

## Zum Farbunterscheidungsvermögen der Honigbiene bei niedrigen Umgebungshelligkeiten

Colour Discrimination of the Honey Bee at Low Light Intensities

Gerhard Pflughöft

Institut für Allgemeine Zoologie, der Freien Universität Berlin, Arbeitsgruppe Bienenforschung, Königin-Luisse-Str. 1-3, D-1000 Berlin 33

Z. Naturforsch. 35 c, 1114-1116 (1980); received July 21/August 26, 1980

Colour Vision, Achromatic Vision, Low Light Intensities, Honey Bee, Training Experiments

Homing foragers of the honey bee (*Apis mellifera carnica*) were tested for discrimination of colour marks presented to them at the hive entrance. At a low rate of natural illumination the bees were not able to distinguish the coloured (yellow, blue) marks from those with a corresponding gray. However, their general orientation was not disturbed. From this the conclusion is drawn that at low light intensities bees have an achromatic vision besides their known colour vision at higher intensities.

Daß Bienen Farben sehen können, ist seit den grundlegenden Versuchen von Frischs [1] bekannt. Das trichromatische Farbsehsystem dieser Tiere ist seitdem in weiteren Arbeiten elektrophysiologischer und verhaltensphysiologischer Art untersucht worden (z. B. Kühn [2], Daumer [3], Autrum und von Zwehl [4], von Helversen [5]). Ungeklärt ist jedoch die Frage, ob Bienen auch bei sehr niedrigen Helligkeiten, d. h. im Bereich ihrer Wahrnehmungsschwelle, Farben unterscheiden können. Da spezielle Dämmerungslichtrezeptoren bei der Honigbiene nicht bekannt sind, könnte man vermuten, daß die Tiere in der Lage sind, bis an ihre Sehschwelle Farben zu unterscheiden. Andererseits ist es denkbar, daß noch nicht genau bekannte Mechanismen vorhanden sind, die eine Verschiebung von einem photopischen zu einem skotopischen Sehen ermöglichen.

In Verhaltensuntersuchungen soll hier versucht werden, Aufschluß darüber zu gewinnen, ob Bienen bei niedrigen Lichtintensitäten Farben (Pigmentfarben) voneinander unterscheiden können.

Die Untersuchungen wurden im Sommer 1978 an Arbeiterinnen der Honigbiene *Apis mellifera carnica*

Reprint requests to G. Pflughöft  
0341-0382/80/1100-1114 \$ 01.00/0

vorgenommen (Pflughöft [6]). Dabei wurden jeweils eine blaue und eine gelbe Farbkarte gegen eine Graukarte bei unterschiedlichen Umgebungshelligkeiten getestet.

Farbensehen wird definiert als die Fähigkeit eines Tieres, visuelle Reize nur auf der Grundlage chromatischer Unterschiede unabhängig von etwaigen Differenzen in der Helligkeit und Sättigung zu unterscheiden. Daher war es erforderlich, Helligkeits- und Sättigungsunterschiede der gegeneinander zu testenden Farbkarten auszuschließen. Aus diesem Grunde wurden in Vorversuchen Bienen an einem Futterplatz auf Blau bzw. Gelb dressiert und nacheinander gegen elf verschiedene Graustufen getestet. Die beiden Graustufen, die am meisten mit Blau bzw. Gelb verwechselt wurden, fanden in den Hauptversuchen Verwendung. Bei den Farbkarten handelte es sich um 4×4 cm große Tafeln aus Pappe, deren spektrale Remission mit einem Spektralphotometer gemessen wurde. Aus den Remissionskurven (Abb.1) ist zu ersehen, daß die Remission im UV-Bereich für die in den Hauptversuchen verwendeten Graustufen sehr schwach ist. Daher ist zu folgern, daß die Graukarten den Bienen mehr blaugrün erschienen. Weiß ohne UV-Anteil wirkt auf die Biene wie ungesättigtes Blaugrün (Daumer [3]).

