



Bundesamt
für Strahlenschutz

Spotlight on EMF Research

**Spotlight on “Oxidative Stress
Response of Honey Bee Colonies
(*Apis mellifera* L.) during Long-Term
Exposure at a Frequency of 900 MHz
under Field Conditions” by Vilić et al.
in Insects (2024)**

**Kategorie [Hochfrequente Felder, Experimentelle
Tierstudie]**

Spotlight - Apr/2025 no.2 (Deu)

Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF)

1 Einordnung des Artikels in den Kontext durch das BfS

In der Öffentlichkeit besteht die Sorge, dass hochfrequente elektromagnetische Felder (HF-EMF) von Mobilfunk-Basisstationen schädliche Auswirkungen auf Bestäuber, insbesondere Bienen, haben könnten. Auch wenn einzelne experimentelle Studien auf Auswirkungen hindeuten, gibt es insgesamt keine wissenschaftlich belastbare Evidenz für einen solchen Zusammenhang. Aktuelle Übersichtsarbeiten zeigen, dass einzelne Studien überwiegend auf negative Auswirkungen von HF-EMF auf Insekten oder wirbellose Tiere hinweisen, insbesondere in Bezug auf Fortpflanzung und Verhalten, aber auch, dass Studien von geringer Qualität und damit Aussagekraft überwiegen [2, 3]. Feldstudien, die Auswirkungen auf Populations- oder Ökosystemebene untersuchen, sind extrem selten. In der vorliegenden Studie [1] untersuchten Vilić et al. die Auswirkungen von HF-EMF von Mobilfunk-Basisstationen auf oxidativen Stress bei Völkern von Honigbienen unter Feldbedingungen.

2 Resultate und Schlussfolgerungen aus der Perspektive von Vilić et al.

Die Beobachtungsstudie im Freiland [1] konzentriert sich auf die Parameter des oxidativen Stresses und der Lipidperoxidation bei Larven, Puppen und erwachsenen Carniolan-Bienen während einer einjährigen Exposition gegenüber HF-EMF von Mobilfunk-Basisstationen mit einer Frequenz von 900 MHz.

Das Experiment wurde an drei Standorten mit durchschnittlichen gemessenen elektrischen Feldstärken von 30 mV m^{-1} , 70 mV m^{-1} und 1000 mV m^{-1} durchgeführt. Die Entfernung zwischen den drei Standorten variierte zwischen 829 m und 1,64 km.

Die Studie folgte den Empfehlungen der EFSA [4]. Alle Bienenvölker waren ähnlich groß und hatten einjährige Königinnen derselben genetischen Herkunft. Um die Variabilität zu verringern und die statistische Aussagekraft zu erhöhen, wurden jedem Standort fünf Bienenstöcke nach dem Zufallsprinzip zugeteilt. Proben der Arbeiterinnenbrut und der erwachsenen Arbeiterinnen wurden 2 Wochen, 5 Monate und 1 Jahr nach Beginn der Beobachtung entnommen. Von jedem Bienenvolk wurden zu jedem Zeitpunkt sechs Larven, vier Puppen und der Darm von zehn erwachsenen Bienen entnommen. Bei jeder Probe wurde die Aktivität der antioxidativen Enzyme Glutathion-S-Transferase (GST), Katalase (CAT) und Superoxid-Dismutase (SOD) gemessen. Die Lipidperoxidation wurde mittels Thiobarbitursäure-reaktiver Substanzen (thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) bestimmt. Alle Proben wurden spektrophotometrisch gemessen.

Die Ergebnisse wurden mit Hilfe der Varianzanalyse (ANOVA) statistisch ausgewertet, wobei die Normalverteilung der Daten und Mehrfachtests berücksichtigt wurden.

Die GST-Aktivität war in keinem der Lebensstadien der Honigbienen signifikant von der Höhe oder Dauer der HF-EMF-Exposition beeinflusst.

Die CAT-Aktivität in den Larven war an dem Standort mit der höchsten HF-EMF-Exposition nach fünf Monaten und an dem Standort mit der niedrigsten HF-EMF-Exposition nach einem Jahr statistisch signifikant erhöht. Bei den Puppen war die CAT-Aktivität nicht statistisch signifikant von der HF-EMF-Expositionshöhe oder -dauer beeinflusst. Bei erwachsenen Honigbienen war die CAT-Aktivität an dem Ort mit der höchsten HF-EMF-Exposition nach zwei Wochen und nach einem Jahr, aber nicht nach fünf Monaten, statistisch signifikant erhöht.

Ein einziger signifikanter Anstieg der SOD-Aktivität wurde bei erwachsenen Honigbienen nach einem Jahr am Standort mit der höchsten HF-EMF-Exposition beobachtet.

Die TBARS-Konzentration in Larven war nach zwei Wochen und nach einem Jahr, aber nicht nach fünf Monaten am Standort mit der höchsten HF-EMF-Exposition statistisch signifikant erhöht. Bei den Puppen gab es keine statistisch signifikanten Wirkungen der Expositionshöhe oder -dauer auf die TBARS-Konzentration. Bei erwachsenen Bienen war die TBARS-Konzentration am Standort mit der höchsten HF-EMF-Exposition nach zwei Wochen statistisch signifikant erhöht.

