



Bundesamt  
für Strahlenschutz

### **Spotlight on EMF Research**

**Spotlight on “The effect of exposure to radiofrequency fields on cancer risk in the general and working population: A systematic review of human observational studies - Part II: Less researched outcomes” by Karipidis et al. in Environment International (2025)**

**Kategorie [Hochfrequente Felder, Übersichtsarbeit]**

Spotlight - Jul/2025 no.2 (Deu)

Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF)

# 1 Einordnung des Artikels in den Kontext durch das BfS

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat ein Projekt initiiert, um die potenziellen gesundheitlichen Auswirkungen der Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF-EMF) systematisch zu bewerten. Zu diesem Zweck führte die WHO im Jahr 2018 eine umfassende internationale Umfrage unter EMF-Experten durch, um mögliche gesundheitliche Auswirkungen nach ihrer Relevanz zu priorisieren [2]. Dabei wurden wichtige Themen identifiziert, zu denen die WHO systematische Reviews in Auftrag gegeben hat. Weitere Informationen zu den systematischen Übersichtsarbeiten der WHO im Allgemeinen finden sich in einem weiteren *Spotlight on EMF Research* (Apr/2024 Nr. 2 [3]).

Der vorliegende systematische Review von Karipidis et al. [1] ist der zweite Teil einer zweiteiligen Reihe von systematischen Reviews zu Beobachtungsstudien am Menschen, die die Auswirkungen einer Exposition gegenüber HF-EMF auf das Krebsrisiko in der Allgemeinbevölkerung und bei beruflich exponierten Personen untersuchen. Diese Arbeit ist Teil der von der WHO beauftragten Reihe systematischer Reviews. In diesem zweiten Teil werden weniger häufig untersuchte Krebsarten in diesem Forschungsfeld behandelt, darunter beispielsweise Tumoren des blutbildenden Systems und das Lymphsystem betreffende Tumoren, Schilddrüsenkrebs sowie Krebs der Mundhöhle und des Rachens. Im ersten Teil [4], der auch in einem *Spotlight on EMF Research* [5] thematisiert wurde, wurden die am häufigsten untersuchten Krebsarten behandelt. Hierzu zählen insbesondere Hirntumore. Beide systematischen Übersichtsarbeiten basieren auf demselben im Voraus veröffentlichten Studienprotokoll [6].

## 2 Resultate und Schlussfolgerungen aus der Perspektive von Karipidis et al.

Ziel des systematischen Reviews und der Metaanalyse von Karipidis et al. [1] ist die Bewertung der Qualität und Stärke der Evidenz für einen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber HF-EMF und dem Krebsrisiko auf Grundlage von Beobachtungsstudien am Menschen.

Die Autoren veröffentlichten vor Beginn der Arbeiten an dem systematischen Review ein Studienprotokoll [6]. In diesem Protokoll legen sie alle Methoden dar, die im Verlauf des systematischen Reviews und der Metaanalyse angewendet wurden. Die Autoren folgten dem Ansatz der WHO zur Leitlinienentwicklung [7], berücksichtigten die COSTER-Empfehlungen (Conduct of Systematic Reviews in Toxicology and Environmental Health Research) [8] und berichteten die Ergebnisse gemäß den PRISMA-Richtlinien [9]. Zur Bewertung des Risikos systematischer Verzerrung (Risk of Bias, RoB) orientierten sie sich an der vom National Toxicology Program – Office of Health Assessment and Translation (OHAT) entwickelten Methodik [10]. Basierend auf OHAT entwickelten sie Richtlinien sowie Formulare zur RoB-Bewertung, die zusammen mit der Veröffentlichung bereitgestellt wurden. Zusätzlich führten die an der Bewertung beteiligten Autoren einen Pretest der Richtlinien und Formulare durch.

Die Bewertung des RoB erfolgte auf Ebene einzelner Exposition-Endpunkt-Beziehungen durch zwei unabhängige Bewertende. Bewertet wurden die folgenden Verzerrungsdomänen: Confounding (Verzerrung durch Störfaktoren), Selektionsbias, Verzerrung durch Ausfälle/Ausschlüsse/fehlende Daten, Vertrauen in die Expositionsscharakterisierung, Vertrauen in die Ergebnissbewertung, selektive Berichterstattung sowie Angemessenheit der statistischen Auswertung. Für die dreistufige Qualitätsbewertung einzelner Studien gemäß OHAT wurden „Selektions-/Ausfallbias“ sowie „Informationsverzerrung bei Exposition und Outcome“ als Schlüsseldomänen definiert. Tier-1-Studien sind solche mit eindeutig oder wahrscheinlich geringem Verzerrungsrisiko in allen Schlüsseldomänen und den meisten anderen Bewertungsbereichen. Tier-3-Studien weisen dagegen ein eindeutig oder wahrscheinlich hohes Verzerrungsrisiko in allen Schlüsseldomänen und den meisten anderen Bereichen auf. Tier-2-Studien sind alle Studien, die nicht die Kriterien für Tier 1 oder Tier 3 erfüllen.