Die Daten für die Hauptversuche wurden durch eine Stockeingangsressur in einem Versuchsräum bei natürlichem Licht gewonnen. Der Bienenstock befand sich gegenüber dem Fenster, durch das die Bienen in das Zimmer flogen. Vor den Stock war eine mit Bleiweiß bestrichene 80×100 cm große Platte montiert, die zwei Einfluglöcher enthielt, hinter denen zwei Plexiglasrohre zur Beute führten. Über diesen Einflugöffnungen waren die Farbkarten austauschbar befestigt. Nun wurden individuell markierte Bienen, die an einem künstlichen Futterplatz kontinuierlich sammelten, auf die blaue bzw. gelbe Farbkarte am Stockeingang dressiert, indem unter der Farbkarte der Eingang geöffnet, unter der alternativen Graukarte dagegen verschlossen war. Ortsdressuren wurden durch ständiges Vertauschen der Karten vermieden. In der Testsituation waren beide Eingänge geöffnet, und die jeweils einschlüpfenden Bienen der Sammelschar wurden gezählt. Dabei wurden neue Farbkarten verwendet, um eine Orientierung nach Duftmarken auszuschließen. Nach dem zeitlich begrenzten Test (10 min) wurde neu dressiert, um eine Addressur zu vermeiden. Die Versuche wurden zu verschiedenen Tageszeiten durch-



