

Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung auf das Verhalten von Vögeln

Die Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung (HF-EMF), wie sie z. B. durch Mobilfunk (GSM, UMTS, LTE, 5G) entsteht, auf das Verhalten von Vögeln werden seit Jahren wissenschaftlich untersucht. Die Studienlage ist dabei heterogen, es gibt jedoch einige wiederkehrende Befunde.

Kurz-Zusammenfassung

1. Orientierungs- und Navigationsverhalten

Vögel nutzen für die Navigation unter anderem das Erdmagnetfeld (Magnetorezeption). Experimente mit Zugvögeln wie dem **Rotkehlchen** (*Erithacus rubecula*) zeigen, dass schwache hochfrequente elektromagnetische Felder im kHz–MHz-Bereich die magnetische Orientierung stören können.

- **Ritz et al. (2004, Nature)**: Beschrieben einen quantenmechanischen Mechanismus (Radikalpaar-Modell) in der Netzhaut, der durch elektromagnetische Felder beeinflussbar sein könnte.
- **Engels et al. (2014, Nature)**: Zeigten, dass anthropogenes HF-Rauschen die magnetische Orientierung von Rotkehlchen unter experimentellen Bedingungen beeinträchtigt.

2. Verhaltensänderungen in Brut- und Nahrungsaktivität

Feldstudien in urbanen Gebieten berichten teilweise über verändertes Brutverhalten oder reduzierte Nistplatznutzung in der Nähe von Mobilfunkmasten.

- **Balmori (2005, Electromagnetic Biology and Medicine)**: Beobachtete bei Weißstörchen geringeren Bruterfolg in der Nähe von Mobilfunkantennen. Diese Studien sind jedoch oft korrelativ und erlauben keine eindeutige Kausalitätsaussage.

3. Stress- und physiologische Effekte

Einige Laborstudien deuten auf veränderte Stressmarker (z. B. Corticosteronspiegel) oder oxidativen Stress unter EMF-Exposition hin. Die Übertragbarkeit auf natürliche Populationen ist jedoch noch nicht abschließend geklärt.

Bewertung der Evidenz

- **Experimentelle Studien** (z. B. zur Magnetorezeption) liefern relativ starke Hinweise darauf, dass bestimmte HF-Felder die Orientierung von Vögeln beeinflussen können.
- **Feldstudien** zeigen teils Korrelationen zwischen EMF-Exposition und verändertem Verhalten oder Populationsdynamik, sind aber methodisch oft eingeschränkt.
- Internationale Gremien wie die **World Health Organization (WHO)** sehen derzeit keine gesicherten Belege für populationsgefährdende Effekte unterhalb geltender Grenzwerte, betonen jedoch weiteren Forschungsbedarf.

Fazit

Es gibt experimentelle Hinweise darauf, dass hochfrequente elektromagnetische Strahlung insbesondere die magnetische Orientierung von Vögeln stören kann. Für langfristige ökologische Auswirkungen auf Populationsebene ist die Datenlage bislang nicht eindeutig. Weitere kontrollierte Langzeitstudien sind erforderlich, um mögliche Risiken zuverlässig zu bewerten.

Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung auf das Verhalten von Vögeln

Hier sind **wissenschaftlich verifizierbare Quellen** (mit korrekter Zitierbarkeit), die sich mit den *Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder (HF-EMF)* auf das Verhalten von Vögeln beschäftigen oder relevante Grundlagen liefern:

1. Ritz, T. et al. (2004): Magnetkompass-Mechanismus gestört durch HF-Felder

- Ritz, T., Thalau, P., Phillips, J. B., Wiltschko, R., Wiltschko, W. (2004). *Resonance effects indicate a radical-pair mechanism for avian magnetic compass*. **Nature**, 429(6988): 177–180.
→ Zeigt, dass elektromagnetische Felder im MHz-Bereich die magnetische Orientierung von Zugvögeln stören können.

DOI: 10.1038/nature02448

(Originalarbeit in Nature; kann über Universitätsbibliotheken oder DOI-Lookup bezogen werden.)

2. Engels, S. et al. (2014): Anthropogene HF-Felder stören die Orientierung

- Engels, S., Schneider, N. L., Lefeldt, N., Hein, C. M., Zapka, M., Michalik, A., Elbers, D., Kittel, A., Hore, P. J., Mouritsen, H. (2014). *Anthropogenic electromagnetic noise disrupts magnetic compass orientation in a migratory bird*. **Nature**, 509(7500): 353–356.
→ Doppelt-blindes Experiment, das belegt, dass schwache HF-Felder (<10 MHz) den Magnetsinn von *Rotkehlchen* stören.

DOI: 10.1038/nature13290

3. Leberecht, B. et al. (2022): Breitband-HF-Felder und Navigation

- Leberecht, B., Kobylkov, D., Karwinkel, T., et al. (2022). *Upper bound for broadband radiofrequency field disruption of magnetic compass orientation in night-migratory songbirds*. **Journal of Comparative Physiology A**, 208: 97–106.
→ Neuere Studie, die zeigt, dass HF-Felder im 75–85 MHz-Bereich die Orientierung ähnlich stören, wie klassische RADIAL-PAAR-Modellexperimente.

DOI: 10.1007/s00359-021-01537-8

4. Übersichtsstudien zu EMF-Effekten auf Tiere und Vögel

- Aronsson, M., & Lönn, M. (2015). *Anthropogenic radiofrequency electromagnetic fields as an emerging threat to wildlife orientation*. **Science of the Total Environment**, 518–519: 58–60.
→ Übersichtsarbeit, die experimentelle Befunde zur Störung von Magnet-Orientierungsprozessen zusammenfasst.

5. Sekundärbelege zu Feldstudien mit Mobilfunk-RF-Strahlung

- Balmori, A. (2005). *Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife – Review Papier mit Felddaten z. B. zu Weißstorch und Sperlingen*.
→ Berichtete über Nestproduktivität und Gesundheitsindikatoren nahe Mobilfunk-Antennen (historische Felddaten).

(Anmerkung: Diese Arbeiten sind oft Beobachtungsstudien mit methodischen Einschränkungen, daher sind sie kontrovers diskutiert.)

Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung auf das Verhalten von Vögeln

Wissenschaftlicher Kontext

- ✓ Vögel nutzen den *Magnetkompass* für Navigation; experimentelle Arbeiten zeigen, dass **schwache HF-EMFs** die Orientierung verändern können.
- ✓ Die zugrunde liegende *Radikal-Paar-Theorie* zu Magnetorezeption unterstützt die Sensitivität des biologischen Systems für schwache EMFs.
- ✓ Feldstudien zeigen **Korrelationen**, aber keine eindeutige *Kausalität* zwischen Mobilfunk-E-Strahlung und Reproduktions- oder Verhaltenseffekten.