

Themenbereich „Physiologie“

• Vortrag

Wiltshko W & Wiltshko R (Frankfurt am Main):

Der Magnetkompass der Vögel

✉ Wolfgang Wiltshko, FB Biowissenschaften der J.W. Goethe-Universität Frankfurt, Siesmayerstraße 70, 60054 Frankfurt am Main; E-Mail: wiltshko@bio.uni-frankfurt.de

In den letzten Jahrzehnten wurde ein Magnetkompaß bei einer Reihe von Vogelarten mit Hilfe von verschiedenen Verhaltensweisen nachgewiesen. Meist wurden Zugvögel während der Zugzeit getestet, wenn sie spontan in ihre Zugrichtung streben. Diese Tendenz ist so stark, dass sie auch in Käfigen zum Ausdruck kommt, und bietet damit eine solide Grundlage für entsprechende Versuche. Die Richtungstendenzen von Zugvögeln werden in geeigneten runden Käfigen im Erdmagnetfeld und in einem Magnetfeld mit experimentell geänderter Nordrichtung aufgezeichnet; eine entsprechende Drehung der Richtungstendenz zeigt Orientierung nach dem Magnetfeld an. Auf diese Weise konnte ein Magnetkompaß bei mehr als 20 Zugvogelarten, meist Singvögeln, nachgewiesen werden (Wiltshko & Wiltshko 2007). Bei Brieftauben, *Columba livia* f. *domestica*, wurde die Abflugrichtung nach Verfrachtung (Walcott & Green 1974) herangezogen, die Tauben bei bedecktem Himmel mit dem Magnetkompaß einschlagen. Bei anderen Nicht-Ziehern, wie bei Küken vom Haushuhn, *Gallus gallus*, und bei Zebrafinken, *Taeniopygia guttata* (Estrildidae), wurde eine entsprechende Richtungstendenz durch Dressur induziert (Wiltshko et al. 2007, Voss et al. 2007).

Charakteristiken des Magnetkompasses bei Rotkehlchen

Mit den gleichen Methoden wurden grundsätzliche Eigenschaften des Magnetkompasses aufgezeigt. So erwies sich der Magnetkompaß bei Rotkehlchen, *Erithacus rubecula* (Turdidae), und weiteren Zugvogelarten als ein ‚Inklinationskompaß‘, der nicht die Polarität des Magnetfeld benutzt, sondern die Neigung der Feldlinien im Raum. Er unterscheidet damit nicht zwischen ‚magnetisch Nord‘ und ‚magnetisch Süd‘, sondern zwischen ‚polwärts‘, wo die Feldlinien nach unten geneigt sind, und ‚äquatorwärts‘. Zudem ist der Magnetkompaß spontan auf ein recht enges funktionales Fenster um die Feldstärke des lokalen Erdmagnetfelds beschränkt. Dies Fenster ist allerdings flexibel: durch Aufenthalt in Feldstärken außerhalb des Fensters gewannen Rotkehlchen die Fähigkeit, sich auch bei diesen Feldstärken zu ori-

entieren. Auch wurde bei Rotkehlchen und australischen Brillenvögeln, *Zosterops l. lateralis*, eine Lateralisation zugunsten des rechten Auges beobachtet (Wiltshko & Wiltshko 2007).

Zur Wahrnehmung des Magnetfeldes schlugen Ritz und Kollegen (2000) das Radikalpaar-Modell vor, das von spinchemischen Reaktionen in spezialisierten Photopigmenten ausgeht. Das Modell sagte voraus, dass die Magnetwahrnehmung lichtabhängig sei und sich durch oszillierende Felder im MHz-Bereich stören lassen sollte. Beides wurde experimentell bestätigt: Rotkehlchen und Brillenvögel können sich nur orientieren, wenn Licht aus dem kurzwelligen Bereich des Spektrums bis etwa 565 nm Grün zur Verfügung steht; unter länger welligem Licht, d.h. bei Gelb und Rot, sind sie desorientiert. Oszillierende Magnetfelder konnten den Magnetkompass tatsächlich stören, was auf zugrunde liegende Radikalpaar-Prozesse schließen lässt. Ein Ausschalten der eisenhaltigen Rezeptoren im Schnabel durch Lokalbetäubung hatte dagegen keinen Einfluss auf die Kompassorientierung; diese Rezeptoren sind offensichtlich nicht beteiligt (Zusammenfassung bei Wiltshko & Wiltshko 2007).

Der Magnetkompass nicht-ziehender Vögel

Bei Brieftauben wurde die entsprechende Analyse dadurch erschwert, dass man sie frei fliegen lassen muss. Doch Walcott und Green (1974) konnten durch tragbare Spulen um den Kopf der Tauben und deren Reaktion auf die Polung des Stroms zeigen, dass auch sie einen Inklinationskompass besitzen. Es gibt auch Hinweise auf eine Lateralisation zugunsten des rechten Auges (Wilzeck et al. 2010). Eine Lichtabhängigkeit ist ebenfalls nachgewiesen. Dabei nutzte man aus, dass sehr junge, unerfahrene Tauben ihren Heimkurs aufgrund von Weginformation bestimmen, indem sie die Richtung des Hinwegs mit dem Magnetkompass registrieren. Junge Tauben, die unter grünem Licht verfrachtet wurden, flogen orientiert ab, während Verfrachtung unter rotem Licht zu Desorientierung führte (Wiltshko & Wiltshko 1998). Dies spricht für eine ähnlich Wellenlängen-Abhängigkeit wie bei Rotkehlchen und Brillenvögeln.

