *und* über die Tageszeit voraus. Dieser zweite Mechanismus, die „innere Uhr", ist experimentell beeinflußbar. Durch künstlich geregelten Hell-Dunkel-Wechsel kann sie z. B. beim Star verstellt werden, so daß sich auch die Richtungsanzeige des dressierten Vogels entsprechend ändert (9b). Gleiches gilt für den Strandkrebs (20b) und die Brieftaube (28). Bei letzterer kommt die Richtungsänderung zum Ausdruck, wenn man die Abflugrichtungen verfrachteter Tauben mit verstellter „Uhr" mit solchen von Tauben, die im normalen Tag-Nacht-Wechsel leben, vergleicht.

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

Es besteht heute kein Zweifel mehr daran, daß diese innere Uhr auf einem endogenen rhythmischen Vorgang noch unbekannter Natur beruht, der ungefähr im 24-Stunden-Takt abläuft und durch Einwirkungen des Erdumlaufs genauer synchronisiert wird (1).

E. Chemische „Fern"orientierung bei Fischen und Amphibien

Eine besondere Methode, den Laichplatz zu finden, entdeckten Hasler und Wisby (31) beim Lachs *(Oncorhynchus kisutch)*. Die Tiere, die zum Laichen in Flüsse aufsteigen, finden ihren Geburtsfluß mit großer Präzision auch dann, wenn es einer der zahlreichen Nebenflüsse eines Hauptstromes ist. In Laborversuchen mit anderen Fischen war die große Empfindlichkeit der chemischen Wahrnehmung schon zutage getreten, die hinreichte, um individuelle Wassergerüche zu erkennen. Im Freilandversuch wurden dann frisch am Laichplatz angekommene Lachse gefangen und unterhalb der nächsten Flußgabel erneut eingesetzt, nachdem einem Teil dieser Fische die Nasenöffnungen verstopft waren. Obwohl die Fische kurz vorher diesen Weg geschwommen waren, verteilen sich die Lachse mit den verschlossenen Nasen zufallsmäßig auf beide Teilflüsse, die unbehandelten Tiere hingegen wählten wiederum den Flußlauf, aus dem sie gefangen worden waren. Damit ist wahrscheinlich die Frage der Lachsorientierung vom Augenblick des Eintrittes aus dem Meer in die Flußmündung beantwortet.

Gezielte Laichwanderung unternehmen auch Erdkröten (5, 11). Verfrachtungen von am Laichplatz bereits angekommenen Kröten ergaben Rückkehrer bis zu einer Entfernung von 700 m. Gebietsfremde Tiere zeigten keine Orientierung zum gleichen Gewässer. Im Laborversuch ergab Anströmen mit feuchter Luft + Duftstoff des Laichgewässers eine positive, bei Anströmen mit feuchter Luft allein keine Reaktion der Tiere. Derartige chemische Wegleitung setzt ein festes Behalten eines spezifischen Geruches über lange Zeit, eine „Prägung" in früher Jugend, voraus.

Literatur

1. Aschoff, J.: Naturwiss. 41, 49 (1954). — **2.** Bethe, Al.: Arch. Physiol. 70 (1898). — **3.** Birukow, G.: Z. Tierpsych. 13, 463 (1957). — **4.** Brun, R.: Die Raumorientierung der Ameisen. Jena, Georg Fischer 1914. — **5.** Eibl-Eibesfeld, I.: Behaviour 2, 217 (1950). — **6.** Frisch, K. von: a) Österr. zool. Z. 1, 1 (1946). b) Naturwiss. 35, 12 (1948). c) Experientia (Basel) 5, 192 (1949). d) Verh. Dtsch. Zool. Ges. in Freiburg, S. 58. Leipzig 1952. e) Bayer. Akad. Wiss. München 1954, 197. — **7.** Gould, E.: Biol. Bull. 112, 336 (1957). — **8.** Heran, H.: Z. vergl. Physiol. 38, 168 (1956). — **9.** Hoffmann, K.: a) Naturwiss. 40, 148 (1953). b) Z. Tierpsych. 11, 453 (1954). — **10.** Jander, R.: Z. vergl. Physiol. 40, 162 (1957). — **11.** Jungfer, W.: Z. Morph. Ökol. Tiere 40, 117 (1943). — **12.** Kalmus, H.: J. Exp. Biol. 33, 554 (1956). — **13.** Kramer, G.: a) Naturwiss. 37, 188 (1950). b) X^th Intern. Ornith. Congress, Upsala, S. 269, 1950. c) J. Ornith. 96, 173 (1955). d) Ibis 99, 196 (1957). — **14.** Kramer, G., und U. von St. Paul: a) Naturwiss. 37, 526 (1950). b) J. Ornith. 97, 353 (1956). — **15.** Kramer, G., J. G. Pratt und U. von St. Paul: Science (Lancaster, Pa.) 123, 329 (1956). — **16.** Lindauer, M.: a) Z. vergl. Physiol. 38, 521 (1956). b) Naturwiss. 44, 1 (1957). — **17.** Lindenlaub, E.: Z. Tierpsych. 12, 452 (1955). — **18.** Matthews, G. T. V.: Bird Navigation. Cambridge, Univ. Press 1955. — **19.** Mueller, H. C., und J. T. Emlen: Science (Lancaster, Pa.) 126, 307 (1957). — **20.** Pardi, L., und F. Papi: a) Naturwiss. 39, 262 (1952). b) Z. vergl. Physiol. 35, 490 (1953). — **21.** Papi, F.: Atti Soc. Toscana Sci. Nat. Pisa 62, 83 (1955). — **22.** Pardi, L.: a) Z. Tierpsych. 11, 175 (1954). b) Boll. Ist. Mus. Zool. Univ. Torino 5, 1 (1955). — **23.** Perdeck, A. C.: Orientatieproeven Jaarsverslag Vogeltrekstation Texel, Bd. 3 (1953). — **24.** Precht, H.: a) Naturwiss. 43, 406 (1956). b) J. Ornith. 97, 377 (1956). — **25.** Precht, H., und E. Lindenlaub: Z. Tierpsych. 11, 485 (1954). — **26.** Santschi, F.: Rev. suisse Zool. 19, 303 (1911). — **27.** Sauer, F.: Z. Tierpsych. 14, 29 (1957). — **28.** Schmidt-Koenig, K.: Naturwiss. 45, 47 (1958). — **29.** Verwey, J.: Xe Congr. Intern. Zool., S. 1156, 1929. — **30.** Wallraff, H. G.: Naturwiss. 44, 568 (1957). — **31.** Wisby, W. J., und A. D. Hasler: J. Fish. Res. Board Canada 11, 472 (1954). — **32.** Wolf, E.: Z. vergl. Physiol. 3, 615 (1926); 6, 221 (1927).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Vogelwarte - Zeitschrift für Vogelkunde

Jahr/Year: 1957/58

Band/Volume: 19_1957

Autor(en)/Author(s): Saint-Paul Ursula

Artikel/Article: Neue experimentelle Ergebnisse über Fernorientierung der Tiere 193-198