



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 I: Most researched outcomes” by Karipidis et al. in Environment International (2024)

Kategorie [Hochfrequente Felder, Übersichtsarbeit]

Spotlight - Jul/2025 no.1 (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 HF-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]).

Die Nutzung von Technologien, die HF-EMF aussenden, hat seit den 1950er Jahren kontinuierlich zugenommen – mit Anwendungen in der Medizin, Industrie, im Haushalt, Militär und insbesondere in der Telekommunikation. In den späten 1990er und frühen 2000er Jahren, als Mobiltelefone zunehmend von der breiten Bevölkerung verwendet wurden, kamen erste Bedenken hinsichtlich möglicher gesundheitlicher Auswirkungen dieser Technologie auf. Da damals meist keine Freisprecheinrichtungen verwendet wurden, war die Strahlenbelastung des Kopfes vergleichsweise hoch. Daher richtete sich das wissenschaftliche Interesse zunächst vor allem auf einen möglichen Zusammenhang zwischen der Handynutzung und Tumoren im Kopf wie Gliomen, Meningeomen und Akustikusneurinomen. Dies führte zur Durchführung mehrerer epidemiologischer Studien, um potenzielle Langzeiteffekte der Handynutzung auf das Risiko für Hirntumoren zu untersuchen.

Der vorliegende systematische Review von Karipidis et al. [1] untersucht den Einfluss der Exposition gegenüber HF-EMF auf das Krebsrisiko in der Allgemeinbevölkerung und bei beruflich exponierten Personen. Der Review basiert auf Beobachtungsstudien am Menschen und ist Teil der von der WHO in Auftrag gegebenen Reihe systematischer Übersichtsarbeiten. Es werden die häufigsten untersuchten Krebsarten in diesem Forschungsfeld analysiert, nämlich Neubildungen des zentralen Nervensystems, der Speicheldrüsen sowie Leukämien. In einer zweiten Publikation [4] derselben Arbeitsgruppe werden weniger häufig untersuchte Krebsarten behandelt, darunter Tumoren des blutbildenden Systems und das Lymphsystem betreffende Tumoren, Schilddrüsenkrebs sowie Krebs der Mundhöhle und des Rachens. Diese Ergebnisse werden in einem gesonderten *Spotlight on EMF Research* vorgestellt.

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 Aussagekraft der Evidenz für einen möglichen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber HF-EMF und dem Krebsrisiko in Beobachtungsstudien am Menschen.

Die Autoren veröffentlichten vor Beginn der Arbeiten an dem systematischen Review ein Studienprotokoll [5]. In diesem Protokoll legten sie alle Methoden dar, die im Verlauf der systematischen Übersichtsarbeit und Metaanalyse angewendet wurden. Die Autoren folgten dem Ansatz der WHO zur Leitlinienentwicklung [6], berücksichtigten die COSTER-Empfehlungen (Conduct of Systematic Reviews in Toxicology and Environmental Health Research) [7] und berichteten die Ergebnisse gemäß den PRISMA-Richtlinien [8]. 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 [9]. 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 Expositionscharakterisierung, Vertrauen in die Ergebnisbewertung, selektive Berichterstattung sowie Angemes-

senheit der statistischen Auswertung. Für die dreistufige Qualitätsbewertung einzelner Studien gemäß OHAT wurden „Selektions-/Ausfallbias“ sowie „Informationsverzerrung bei Exposition und Outcome“ als Schlüssel- domänen 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.

Die systematische Übersichtsarbeit umfasst drei **PECO-Schemata (Population, Exposure, Comparator, Outcome)**, die zur Definition der Einschlusskriterien verwendet wurden. Es gibt ein PECO-Schema zur HF-EMF- **Exposition (E)** durch die Nutzung drahtloser Telefone, einschließlich Mobil- und Schnurlostelefone (SR-A), eines zur HF-EMF-Exposition durch Umweltquellen wie Radio-/Fernsehsender oder Mobilfunk-Basisstationen (SR-B) sowie eines zur beruflichen HF-EMF-Exposition, etwa durch die Nutzung tragbarer Funkgeräte oder HF-EMF-emittierender Geräte am Arbeitsplatz (SR-C). Bezüglich der **Population (P)** umfassen SR-A und SR-B Personen der Allgemeinbevölkerung, während sich SR-C auf beruflich exponierte Personen konzentriert. Es wurden keine Einschränkungen hinsichtlich Geschlecht, Alter oder anderer 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. Analog zum Expositionsfaktor (E) variiert auch der **Outcome (O)** zwischen den drei PECO-Schemata: SR-A umfasste Gliome/Hirntumoren bei Erwachsenen, Hirntumoren bei Kindern, Meningeome, Akustikusneurinome, Tumoren der Hypophyse sowie Tumoren der Speicheldrüsen. In SR-B wurden kindliche Leukämie, Hirntumoren bei Kindern, Gliome/Hirntumoren bei Erwachsenen sowie Leukämie bei Erwachsenen untersucht. SR-C konzentrierte sich auf Gliome/Hirntumoren und Leukämie.

