

## Spotlight on EMF Research

# Spotlight on “Biological effects of electromagnetic fields on insects: a systematic review and meta-analysis” by Thill et al. in Reviews on Environmental Health (2023)

Kategorie [Frequenz- bzw. themenübergreifend, Übersichtsarbeit]

Spotlight - Mai/2024 no.2 (Deu)

Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF)

## 1 Einordnung des Artikels in den Kontext durch das BfS

Die Einhaltung der empfohlenen Expositionsgrenzwerte [2, 3] gewährleistet den Schutz vor wissenschaftlich nachgewiesenen gesundheitsschädlichen Auswirkungen elektromagnetischer Felder (EMF). Diese Grenzwerte wurden zum Schutz des Menschen festgelegt. Es wird allgemein davon ausgegangen, dass Tiere, Pflanzen und Ökosysteme geschützt werden, wenn Menschen geschützt werden. Flugfähige Tiere, wie z. B. Insekten, können sich EMF-Quellen, wie Stromleitungen oder Basisstationen, nähern. Sie können daher Feldern ausgesetzt sein, die die zulässigen Grenzwerte überschreiten. Darüber hinaus verfügen Insekten über Rezeptoren und Strukturen, die beim Menschen nicht vorhanden sind, was zu zusätzlichen biologischen Wirkungen mit möglicherweise niedrigeren Schwellenwerten als beim Menschen führen könnte. Um den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand zusammenzufassen und Wissenslücken zu ermitteln, organisierte das BfS 2019 einen internationalen Workshop zu Umweltauswirkungen von EMF. Es wurde Forschungsbedarf bezüglich Insekten festgestellt und Feldstudien empfohlen [4, 5]. Insekten, insbesondere Bestäuber, sind weltweit rückläufig. Viele Einflussfaktoren wie Klimawandel, Verlust von geeigneten Lebensräumen, Herbizide, Pestizide, Parasiten und Krankheiten werden derzeit untersucht. Weniger Aufmerksamkeit wird den möglichen Auswirkungen von EMF gewidmet. Im Gegensatz zu den oben genannten Faktoren gibt es nur wenige belastbare wissenschaftliche Erkenntnisse über die Auswirkungen von EMF auf Insekten.

## 2 Resultate und Schlussfolgerungen aus der Perspektive der Autoren

Das vorliegende systematische Review und Meta-Analyse fasst die verfügbaren veröffentlichten Informationen über biologische Wirkungen von EMF auf Insekten zusammen [1]. Die Autoren folgten den „Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses“ (PRISMA) Richtlinien [6]. Sie

durchsuchten die Datenbanken EMF-Portal, Google Scholar und PubMed für die Jahre 2012 - 2020 und schlossen experimentelle Feld- und Labor-Studien ein, die nach 1980 in englischer oder deutscher Sprache veröffentlicht wurden. Studien, die Expositionen unterhalb der ICNIRP-Grenzwertempfehlungen untersuchten, wurden eingeschlossen, und Studien über den Magnetsinn von Insekten wurden ausgeschlossen. Nach dem Entfernen von Duplikaten wurden insgesamt 587 Publikationen identifiziert. Die Autoren bewerteten die Qualität der Studien anhand einer veröffentlichten Zusammenstellung von Überprüfungskriterien für Forschungsmanuskripte [7] und schlossen Studien aus, die bestimmte Kriterien nicht erfüllten (z. B. fehlende EMF-Messungen). Nach Anwendung der Ausschluss- und Qualitätskriterien wurden 119 Studien in das systematische Review aufgenommen, von denen 64 niederfrequente (NF) und 55 hochfrequente (HF) EMF berücksichtigten. Die meisten Experimente wurden an Fruchtfliegen (47,4%) und Honigbienen (31,4%) durchgeführt. NF-EMF-Expositionsquellen waren hauptsächlich Spulensysteme und Stromleitungen, während HF-EMF-Expositionsquellen hauptsächlich Mobiltelefone, Signalgeneratoren und Basisstationen waren. Studien zu NF-EMF konzentrierten sich überwiegend auf den Endpunkt Verhalten, während Studien zu HF-EMF vor allem die Fortpflanzung untersuchten.