Der systematische Review umfasst drei **PECO-Schemata (Population, Exposure, Comparator, Outcome)**, die zur Festlegung der Einschlusskriterien verwendet wurden. Es gibt ein PECO-Schema zur HF-EMF-Exposition (E) durch die Nutzung drahtloser Telefone, einschließlich Mobil- oder Schnurlostelefone (SR-A), eines zur HF-

EMF-Exposition aus Umweltquellen wie Rundfunk- oder Fernsehsendern bzw. Mobilfunkbasisstationen (SR-B) und eines zur beruflichen HF-EMF-Exposition, etwa durch die berufliche Nutzung von Handfunkgeräten oder HF-EMF-emittierenden Geräten am Arbeitsplatz (SR-C). Bezüglich der **Population (P)** beziehen sich SR-A und SR-B auf Personen aus der Allgemeinbevölkerung, während sich SR-C auf beruflich exponierte Personen bezieht. Es wurden keine Einschränkungen hinsichtlich Geschlecht, Alter oder sonstiger individueller Merkmale vorgenommen. Für die Aufnahme in die systematische Übersichtsarbeit war das Vorhandensein einer **Vergleichsgruppe (C)** erforderlich – also einer Gruppe nicht oder geringer exponierter Personen. Während im ersten Teil des zweiteiligen systematischen Reviews die in diesem Forschungsfeld am häufigsten untersuchten **Krebserkrankungen (O)** – etwa Gliome in Zusammenhang mit HF-EMF – analysiert wurden, werden im zweiten Teil alle weiteren Krebserkrankungen betrachtet.

Die Autoren schlossen Kohortenstudien, Fall-Kontroll-Studien und eingebettete Fall-Kontroll-Studien ein, die in Peer-Review-Fachzeitschriften veröffentlicht wurden, ohne Einschränkung hinsichtlich Veröffentlichungsdatum oder Sprache. Ökologische Studien und Querschnittstudien wurden ausgeschlossen.

Insgesamt wurden 5.060 Artikel identifiziert. Im Verlauf der Duplikatsuche, des Screenings von Titeln und Abstracts sowie der Volltextprüfung wurden nicht relevante Artikel ausgeschlossen, sodass 26 Artikel, veröffentlicht zwischen 1988 und 2019, für den systematischen Review zu weniger erforschten Endpunkten verblieben. Diese Artikel berichten über 143 Exposition-Endpunkt-Paare (Studien).

In SR-A untersuchten 71 Studien 45 unterschiedliche Krebserkrankungen im Zusammenhang mit der Nutzung von Mobiltelefonen. Unter diesen Erkrankungen befanden sich hauptsächlich Tumoren des blutbildenden Systems und das Lymphsystem betreffende Tumoren, wie Lymphome. Für SR-B wurde keine Studie zu Rundfunksendern gefunden. Allerdings wurde ein Artikel mit 4 Exposition-Endpunkt-Paaren bezüglich der HF-EMF-Exposition durch Mobilfunkbasisstationen einbezogen. In dieser Studie wurde das Risiko für Lymphome insgesamt, also auch zwei Lymphom-Subtypen und chronische lymphatische Leukämie bei Erwachsenen berichtet. Für SR-C lagen 41 Studien vor, hauptsächlich an Personen des Militärs. Diese Studien untersuchten 26 Krebsendpunkte, wobei die Mehrheit Tumoren des blutbildenden Systems und das Lymphsystem betreffende Tumoren waren.

Von den 143 Studien erfüllten 19 die Kriterien für den Einschluss in die Metaanalysen, basierend auf ausreichend homogenen Datensätzen hinsichtlich Expositionstyp, Expositionsmetrik und Art der Krebserkrankung. Für SR-A waren Metaanalysen zur Nutzung von Mobiltelefonen und dem Risiko für Leukämie, Non-Hodgkin-Lymphom sowie Schilddrüsenkrebs möglich. Für SR-B wurde keine Metaanalyse durchgeführt, da nur ein Artikel identifiziert wurde. Für SR-C wurden Metaanalysen zum Risiko von Tumoren des blutbildenden Systems, zum Risiko von das Lymphsystem betreffenden Tumoren sowie zum Risiko von Krebs der Mundhöhle und des Rachens bei exponierten gegenüber nicht exponierten Arbeitern durchgeführt.