Für die Bewertung des Vertrauens in die Evidenz wurde separat für die einzelnen PECOS bei SR-A, SR-B und SR-C jeweils der OHAT-Grade-Ansatz verwendet. Die Vertrauensniveaus wurden in die Kategorien hoch, moderat, niedrig und sehr niedrig eingestuft. Der Bewertungsprozess erfolgte in drei Schritten: 1) Ausgangsbewertung mit einem moderaten Vertrauensniveau, 2) Anpassung der Bewertung basierend auf Faktoren wie Inkonsistenz oder Verzerrungsrisiken, 3) abschließende Bewertung des Vertrauensniveaus über verschiedene Expositionsarten und Endpunkte hinweg. Für den Zusammenhang zwischen Gliomen und der Nutzung von Mobiltelefonen wurde zusätzlich die externe Übereinstimmung mit Ergebnissen aus Zeittrend-Simulationsstudien überprüft.

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 Querschnittsstudien wurden ausgeschlossen.

Insgesamt wurden 5.060 Artikel identifiziert. Im Rahmen der Duplikatsuche, des Titel-/Abstract-Screenings und der Volltextsichtung wurden nicht relevante Artikel ausgeschlossen, sodass 63 Artikel in den systematischen Review aufgenommen wurden. Die Artikel wurden zwischen 1994 und 2022 veröffentlicht und enthielten Daten von Teilnehmenden aus 22 Ländern, wobei über 119 verschiedene Expositions-Endpunkt-Paare (Studien) berichtet wurden. Von den 63 Artikeln entfielen 82 Studien auf SR-A, in denen das Risiko für ausgewählte Tumoren im Kopfbereich (Hirntumoren bei Kindern, Gliome, Meningeome, Akustikusneurinome, Tumoren der Hypophyse und der Speicheldrüsen) im Zusammenhang mit der Nutzung von Mobiltelefonen untersucht wurde. Weitere 23 Studien berichteten über die Nutzung von Schnurlostelefonen im Zusammenhang mit einigen der oben genannten Hirntumoren. Für SR-B wurden 10 Studien zum Risiko von kindlicher Leukämie und Hirntumoren bei Kindern eingeschlossen. Für SR-C konnten lediglich 3 relevante Studien zum Risiko von Hirntumoren/Gliomen bei beruflicher Exposition identifiziert werden.

Von allen eingeschlossenen Studien wurden 49 % als Tier-1-Studien mit geringem Risiko für Bias eingestuft. 51 % wurden als Tier-2-Studien bewertet, während keine einzige Studie der Tier-3-Kategorie zugeordnet wurde. Auf Ebene der Einzelstudien stellten die Expositionscharakterisierung (eine Schlüsseldomäne) sowie die Anfälligkeit für Selektionsbias die kritischsten Aspekte dar. Die Ergebnisbewertung und die statistischen Methoden wurden hingegen bei nahezu allen eingeschlossenen Studien als mit geringem Verzerrungsrisiko bewertet. Die zentralen Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Es wurde kein statistisch signifikanter Anstieg des Risikos für Gliome, Meningeome, Akustikusneurinome, Hypophysentumoren, Speicheldrüsentumoren oder Hirntumoren bei Kindern im Zusammenhang mit der Nut-