Die Daten aus 53 % der berichteten Experimente (aus 39 % der eingeschlossenen Studien) wurden in die Meta-Analysen einbezogen. Die Meta-Analysen wurden getrennt für verschiedene Expositionsquellen (Basisstationen, Mobiltelefone, DECT-Telefone, Signalgeneratoren, Spulensysteme) durchgeführt. Für jede Expositionsquelle wurden alle biologischen Endpunkte zu einer Gesamtbewertung des Gefahrenpotentials zusammengefasst. Statistisch signifikante negative Wirkungen wurden für Mobiltelefone, DECT-Telefone, Signalgeneratoren und Spulensysteme gefunden, aber nicht für Basisstationen. Nach Ansicht der Autoren ist dies wahrscheinlich auf das niedrigere Expositionsniveau durch Basisstationen zurückzuführen. Die Autoren errechneten eine statistisch signifikante Effektgröße von 1,5 für die Gesamtoxizität der Exposition gegenüber mobilen Geräten. Für die Wirkungen von HF-EMF auf die Fortpflanzung von Fruchtfliegen wurde eine spezies- und endpunktspezifische Meta-Analyse durchgeführt und in drei Expositionsstufen stratifiziert. Die Autoren berichteten, dass die Beeinträchtigung der Fortpflanzung bei Fruchtfliegen mit steigender Feldstärke zunahm.

Insgesamt kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die Mehrzahl der experimentellen Labor- und Feld-Studien überwiegend negative Wirkungen berichtet und dass damit nicht-thermische Wirkungen von EMF auf Insekten eindeutig im Labor, aber nur teilweise im Freiland nachgewiesen sind, wobei die Exposition mit HF-EMF schädlicher sei als die Exposition mit NF-EMF.

### **3 Kommentare des BfS**

Die Autoren gaben an, ein systematisches Review gemäß den PRISMA-Richtlinien [6] durchgeführt zu haben. Diese Richtlinien geben an, dass die Registrierung eines Review Protokolls vor der Durchführung des Reviews darauf abzielt, Verzerrungen zu verringern, die Transparenz zu erhöhen, die Überprüfung zu erleichtern und die Vertrauenswürdigkeit des systematischen Reviews zu verbessern. In der vorliegenden Veröffentlichung [1] gibt es jedoch keine Informationen über eine Registrierung oder ein veröffentlichtes Protokoll. Darüber hinaus enthält die veröffentlichte Studie selbst nur eine vage Beschreibung der Ziele, Methoden und Grundüberlegungen des Reviews, was eine unabhängige Replikation und eine kritische Bewertung der Validität des Ansatzes verhindert.

Beispielsweise wird die Begründung für die Wahl des Mittelwertverhältnisses (ratio of means, ROM) als gemeinsamen Effektgrößenschätzer nicht erläutert, und es ist auch nicht klar, welche Referenzbedingung für die Berechnung verwendet wurde, da in den Methoden kein Vergleichsparameter (Kontrolle) angegeben ist.

Die Qualität der eingeschlossenen Studien wurde anhand der veröffentlichten Überprüfungskriterien für Forschungsmanuskripte bewertet [7]. Diese Kriterien wurden jedoch nicht für systematische Reviews entwickelt, sondern als Leitfaden für die Überprüfung von zur Veröffentlichung eingereichten

Manuskripten. Außerdem wurde diese Qualitätsbewertung nur zum Ausschluss von Studien verwendet und nicht systematisch zur Bewertung der Ergebnisse oder zur Ableitung von Schlussfolgerungen herangezogen. Für systematische Reviews wird in den PRISMA-Leitlinien empfohlen, die verschiedenen Risiken der Verzerrung (Risk of Bias, RoB) von Studien zu bewerten [6]. Eine solche Bewertung wurde nicht durchgeführt und wichtige Qualitätsaspekte wie Randomisierung, Verblindung und die Qualität der Expositionsgenerierung und -bewertung [8] wurden bei der Bewertung der Studienqualität nicht berücksichtigt. Aufgrund der fehlenden kritischen Bewertung der Studienqualität könnte die Schlussfolgerung der Autoren auf wissenschaftlich wenig belastbarer Evidenz beruhen.