Die am häufigsten kritisch beurteilte Domäne bei der RoB-Bewertung der 19 in Metaanalysen eingeschlossenen Studien war die Expositionscharakterisierung. Das zeigte sich besonders in Studien zur beruflichen Exposition (SR-C). Zudem stellten Verzerrungen bei der Erfassung der Endpunkte in den auf Mortalitätsdaten basierenden Studien beruflich Exponierter sowie Verzerrungen aufgrund von nicht beachteten Störfaktoren (Confounding) eine Herausforderung dar. Selektive Berichterstattung und statistische Methoden wurden in allen eingeschlossenen Studien als Risiko mit geringem Verzerrungspotenzial eingestuft. Insgesamt wurden 13 Studien (68 %) als moderat verzerrungsanfällig (Tier-2) klassifiziert, während die verbleibenden 6 Studien (32 %) ein geringes Verzerrungsrisiko (Tier-1) aufwiesen.

Die wichtigsten Ergebnisse der Metaanalysen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Insgesamt lagen alle kombinierten Effektschätzer (meta Relatives Risiko) nahe bei 1, was auf kein erhöhtes Risiko hinweist – das heißt, das Risiko war ähnlich bei Nutzern und Nicht-Nutzern sowie bei Langzeitnutzern und Nicht-Nutzern.

Zusammenfassend zeigt sich, mit einem niedrigen Vertrauen in die Evidenz, dass die Nutzung von Mobiltelefonen das Risiko für Leukämie, Non-Hodgkin-Lymphome oder Schilddrüsenkrebs nicht erhöht (SR-A). Für die berufliche HF-EMF-Exposition zeigte sich, mit einem sehr niedrigen Vertrauen in die Evidenz, kein erhöhtes Risiko für Tumoren des blutbildenden Systems und das Lymphsystem betreffende Tumoren oder für Krebs der Mundhöhle/des Rachens (SR-C). Für eine Metaanalyse zu den Auswirkungen einer Fernfeld-Ganzkörperexposition durch ortsfeste Senderanlagen (SR-B) lagen nicht genügend Daten vor. Insgesamt wur-

de das Vertrauen in die Ergebnisse durch Verzerrungen bei der Expositionsbewertung und die geringe Anzahl exponierter Krankheitsfälle eingeschränkt. Fazit: Die Studie fand keinen statistisch signifikanten Anstieg des Risikos für eine der analysierten Krebserkrankungen im Zusammenhang mit HF-EMF-Exposition.

### 3 Kommentare des BfS

Bei der hier präsentierten Publikation haben Mitarbeitende des BfS als Autor\*innen mitgewirkt. Aufgrund dessen sehen wir von einer detaillierten Bewertung und Stellungnahme zu den Inhalten und der Aussagekraft dieser Publikation ab. Wir bedanken uns für Ihr Verständnis und stehen für weitere Fragen zur Publikation zur Verfügung.

| Endpunkt<br>Krebserkrankung                                                                                                                    | Anzahl Studien /<br>Anzahl exponierte<br>Fälle (n) | Expositions-<br>metrik           | Effektschätzer,<br>meta Relatives<br>Risiko (mRR)<br>(95 % KI) | Statistisch<br>signifikan-<br>ter Effekt | Vertrau-<br>en in die<br>Evidenz |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Ergebnisse von SR-A: Studien zur HF-EMF-Exposition durch drahtlose Telefone</b><br>(Nahfeldexposition – Kopfnähe Nutzung des Mobiltelefons) |                                                    |                                  |                                                                |                                          |                                  |
| Leukämie                                                                                                                                       | 2 Kohorten, 2 Fall-Kontroll<br>n = 1.538           | Nutzung<br>jemals vs. nie        | 0,99<br>(0,91-1,07)                                            | Nein                                     | Niedrig                          |
|                                                                                                                                                | 2 Kohorten, 1 Fall-Kontroll<br>n = 260             | Langzeitnutzung<br>(10+ Jahre)   | 1,03<br>(0,85-1,24)                                            | Nein                                     | Niedrig                          |
| Non-Hodgkin-Lymphom                                                                                                                            | 2 Kohorten, 3 Fall-Kontroll<br>n = 2.179           | Nutzung<br>jemals vs. nie        | 0,99<br>(0,92-1,06)                                            | Nein                                     | Niedrig                          |
|                                                                                                                                                | 1 Kohorte, 3 Fall-Kontroll<br>n = 295              | Langzeitnutzung<br>(10+ Jahre)   | 0,99<br>(0,86-1,15)                                            | Nein                                     | Niedrig                          |
| Schilddrüsenkrebs                                                                                                                              | 2 Kohorten, 1 Fall-Kontroll<br>n = 1.040           | Nutzung<br>jemals vs. nie        | 1,05<br>(0,88-1,26)                                            | Nein                                     | Niedrig                          |
| <b>Ergebnisse von SR-C: Studien zur beruflichen HF-EMF-Exposition</b><br>(Nahfeld/Fernfeld im Arbeitskontext)                                  |                                                    |                                  |                                                                |                                          |                                  |
| Tumoren des<br>blutbildenden Systems<br>und das Lymphsystem<br>betreffende Tumoren                                                             | 4 Kohorten<br>n = 215                              | Exponiert vs.<br>nicht exponiert | 1,05<br>(0,87-1,28)                                            | Nein                                     | Sehr<br>niedrig                  |
| Krebs der Mundhöhle<br>und des Rachens                                                                                                         | 3 Kohorten<br>n = 34                               | Exponiert vs.<br>nicht exponiert | 0,68<br>(0,42-1,11)                                            | Nein                                     | Sehr<br>niedrig                  |