Tabelle 1: Untersuchtes Verhalten und Eigenschaften des Magnetkompaß bei Vögeln

	Rotkehlchen	Brieftaube	Haushuhn
Verhaltensweise	Zugorientierung	Heimkehr	Richtungsdressur
Inklinationskompaß	Ja	Ja	Ja?
Biologisches Fenster	Ja	???	Ja
Lateralisation	Ja	Ja	Ja
Wellenlängen-Abhängigkeit	Ja	Ja	Ja
Radikalpaar-Mechanismus	Ja	???	Ja
Eisenhaltige Rezeptoren beteiligt?	Nein	???	Nein

? indirekt nachgewiesen; ??? nicht untersucht.

Die Dressurversuche fanden in einer Box statt, die von Spulen umgeben war, so dass man die Vögel in verschiedenen Magnetfeldern testen konnte. Ein Inklinationskompass ließ sich nicht nachweisen, da sowohl die Hühnerküken als auch die Zebrafinken axiale Richtungstendenzen zeigten. Bei Hühnerküken wurde jedoch ein funktionales Fenster deutlich, das dem der Rotkehlchen entspricht. Auch reagierten die Küken nicht auf das Magnetfeld, wenn ihr rechtes Auge abgedeckt war. Unter blauem Licht bevorzugten sie die magnetische Dressurachse, unter rotem Licht waren ihre Richtungswahlen dagegen zufällig, was für eine Wellenlängen-Abhängigkeit ihres Magnetkompasses ähnlich wie bei Rotkehlchen spricht. Versuche mit oszillierenden Feldern zeigten einen zugrunde liegenden Radikalpaar-Mechanismus an; hieraus ergibt sich, dass es sich beim Magnetkompass der Hühner ebenfalls um einen Inklinationskompass handelt (Wiltschko et al. 2007). Entsprechendes gilt auch für Zebrafinken, deren Magnetorientierung sich ebenfalls durch oszillierende Felder stören ließ (Keary et al. 2009).

Tabelle 1 fasst die nachgewiesenen Eigenschaften des Magnetkompass zusammen.

Schlussfolgerung

Die oben dargestellten Befunde sprechen dafür, dass Singvögel, Tauben und Hühner den gleichen Magnetkompass-Mechanismus besitzen, nämlich einen lichtabhängigen Inklinationskompass, der auf Radikalpaar-Prozessen beruht. Da die drei Vogelgruppen recht unterschiedlichen Entwicklungslinien angehören, die sich bereits in der Kreidezeit vor mehr als 70 Mio. Jahren getrennt haben (Ericson et al. 2006), ist zu vermuten, dass der Magnetkompass in dieser Form bereits im Erdmittelalter bei den Vorfahren der modernen Vögel vorhanden war und von diesen an ihre

Nachkommen vererbt wurde. Er wurde also nicht speziell für den Vogelzug entwickelt, sondern diente ursprünglich dazu, den Aktionsraum der sehr beweglichen Vögel richtungsmäßig zu strukturieren und so eine effiziente Orientierung im Heimbereich zu gewährleisten – dazu dient er, neben der Orientierung beim Vogelzug, auch heute noch.

Literatur

- Ericson PGP, Anderson CL, Britton T, Elzanowski A, Johansson US, Källersjö M, Ohlson JI, Parsons TJ, Zuccon & Mayr G 2006: Diversification of neoaves: integration of molecular sequence data and fossils. *Biol Lett* 4: 543-547.
- Keary N, Ruploh T, Voss J, Thalau P, Wiltschko R, Wiltschko W & Bischof HJ 2009: Oscillating magnetic field disrupts magnetic orientation in Zebra finches, *Taeniopygia guttata*. *Front Zool* 6: 25.
- Ritz T, Adem S & Schulten K 2000: A model for photoreceptor-based magnetoreception in birds. *Biophys J* 78: 707-718.
- Voss J, Keary N & Bischof HJ 2007: The use of the geomagnetic field for short distance orientation in zebra finches. *Neuroreport* 18: 1053-1057.
- Walcott C & Green RP 1974: Orientation of homing pigeons altered by a change in the direction of an applied magnetic field. *Science* 184: 180-182.
- Wiltschko R & Wiltschko W 1998: Pigeon homing: Effect of various wavelength of light during displacement. *Naturwissenschaften* 85: 164-167.
- Wiltschko W & Wiltschko R 2007: Magnetoreception in birds: two receptors for two different tasks. *J Ornithol* 148, Suppl 1: S61-S76.
- Wiltschko W, Freire R, Munro U, Ritz T, Rogers L, Thalau P & Wiltschko R 2007: The magnetic compass of domestic chickens, *Gallus gallus*. *J Exp Biol* 210: 2300-2310.
- Wilzeck C, Wiltschko W, Güntürkün O, Wiltschko R & Prior H 2010: Lateralization of the magnetic compass orientation in pigeons. *J R Soc Interface* 7, Focus 2: S235-240.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Vogelwarte - Zeitschrift für Vogelkunde](#)

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: [48_2010](#)

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: [Themenbereich "Physiologie" 355-356](#)