Es wurden insgesamt neun Meta-Analysen durchgeführt. Eine Meta-Analyse wurde für NF-EMF durchgeführt, die von Helmholtz-Spulen erzeugt wurden, alle anderen Meta-Analysen konzentrierten sich auf HF-EMF aus verschiedenen Quellen. Für jede Expositionsquelle wurden alle Ergebnisse für sehr unterschiedliche Endpunkte (z. B. Fortpflanzung, Verhalten, DNA-Schäden) in einer Meta-Analyse zusammengefasst. Die Gründe für die Kombination von Daten aus verschiedenen Spezies und für verschiedene Endpunkte, anstatt sie separat zu bewerten (wie es ausschließlich für die Fortpflanzung der Fruchtfliege gemacht wurde), werden nicht erklärt. Das statistische Maß der Heterogenität in den vorgelegten Meta-Analysen reichte von 64 % bis 99 %, was auf eine erhebliche bis sehr große Heterogenität zwischen den Studien hinweist [8]. Eine gemeinsame Auswertung von Studien trotz vorhandener Heterogenität zwischen den Studien stellt die Zuverlässigkeit des Ergebnisses der Meta-Analysen in Frage.

Weiterhin wurde in mehreren Fällen mehr als ein Ergebnis für einen bestimmten Endpunkt aus derselben Studie in eine Meta-Analyse einbezogen (z. B. unterschiedliche Expositionsstärke oder -dauer), und es bleibt unklar, ob sich diese Daten auf gemeinsame Kontrollgruppen bezogen oder nicht. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass die Daten statistisch nicht unabhängig waren und das Ergebnis der Meta-Analyse durch korrelierte Daten beeinflusst ist.

Darüber hinaus deutet der hohe Anteil statistisch signifikanter asymmetrischer Funnel Plots auf ein hohes Risiko einer Publikationsverzerrung hin, die das bekannte Phänomen beschreibt, dass Studienergebnisse, die Wirkungen zeigen, viel häufiger veröffentlicht werden als Studienergebnisse, die auf keinen Effekt hindeuten [8]. Das Risiko der Publikationsverzerrung könnte die Ergebnisse der Meta-Analysen beeinflusst haben, jedoch wurde dies in der Diskussion und den Schlussfolgerungen nicht angesprochen.

All diese Aspekte müssen berücksichtigt werden, wenn die Belastbarkeit der wissenschaftlichen Evidenz zu Wirkungen von EMF auf Insekten bewertet wird. Die Autoren haben eine solche Bewertung jedoch nicht vorgenommen, obwohl dies empfohlen wird, bevor Schlussfolgerungen gezogen werden. Gemäß der Leitlinie "Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation" [9] verringern geringe Studienqualität, inkonsistente Studienergebnisse und Hinweise auf Publikationsverzerrungen sowie andere Faktoren die Sicherheit der Evidenz. Daher ist die Belastbarkeit der veröffentlichten Schlussfolgerungen dieses systematischen Reviews und der Meta-Analysen gering.

Das Ergebnis, dass die meisten Studien negative Wirkungen von EMF auf Insekten zeigen, stimmt mit den Ergebnissen mehrerer neuerer Berichte überein, die entweder keine oder negative Wirkungen von EMF auf Insekten zeigen [10, 11, 12]. Diese Berichte dokumentieren aber gleichzeitig die sehr geringe Qualität und die große Heterogenität der einzelnen eingeschlossenen Studien, was zuverlässige Aussagen zu Auswirkungen von EMF auf Insekten derzeit nicht erlaubt [10, 11, 12].

Das Fehlen einer kritischen Bewertung der Belastbarkeit der Ergebnisse könnte der Grund dafür sein, dass die Autoren der vorliegenden Übersichtsarbeit die Ergebnisse in Bezug auf schädliche Auswirkungen von EMF auf Insekten überinterpretieren und dass ihre Schlussfolgerung im Gegensatz zu den Schlussfolgerungen der anderen Übersichtsarbeiten steht: Ein vom Europäischen Parlament in Auftrag gegebener Bericht [10] kommt zu dem Schluss, dass mehrere Studien zu den Auswirkungen hochfrequenter EMF-Exposition auf wirbellose Tiere experimentelle Mängel aufweisen. Ein weiterer Bericht im Auftrag der schweizerischen Strahlenschutzbehörde [11] fasst den Stand des Wissens über die Auswirkungen von EMF auf Arthropoden zusammen. Die Autoren konnten mögliche, hauptsächlich negative Auswirkungen auf