**Tabelle 1:** Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Metaanalysen.

## Referenzen

- [1] Karipidis, K, Baaken, D, Loney, T, Blettner, M, Mate, R, Brzozek, C, Elwood, M, Narh, C, Orsini, N, Rösli, M, Paulo, MS, Lagorio, S. The effect of exposure to radiofrequency fields on cancer risk in the general and working population: A systematic review of human observational studies - Part II: Less researched outcomes. *Environment International*. 2025; 196:109274.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109274>.
- [2] Verbeek, J, Oftedal, G, Feychting, M, van Rongen, E, Scarfi, MR, Mann, S, Wong, R, van Deventer, E. Prioritizing health outcomes when assessing the effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields: a survey among experts. *Environment International*. 2021; 146:106300.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106300>.
- [3] Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder, Bundesamt für Strahlenschutz. Spotlight on "WHO assessment of health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields: systematic reviews", eine Sonderreihe in Environment International. *Spotlight on EMF Research*; Spotlight - Apr/2024 no.2. URL: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2024042443254>.
- [4] Karipidis, K, Baaken, D, Loney, T, Blettner, M, Brzozek, C, Elwood, M, Narh, C, Orsini, N, Rösli, M, Paulo, MS, Lagorio, S. The effect of exposure to radiofrequency fields on cancer risk in the general and working population: A systematic review of human observational studies – Part I: Most researched outcomes. *Environment International*. 2024; 191:108983.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108983>.
- [5] Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF), Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). Spotlight on "The effect of exposure to radiofrequency fields on cancer risk in the general and working population: A systematic review of human observational studies – Part I: Most researched outcomes" by Karipidis et al. in Environment International (2024). *Spotlight on EMF Research*; Spotlight - Jul/2025 no.1.  
URL: <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2025070452870>.
- [6] Lagorio, S, Blettner, M, Baaken, D, Feychting, M, Karipidis, K, Loney, T, Orsini, N, Rösli, M, Paulo, MS, Elwood, M. The effect of exposure to radiofrequency fields on cancer risk in the general and working population: A protocol for a systematic review of human observational studies. *Environment International*. 2021; 157:106828.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106828>.
- [7] World Health Organisation (WHO). *WHO handbook for guideline development*. 2. Aufl. Genf, 2014.  
URL: [https://www.who.int/publications/guidelines/handbook%5C\\_2nd%5C\\_ed.pdf](https://www.who.int/publications/guidelines/handbook%5C_2nd%5C_ed.pdf).
- [8] Whaley, P, Aiassa, E, Beausoleil, C, et al. Recommendations for the conduct of systematic reviews in toxicology and environmental health research (COSTER). *Environment International*. 2020; 143:105926.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105926>.
- [9] Page, MJ, McKenzie, JE, Bossuyt, PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*. 2021; 10:89.  
DOI: <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>.
- [10] National Toxicology Program (NTP). *Handbook for conducting a literature-based health assessment using OHAT approach for systematic review and evidence integration* 2019.  
URL: [https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/pubs/handbookmarch2019%5C\\_508.pdf](https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/pubs/handbookmarch2019%5C_508.pdf).

**Impressum**

Bundesamt für Strahlenschutz  
Postfach 10 01 49  
38201 Salzgitter

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

Tel.: +49 30 18333-0  
Fax: +49 30 18333-1885  
E-Mail: [spotlight@bfs.de](mailto:spotlight@bfs.de)

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:  
[urn:nbn:de:0221-2025070452863](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2025070452863)

Spotlight - Jul/2025 no.2 (Deu)