Die Autoren schlussfolgern, dass die Exposition mit HF-EMF oxidativen Stress in bestimmten Entwicklungsstadien von Honigbienen verursachen kann, wobei das Larvenstadium empfindlicher ist als das Puppenstadium. Die meisten signifikanten Veränderungen traten in der zweiten Woche der Exposition am Standort mit der höchsten HF-EMF-Exposition auf, aber es gab keinen klaren Zusammenhang zwischen HF-EMF-Expositionshöhe oder -dauer und Wirkung in irgendeinem der Entwicklungsstadien.

3 Kommentare des BfS

Die vorliegende Studie ist eine der wenigen Feldstudien, die biologische Wirkungen der HF-EMF-Exposition durch Mobilfunk-Basisstationen bei Bienen untersucht und damit einer offenen Fragestellung nachgegangen ist. Die standardisierten Methoden, die in der Studie genutzt wurden und die sich weitestgehend an den Empfehlungen der EFSA [4] orientierten, führen zu einer verbesserten Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Studienergebnisse. Allerdings empfiehlt die EFSA auf der Grundlage der Reichweite der Honigbienen bei der Nahrungssuche eine Entfernung von 4 km zwischen den Versuchstandorten [4]. In der vorliegenden Studie waren die Entfernungen zwischen den Standorten geringer, und es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Bienen die anderen Standorte aufsuchten.

Um mögliche Auswirkungen mit dem Expositionsstatus in Verbindung zu bringen, sind zuverlässige Informationen über die Expositionshöhe erforderlich. Es bleibt jedoch unklar, wie die Exposition gemessen und ob die zeitliche Variabilität berücksichtigt wurde. Die HF-EMF einer Basisstation können im Laufe der Tage, Wochen und des Jahres erheblich schwanken. Da der Unterschied in den gemessenen Expositionswerten gering war (nur Faktor zwei oder drei zwischen den gemessenen elektrischen Feldstärken an den jeweiligen Standorten), kann eine Überschneidung der Expositionsbedingungen nicht ausgeschlossen werden. Zusammen mit dem Flugverhalten der Bienen könnte dies zu einem zu geringen Expositionscontrast zwischen den Honigbienenvölkern an den verschiedenen Standorten geführt und die Identifizierung möglicher Effekte verhindert haben.

Die Messung der Aktivität antioxidativer Enzyme wird regelmäßig als Marker für oxidativen Stress verwendet, aber die in dieser Studie verwendeten Marker sind in einer in-vivo Situation nicht belastbar und sollten nur für in-vitro Experimente verwendet werden, zusammen mit anderen, zuverlässigeren Markern [5]. TBARS hingegen eignen sich aufgrund unzureichender Spezifität nicht zur Untersuchung von oxidativem Stress, da sie durch viele biochemische und metabolische Reaktionen entstehen, die nicht direkt mit oxidativem Stress zusammenhängen [5].

Die Marker des oxidativen Stresses zeigten keine eindeutige Beziehung zur Expositionshöhe oder zur Expositionsdauer. Die Unterschiede bei den Markern für oxidativen Stress zwischen den Entwicklungsstadien könnten auf ihre unterschiedliche Stoffwechselaktivität und andere Umweltfaktoren zurückzuführen sein. Insgesamt liefern die Ergebnisse dieser Studie keine stichhaltigen Belege dafür, dass eine HF-EMF-Exposition oxidativen Stress bei Honigbienen verursachen kann.

Referenzen

- [1] Vilić, M, Žura Žaja, I, Tkalec, M, Tucak, P, Malarić, K, Popara, N, Žura, N, Pašić, S, Gajger, IT. Oxidative stress response of honey bee colonies (*Apis mellifera* L.) during long-term exposure at a frequency of 900 MHz under field conditions. *Insects*. 2024; 15(5):372.
DOI: <https://doi.org/10.3390/insects15050372>.
- [2] Mulot, M, Kroeber, T, Gossner, M, Fröhlich, J. *Wirkung von nichtionisierender Strahlung (NIS) auf Arthropoden : Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)*. Neuenburg: Universität Neuenburg, 2022.
URL: <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/elektrosmog/externe-studienberichte/wirkung-von-nichtionisierender-strahlung-auf-arthropoden.pdf>.
- [3] Thielens, A. *Environmental impacts of 5G: A literature review of effects of radio-frequency electromagnetic field exposure of non-human vertebrates, invertebrates and plants*. Brussels: European Parliamentary Research Service (EPRS), Scientific Foresight Unit (STOA), 2021.
DOI: <https://doi.org/10.2861/318352>.
- [4] European Food Safety Authority (EFSA), Adriaanse, P, Arce, A, Focks, A, Ingels, B, Jolli, D, Lambin, S, Rundlof, M, Sussenbach, D, Del Aguila, M, Ercolano, V, Ferilli, F, Ippolito, A, Szentés, C, Neri, FM, Padovani, L, Rortais, A, Wassenberg, J, Auteri, D. Revised guidance on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. and solitary bees). *EFSA Journal*. 2023; 21(5):e07989.
DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7989>.
- [5] Henschenmacher, B, Bitsch, A, de las Heras Gala, T, Forman, HJ, Fragoulis, A, Ghezzi, P, Kellner, R, Koch, W, Kuhne, J, Sachno, D, Schmid, G, Tsaïoun, K, Verbeek, J, Wright, R. The effect of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) on biomarkers of oxidative stress in vivo and in vitro: A protocol for a systematic review. *Environment International*. 2022; 158:106932.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106932>.

Impressum

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

www.bfs.de

Tel.: +49 30 18333-0

Fax: +49 30 18333-1885

E-Mail: spotlight@bfs.de

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:

urn:nbn:de:0221-2025041451653

Spotlight - Apr/2025 no.2 (Deu)