

FORSCHUNGSBERICHTE DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN

Nr. 2354

Herausgegeben im Auftrage des Ministerpräsidenten Heinz Kühn
vom Minister für Wissenschaft und Forschung Johannes Rau

Dipl. -Ing. Achim Leutz

Institut für Flugführung und Luftverkehr
der Techn. Universität Berlin
Forschungsleiter Prof. Dr. -Ing. Edgar Rößger
Projektleiter: Prof. Dr. -Ing. Ralf Priebes

Über Ortungs- und Navigationsverfahren
bei Tieren

Ein komplexes natürliches Ortungs- und
Navigationsverfahren dargestellt am
Beispiel der Honigbiene



Westdeutscher Verlag 1975

© 1975 by Westdeutscher Verlag GmbH, Opladen
Gesamtherstellung: Westdeutscher Verlag

ISBN 978-3-531-02354-0

ISBN 978-3-322-88075-8 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-322-88075-8

Über Ortungs- und Navigationsverfahren bei Tieren

Inhaltsverzeichnis

0. Zusammenfassung	6
1. Vorwort	7
2. Über die Notwendigkeit der Ortung und Navigation bei Tieren	9
2.1 Zum Begriff Ortung	9
2.1.1 Passive Ortung	11
2.1.2 Aktive Ortung	11
2.1.3 Eigenortung	11
2.1.4 Fremdortung	12
2.2 Zum Begriff Navigation	12
2.3 Physikalische Grundlagen der Ortung und Navigation	12
2.3.1 Statische Felder	14
2.3.2 Schwingungen und elektromagnetische Strahlung	14
3. Die Informationsverarbeitung im Organismus	17
3.1 Informationsaufnahme	17
3.2 Informationsleitung	18
3.3 Informationsverarbeitung	22
4. Über die von Tieren benutzten Verfahren zur Eigenortung	28
4.1 Lagebestimmung	28
4.1.1 Lagebestimmung im Schwerfeld	28
4.1.2 Lagebestimmung bezüglich optischer Referenzen	29
4.2 Richtungsbestimmung	30
4.2.1 Richtungsbestimmung bezüglich des Schwerkraftvektors	30
4.2.2 Richtungsbestimmung bezüglich optischer Referenzen	33
4.2.2.1 Sonnenkompaß	33
4.2.2.2 Polarisationskompaß	36

4.3	Geschwindigkeitsbestimmung	41
4.3.1	Optische Geschwindigkeitsbestimmung	43
4.3.2	Mechanisch -akustische Geschwindigkeitsbestimmung	44
4.3.3	Bestimmung der Winkelgeschwindigkeit	45
4.4	Beschleunigungsbestimmung	47
4.4.1	Lineare Beschleunigungen	50
4.4.2	Winkelbeschleunigungen	50
5.	Über die von Tieren benutzten Verfahren zur Fremdortung	51
5.1	Die akustische Fremdortung	53
5.1.1	Die passive akustische Fremdortung	53
5.1.1.1	Entfernungsbestimmung	53
5.1.1.2	Direkte Richtungsbestimmung	53
5.1.1.2.1	Einfache Mechanorezeptoren	55
5.1.1.2.2	Das Johnstonsche Organ	55
5.1.1.2.3	Tympanalorgane	56
5.1.1.3	Indirekte Richtungsbestimmung	57
5.1.1.3.1	Ausnutzung des Schallschattens	59
5.1.1.3.2	Binaurale Zeitdifferenzbestimmung	59
5.1.2	Die aktive akustische Fremdortung	60
5.1.2.1	Das Ortungsverfahren des Taumelkäfers (Gyrinus substriatus)	61
5.1.2.2	Die Ultraschallortung der Fledermäuse	64
5.1.2.2.1	Über die Art der Ultraschallsignale	64
5.1.2.2.2	Das Ortungsverfahren der großen Hufeisennase	67
5.1.2.2.3	Bioholografie	69
5.1.2.3	Die Unterwasserschallortung (Sonar)	71

5.2	Andere Fremdortungsverfahren	72
5.2.1	Die optische Fremdortung	72
5.2.1.1	Das optische Fremdortungsverfahren der Gottes- anbeterin (Mantis)	73
5.2.2	Die thermische Fremdortung	74
5.2.3	Die Fremdortung mit Hilfe elektrischer Felder	75
6.	Über Navigationsverfahren von Tieren	79
6.1	Allgemeine Betrachtung	79
6.2	Über die Zeitbestimmung	80
6.3	Nichtautonome Navigationsverfahren	82
6.4	Autonome Navigationsverfahren	85
7.	Schlußbemerkung	87
8.	Bildverzeichnis	88
9.	Literaturverzeichnis	90