zung von Mobiltelefonen (SR-A) bei den Hauptanalysen („jemals“ vs. „nie“ genutzt) festgestellt. Zusätzliche Analysen zur Dauer der Nutzung oder zur Anzahl der Anrufe stützen diese Ergebnisse. Ebenso wurde kein signifikanter Anstieg des Risikos für Gliome, Meningeome oder Akustikusneurinome bei der Nutzung von Schnurlostelefonen beobachtet (SR-A). Bei ortsfesten Sendeanlagen, insbesondere durch Rundfunkantennen oder Mobilfunk-Basisstationen, zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang mit dem Risiko für kindliche Leukämie oder Hirntumoren bei Kindern (SR-B). Auch in Bezug auf die berufliche Exposition wurde kein statistisch signifikanter Anstieg des Gliomrisikos festgestellt (SR-C). Zudem ergaben veröffentlichte Zeittrend-Simulationsstudien, dass die in einigen Studien beobachteten Anstiege des Risikos für Gliome oder Hirntumoren nicht mit den tatsächlichen Inzidenztrends übereinstimmen. Karipidis et al. kommen zu dem Schluss, dass es auf Basis der verfügbaren Beobachtungsstudien Hinweise mit moderater Sicherheit gibt, dass eine HF-EMF-Nahfeldexposition des Kopfes durch Mobiltelefonnutzung wahrscheinlich nicht das Risiko für Gliome, Meningeome, Akustikusneurinome, Hypophysentumoren und Speicheldrüsentumoren bei Erwachsenen sowie für Hirntumoren bei Kindern erhöht. Für die Nutzung von Schnurlostelefonen besteht eine geringe Sicherheit für die Evidenz, dass sie möglicherweise nicht das Risiko für Gliome, Meningeome oder Akustikusneurinome erhöhen. Bezüglich der Fernfeld-Ganzkörperexposition durch ortsfeste Sendeanlagen (z. B. Rundfunkanlagen, Mobilfunk-Basisstationen) und kindliche Leukämie besteht eine moderate Sicherheit, dass sie wahrscheinlich nicht das Risiko erhöht, sowie eine geringe Sicherheit im Hinblick auf Hirntumoren bei Kindern. Für die berufliche Exposition gegenüber HF-EMF besteht möglicherweise kein erhöhtes Risiko für Hirntumoren, allerdings ist die Anzahl der verfügbaren Studien zu diesem Aspekt begrenzt. Insgesamt ergab die Untersuchung 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 Kreberkrankung	Anzahl Studien / Anzahl exponierte Fälle (n)	Expositionsmetrik	Effektschätzer, meta Relatives Risiko (mRR) (95 % KI)	Statistisch signifikan- ter Effekt	Vertrau- en in die Evidenz
Ergebnisse von SR-A: Studien zur HF-EMF-Exposition durch drahtlose Telefone (Nahfeldexposition – Kopfnähe Nutzung)					
Gliom	3 Kohorten, 10 Fall-Kontroll n = 4.200	Mobiltelefon Nutzung jemals vs. nie	1,01 (0,89-1,13)	Nein	Moderat
	3 Fall-Kontroll n > 1.022*	Schnurlostelefon Nutzung jemals vs. nie	1,04 (0,74-1,46)	Nein	Niedrig
Meningeom	3 Kohorten, 7 Fall-Kontroll n = 2.990	Mobiltelefon Nutzung jemals vs. nie	0,92 (0,82-1,02)	Nein	Moderat
	3 Fall-Kontroll n > 1.089*	Schnurlostelefon Nutzung jemals vs. nie	0,91 (0,70-1,18)	Nein	Moderat
Akustikus- neurinom	2 Kohorten, 9 Fall-Kontroll n = 1.614	Mobiltelefon Nutzung jemals vs. nie	1,03 (0,85-1,24)	Nein	Moderat
	4 Fall-Kontroll n > 716*	Schnurlostelefon Nutzung jemals vs. nie	1,16 (0,83-1,61)	Nein	Niedrig
Hypophysen- tumor	1 Kohorte, 4 Fall-Kontroll n > 466*	Mobiltelefon Nutzung jemals vs. nie	1,16 (0,83-1,61)	Nein	Moderat
Speicheldrüsen- tumor	1 Kohorte, 9 Fall-Kontroll n = 611	Mobiltelefon Nutzung jemals vs. nie	0,91 (0,78-1,06)	Nein	Moderat
Hirntumoren bei Kindern	3 Fall-Kontroll n = 733	Mobiltelefon Nutzung jemals vs. nie	1,06 (0,74-1,51)	Nein	Moderat
Ergebnisse von SR-B: Studien zur HF-EMF-Exposition durch Umweltquellen (Fernfeld-Ganzkörperexposition durch ortsfeste Sendeanlagen)					
Hirntumoren bei Kindern	1 Kohorte, 3 Fall-Kontroll n = 1.056	Exponiert vs. nicht exponiert	0,97 (0,73-1,29)	Nein	Niedrig
Leukämie bei Kindern	1 Kohorte, 4 Fall-Kontroll n = 2.219	Exponiert vs. nicht exponiert	0,93 (0,85-1,03)	Nein	Moderat
Ergebnisse von SR-C: Studien zur beruflichen HF-EMF-Exposition (Nahfeld/Fernfeld im Arbeitskontext)					
Gliom	3 Fall-Kontroll n = 313	Exponiert vs. nicht exponiert	1,06 (0,72-1,54)	Nein	Niedrig

* Keine Angabe zur Anzahl exponierter Fälle in einer Studie

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Metaanalysen.

Referenzen

- [1] Karipidis, K, Baaken, D, Loney, T, Blettner, M, Brzozek, C, Elwood, M, Narh, C, Orsini, N, Röösl, 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>.
- [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, Mate, R, Brzozek, C, Elwood, M, Narh, C, Orsini, N, Röösl, 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>.
- [5] Lagorio, S, Blettner, M, Baaken, D, Feychting, M, Karipidis, K, Loney, T, Orsini, N, Röösl, 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>.
- [6] 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.
- [7] 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>.
- [8] 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>.
- [9] 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.

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:0221-2025070452870

Spotlight - Jul/2025 no.1 (Deu)