Verhalten, Stoffwechsel, Zellstress, Fortpflanzung und DNA-Schäden feststellen, aber die Qualität der Studien war meist unzureichend, insbesondere aufgrund technisch unzureichender Durchführung oder statistisch verzerrter Versuchspläne und Protokolle. Eine kürzlich durchgeführte systematische Übersicht [12] fasste die verfügbaren Belege für die Auswirkungen von anthropogenen HF-EMF auf Tiere und Pflanzen in der Umwelt zusammen. Bei der Mehrzahl der identifizierten Studien handelte es sich um experimentelle Studien. Die Endpunkte der meisten Tierstudien waren Fortpflanzung, Verhalten und Entwicklung, und die meisten Studien wiesen methodische Mängel auf.

Nach Ansicht des BfS weist die vorliegende Übersichtsarbeit [1] zu viele schwerwiegende methodische Mängel auf, um einen substanziellen Beitrag zu den Erkenntnissen über potenziell schädliche Auswirkungen von EMF auf Insekten zu leisten.

## Referenzen

- [1] Thill A, Cammaerts MC, Balmori A. Biological effects of electromagnetic fields on insects: a systematic review and meta-analysis. *Rev Environ Health*. Published online November 23, 2023. doi:10.1515/reveh-2023-0072
- [2] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz) [published correction appears in *Health Phys*. 2011 Jan;100(1):112]. *Health Phys*. 2010;99(6):818-836. doi:10.1097/HP.0b013e3181f06c86
- [3] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Phys*. 2020;118(5):483-524. doi:10.1097/HP.0000000000001210
- [4] Pophof B, Henschenmacher B, Kattinig DR, Kuhne J, Vian A, Ziegelberger G. Biological Effects of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields from 0 to 100 MHz on Fauna and Flora: Workshop Report. *Health Phys*. 2023;124(1):39-52. doi:10.1097/HP.0000000000001624
- [5] Pophof B, Henschenmacher B, Kattinig DR, Kuhne J, Vian A, Ziegelberger G. Biological Effects of Radiofrequency Electromagnetic Fields above 100 MHz on Fauna and Flora: Workshop Report. *Health Phys*. 2023;124(1):31-38. doi:10.1097/HP.0000000000001625
- [6] Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021; 372:n160. Published 2021 Mar 29. doi:10.1136/bmj.n160
- [7] Bordage G, Caellegh AS, Steinecke A, et al. Review criteria for research manuscripts. *Acad Med*. 2001;76(9):897-978.
- [8] Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, Welch VA. eds. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*, version 6.4 (updated August 2023): Cochrane; 2023
- [9] Guyatt GH, Oxman AD, Schunemann HJ, Tugwell P, Knottnerus A. GRADE guidelines: a new series of articles in the *Journal of Clinical Epidemiology*. *J Clin Epidemiol* 2011; 64(4), 380-382. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.09.011>
- [10] Thielens A. Environmental impacts of 5G. A literature review of effects of radio-frequency electromagnetic field exposure of non-human vertebrates, invertebrates and plants. STOA, European Parliament 2021
- [11] Mulot M., Kroeber T., Gossner M., Fröhlich J. Wirkung von nichtionisierender Strahlung (NIS) auf Arthropoden, Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), Neuenburg, Juli 2022.
- [12] Karipidis K, Brzozek C, Mate R, Bhatt CR, Loughran S, Wood AW. What evidence exists on the impact of anthropogenic radiofrequency electromagnetic fields on animals and plants in the environment: A systematic map. *Environmental Evidence*. 2023, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13750-023-00304-3>



## **Impressum**

Bundesamt für Strahlenschutz  
Postfach 10 01 49  
38201 Salzgitter

Tel.: +49 30 18333-0

Fax: +49 30 18333-1885

E-Mail: [spotlight@bfs.de](mailto:spotlight@bfs.de)

De-Mail: [epost@bfs.de-mail.de](mailto:epost@bfs.de-mail.de)

[www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:  
[urn:nbn:de:0221-2024051343843](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2024051343843)

Spotlight - Mai/2024 no.2 (Deu)