0. Zusammenfassung

Ausgehend von allgemeinen Überlegungen über die Wechselbeziehung zwischen Biologie und Technik wird auf Analogien zwischen Natur und Technik insbesondere auf dem Gebiet der Ortung und Navigation hingewiesen. Nach eingehenden Begriffserläuterungen werden die für die Ortung und Navigation notwendigen Voraussetzungen bei Lebewesen anhand der Aufnahme, Leitung und Verarbeitung von Informationen beschrieben. Es wird sodann versucht, natürliche Ortungsverfahren und -prinzipien nach technischen Gesichtspunkten und nach dem physikalischen Grundvorgang zu ordnen.

Aus der Vielzahl existierender Ortungsverfahren und -prinzipien werden einige typische Beispiele erläutert und die Grundmechanismen dargestellt.

Mit der gewählten Darstellungsform soll versucht werden, die enge Verwandtschaft der natürlichen und technischen Ortungsverfahren, denen dasselbe physikalische Prinzip zugrunde liegt, aufzuzeigen.

Zum Abschluß wird auf die Problematik bei der Untersuchung der Navigationsverfahren von Tieren hingewiesen. Einige dieser Verfahren werden beschrieben.

1. Vorwort

Für eine geordnete Bewegung im Raum ist es für Lebewesen erforderlich, daß sie ständig in der Lage sind zu wissen, wo sie sich gerade befinden, wo das Ziel liegt, zu dem sie gelangen wollen oder der Ausgangsort, zu dem sie zurückkehren möchten.

Als Bezug hierfür dienen Umweltreize der unterschiedlichsten Natur, die sinnvoll ausgewählt, aufgenommen und verarbeitet werden müssen, um die gestellte Aufgabe lösen zu können.

Dasselbe gilt auch für den Menschen, ob er sich nun "zu Fuß" oder mit technischen Verkehrsmitteln bewegt. Dabei wäre es gerade im letzten Fall schlecht um ihn bestellt, wollte er sich nur auf seine eigenen "fünf Sinne" verlassen, zumal er sich mit den modernen Verkehrsmitteln immer weiter aus seinem eigentlichen Lebensraum entfernt.

Das Studium der einschlägigen Literatur zeigt, daß die Natur, insgesamt gesehen, eine Vielfalt von Möglichkeiten hervorgebracht hat, wie man sich an den vorhandenen Umweltreizen orientieren kann, wobei es Methoden und Verfahren gibt, die teilweise jenseits des Vorstellungsvermögens des Menschen liegen, da seine eigenen Fähigkeiten auf diesem Gebiet doch recht begrenzt sind.

Erst mit Hilfe der Technik konnte er sich neue Orientierungshilfen schaffen, die er aber zum Teil nur für sich neu entdeckt hat, weil sie von anderen Lebewesen bereits seit Jahrmillionen benutzt werden. Dies konnte aber erst festgestellt werden, nachdem Biologen mit immer besseren und empfindlicheren Meßgeräten ausgerüstet wurden. Dabei wird es deutlich, daß die Zusammenarbeit zwischen Technikern und Biologen gerade auf diesem Gebiet wertvolle Anregungen für die Entwicklung technischer Geräte und Verfahren für die Ortung und Navigation liefern kann.

Dazu ist es aber notwendig, sich erst einmal einen Überblick zu verschaffen über die Ortungs- und Navigationsprinzipien, wie sie von Lebewesen verwendet werden, um die vielfältigen Möglichkeiten zu sehen.

Es soll daher der Versuch unternommen werden, die vorhandene Literatur systematisch aus technischer Sicht zu ordnen.

Die Auswertung der vorhandenen Literatur gestaltete sich sehr umständlich und zeitraubend, da die das Thema betreffenden Aufsätze und Untersuchungen in einer Vielzahl von verschiedenen Zeitschriften und Büchern veröffentlicht worden sind, die zu beschaffen, nicht immer leicht, wenn nicht gar unmöglich war. Dies trifft insbesondere für Veröffentlichungen aus der UdSSR zu, wo mit Sicherheit sehr viel, ebenso wie in den USA, auf dem Gebiet der Ortung und Navigation bei Lebewesen gearbeitet wird.