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

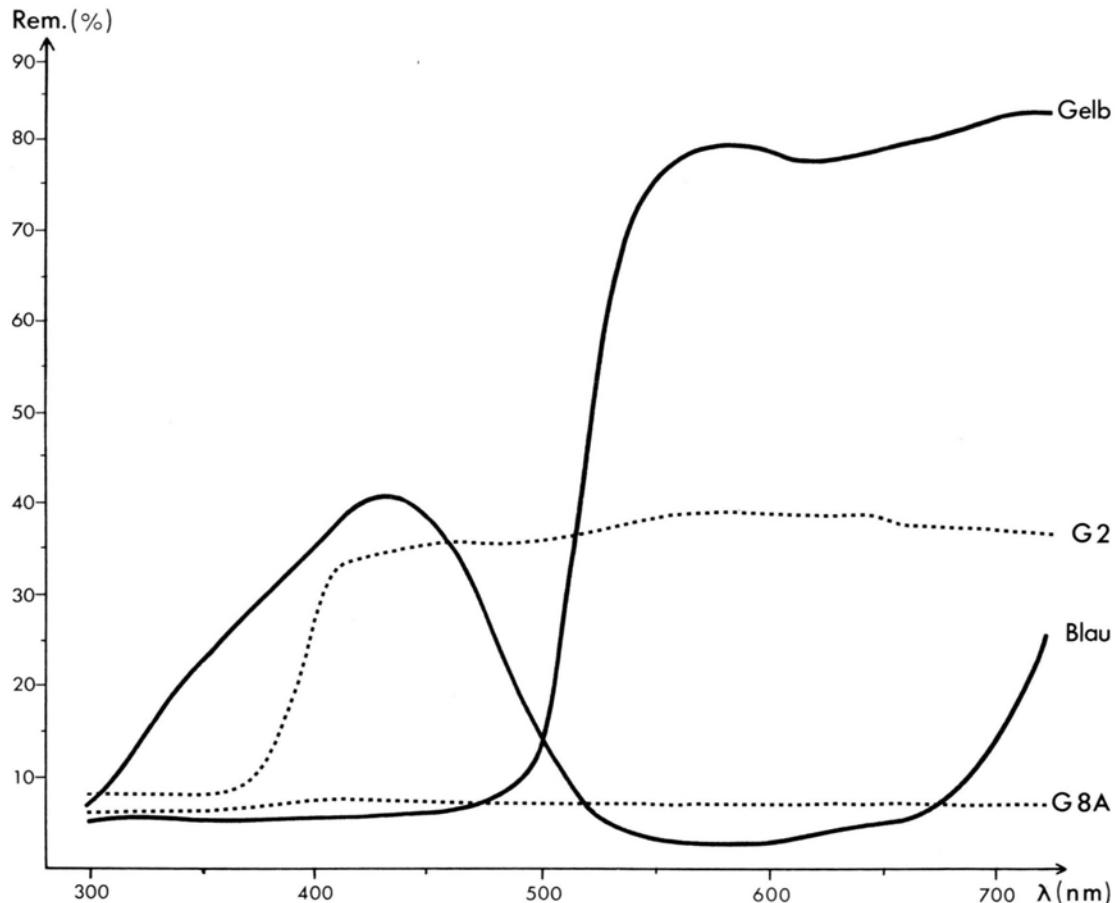


Abb. 1. Remissionskurven der Dressurfarben Gelb und Blau sowie der in den Hauptversuchen gegen Gelb und Blau getesteten Graustufen G 2 und G 8 A.

geführt, um Ergebnisse bei unterschiedlichen Lichtintensitäten zu erhalten. Das Schwergewicht war jedoch auf die Dämmerung verlegt.

Die Methode der Stockeingangsdressur in einem Raum wurde verwendet, um Daten bei möglichst niedrigen Umgebungshelligkeiten zu erzielen. Im Versuchsräum war es natürlich dunkler als unter freiem Himmel, jedoch nicht in dem Maße, daß die Tiere infolge von Adaptationsphänomenen Orientierungsschwierigkeiten hatten. Futterplatzdressuren wurden vermieden, da die Bienen in diesem Falle nicht in das Zimmer flogen, wenn eine bestimmte Lichtintensität unterschritten wurde. Die Lichtintensitäten wurden in kurzen regelmäßigen Abständen an einem definierten Punkt vor der Versuchswand mit einem Luxmeter gemessen.

Die blaue Farbkarte wurde gegen die in den Vorversuchen ermittelte Graustufe 8 A, die gelbe Farbkarte gegen die Graustufe 2 getestet. Die Ergebnisse sind aus Abb. 2 ersichtlich.

Ein Unterscheidungsvermögen der blauen von der grauen Karte konnte bei Lichtintensitäten zwischen 0 und 12 Lux unter den gegebenen Versuchsbedingungen nicht nachgewiesen werden (Prüfung auf Signifikanz mit dem  $\chi^2$ -Anpassungstest). Die Wahltendenzen lagen in diesem Bereich zwischen 50 und 60%. Ein Unterscheidungsvermögen des verwendeten Gelb von der dagegen getesteten Graustufe war für den Bereich von 0 bis 2 lux nicht zu ermitteln (Wahlhäufigkeit 50%). Allerdings war die Zahl der Anflüge mit  $n=14$  nicht sehr hoch. In diesem Intensitätsbereich sind nur schwerlich hohe Anflugzah-

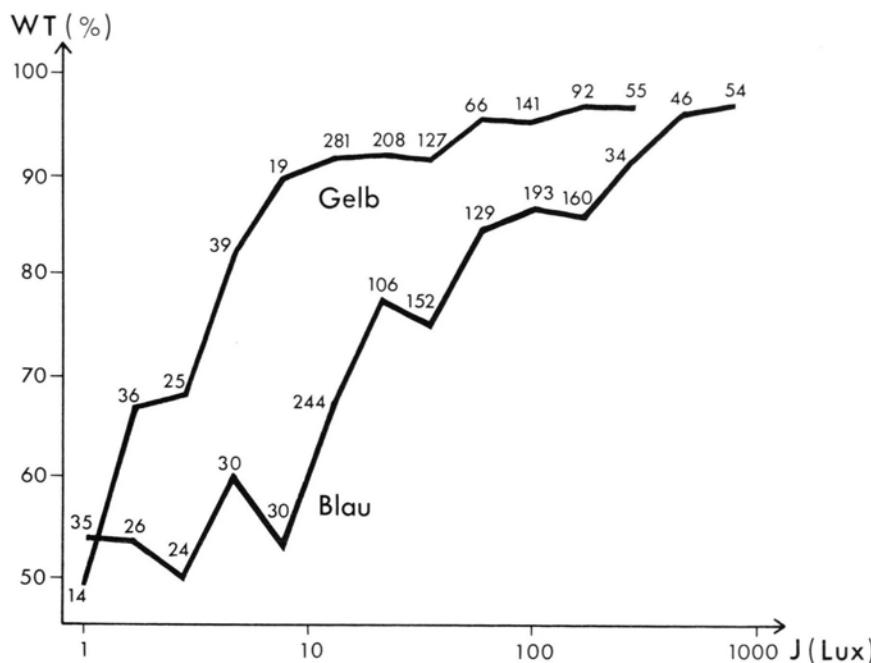


Abb. 2. Wahltendenz der Bienen nach einer Gelb- bzw. Blaudressur für Gelb gegen die Graustufe 2 und Blau gegen die Graustufe 8 A in Abhängigkeit von der Umgebungshelligkeit. Die Zahlen an den Kurven geben die für die entsprechenden Kurvenpunkte erhaltenen Entscheidungen an.

len zu erreichen, da die Tiere bei zu geringer Außenhelligkeit nicht mehr am Futterplatz verkehren sondern im Stock bleiben (Schricker [7]). Bei der Kurve für Gelb sind Werte über 80% bei 7 lux, 90% bei 9 lux erreicht. Die vergleichbaren Wahltendenzen finden sich bei der Blaukurve erst bei 80 bzw. 500 lux. Der Unterschied in den Wahltendenzen der beiden Kurven ist für den Bereich von 7–300 lux signifikant (Prüfung mit dem  $\chi^2$ -Test in einer  $2 \times 2$ -Tafel).

Die Ergebnisse zeigen, daß Bienen bei niedrigen Helligkeiten anscheinend nicht mehr in der Lage sind, Farben einwandfrei voneinander zu unterscheiden, obwohl sie sich durchaus noch orientieren können. Das deutet darauf hin, daß Bienen einen achromatischen Sehbereich haben, und mit zwei Schwellen – einer für Farbensehen und einer für achromatisches Sehen – ausgestattet sind. Dieser Effekt

könnte darauf beruhen, daß bei Schwachlicht alle Farbrezeptoren ihre Erregung summieren.

Der unterschiedliche Verlauf der beiden erhaltenen Kurven zeigt, daß die Schwellen zwischen chromatischer und achromatischer Wahrnehmung für Gelb und Blau unter den gegebenen Versuchsbedingungen nicht im gleichen Helligkeitsbereich lagen. Das ist zum Teil sicher darauf zurückzuführen, daß die Gelbkarte heller als die Blaukarte war und daher bei gleichen Umgebungshelligkeiten mehr Quanten remittierte. Es sollte aber auch in Betracht gezogen werden, daß die chromatische Empfindlichkeitschwelle der verschiedenen Rezeptortypen unterschiedlich sein kann.

In diesem Zusammenhang sei auf neue Versuche von Rose und Menzel [8] verwiesen, die mit einer etwas anderen Methode zu ähnlichen Ergebnissen gelangt sind.

- [1] K. v. Frisch, Zool. Jb. Physiol. **35**, 1–188 (1914/15).
- [2] A. Kühn, Z. vgl. Physiol. **5**, 762–800 (1927).
- [3] K. Daumer, Z. vgl. Physiol. **38**, 413–478 (1956).
- [4] H. J. Autrum und V. v. Zwehl, Z. vgl. Physiol. **48**, 357–384 (1964).

- [5] O. v. Helversen, J. Comp. Physiol. **80**, 439–472 (1972).
- [6] G. Pflughöft, Diplomarbeit Fachbereich Biologie d. Freien Universität Berlin 1978.
- [7] B. Schricker, Z. vgl. Physiol. **49**, 420–458 (1965).
- [8] R. Rose und R. Menzel, in Vorbereitung.