

Spotlight on EMF Research

Spotlight on “The effects of radiofrequency electromagnetic fields exposure on tinnitus, migraine and non-specific symptoms in the general and working population: A systematic review and meta-analysis on human observational studies” von Rösli et al. in Environment International (2024)

Kategorie [Hochfrequente Felder, epidemiologische Studie]

Spotlight - Sep/2024 no.2 (Deu)

Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF)

1 Einordnung des Artikels in den Kontext durch das BfS

Im Jahr 2018 startete die Weltgesundheitsorganisation (World Health Organisation, WHO) ein internationales Projekt, um die Evidenz für einen möglichen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF-EMF) und gesundheitsrelevanten Wirkungen systematisch zu überprüfen. Ziel ist eine umfassende Neubewertung des Risikos und die Aktualisierung der Environmental Health Criteria (EHC) Monographie zu HF-EMF, zuletzt im Jahr 1993 überarbeitet (siehe auch Spotlight - Apr/2024 no. 2 [2]). Dazu wurden in einer Expertenbefragung Schlüsselthemen identifiziert, zu denen die WHO im Herbst 2019 systematische Übersichten initiierte [3]. Die nun veröffentlichte Übersichtsarbeit von Rösli et al. [1] fasst die Evidenz bezüglich eines möglichen Zusammenhangs zwischen der Exposition gegenüber HF-EMF des Frequenzbereichs 100 kHz bis 300 GHz und Tinnitus, Migräne, Kopfschmerzen, Schlafstörungen und verschiedenen unspezifischen Symptomen aus Beobachtungsstudien am Menschen zusammen. Eine weitere Übersichtsarbeit beleuchtet die Ergebnisse experimenteller Studien am Menschen in Bezug auf verschiedene Symptome [4].

2 Resultate und Schlussfolgerungen aus der Perspektive der Autorenschaft

Im Fokus der Übersichtsarbeit stehen fünf primäre Hypothesen. Hypothesen 1-3 betreffen mögliche Zusammenhänge zwischen Tinnitus, Migräne oder Kopfschmerzen und lokaler Exposition des Kopfes durch Nahfeldquellen wie zum Beispiel Mobiltelefone oder schnurlose Telefone. Hypothesen 4 und 5 betreffen mögliche Zusammenhänge zwischen Schlafstörungen oder Symptomkombinationen und Ganzkörperexposition, welche sich zumeist auf Fernfeldquellen wie zum Beispiel Rundfunkantennen, Mobilfunk-Basisstationen oder WLAN beschränkt. Unter Symptomkombinationen verstehen die Autor*innen Endpunkte, die in den Studien als Symptomscores durch Fragebögen, die sich auf verschiedene körperliche und /oder psychische Beschwerden beziehen, erhoben wurden. Neben den Symptomen der primären Hypothesen werden auch andere unspezifische Symptome, wie z.B. Nervosität, Müdigkeit, Erschöpfung und Schwindel, betrachtet. Im vorab publizierten Protokoll [5] wurden Ein- und Ausschlusskriterien benannt, um die in die Untersuchung einzubeziehende Studien zu definieren. Es wurden nur Beobachtungsstudien eingeschlossen, die einen Zeitverlauf (longitudinales Design) betrachten, und die als Zielpopulation die Allgemeinbevölkerung, beruflich exponierte Personen oder Personen, die angeben elektrosensibel zu sein, einschließen.

In einer Literatursuche in den Datenbanken Medline, Web of Science, PsycInfo, Cochrane Library, Epistemonikos und Embase konnten nach dem Ausschluss von Doubletten aus 3.887 identifizierten Arbeiten 13 Arbeiten entsprechend der angewendeten Einschlusskriterien identifiziert werden. Die älteste der eingeschlossenen Studien stammt aus dem Jahr 2009 [6] und die drei jüngsten Studien stammen aus den Jahren 2019 und 2020 [7-9]. Zwei davon berichten über Ergebnisse der 2010 initiierten internationalen COSMOS Studie (Cohort Study on Mobile Phones and Health) zur Wirkung von EMF durch Handynutzung.

Zur Beurteilung der Studienqualität wurde eine Bewertung des Verzerrungsrisikos (*Risk of Bias*) (siehe auch Spotlight - Apr/2024 no.2 [2]) vorgenommen. Jeweils die Hälfte der bewerteten Kombinationen aus Endpunkt, Exposition, Expositionsbewertungsmethode und Populationstyp wies ein geringes *Risk of Bias* (Qualitätsstufe 1) oder aber ein hohes *Risk of Bias* (Qualitätsstufe 3) auf.

Wenn zu den primär untersuchten Endpunkt-Expositions-Kombinationen mehrere Studien vorlagen, haben die Autor*innen Random-Effects-Metaanalysen zur gepoolten Auswertung der Effektschätzer der Einzelstudien durchgeführt. Als Metaschätzer wurde für Tinnitus das relative Risiko (RR) und für Kopfschmerzen, Schlafstörungen und Symptomkombinationen die standardisierte Mittelwertdifferenz (SMD) berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Zur Evidenzsynthese bezüglich der primären Hypothesen bewerteten Röösl et al. das Vertrauen in die beobachteten Zusammenhänge zwischen Exposition und Endpunkt (siehe letzte Spalte Tabelle 1). Die Bewertung ging von moderatem Vertrauen in die Evidenz aus und wurde bei hohem *Risk of Bias* der Studien, starker Inkonsistenz (Heterogenität) zwischen den Studienergebnissen, bei Indirektheit der Expositions-messung, bei geringer Präzision der Effektschätzer (Ungenauigkeit) und bei starken Hinweisen für einen Publikationsbias herabgestuft. Mögliche Gründe für die Hochstufung des Vertrauens in die Evidenz wären große Effektschätzer, das Vorliegen einer konsistenten HF-EMF-Expositions-Wirkungs-Beziehung und eine unwahrscheinliche Verzerrung durch nicht berücksichtigte oder unzureichend kontrollierte Störfaktoren (Restconfounding) gewesen, allerdings trafen diese Gründe auf die Datenbasis nicht zu.

Tabelle 1: Ergebnisübersicht

Endpunkt	Zahl d. Studien	Exposition (Lokalisation)	Effektschätzer, Höhe des Effekts (95 % KI)	Statistisch signifikante Effekte	Vertrauen in die Evidenz
Ergebnisse zu den primären Hypothesen					
Tinnitus	3	lokale Exposition des Gehirns	RR 1,43 (0,94 - 2,18) pro 100 min Gesprächszeit pro Woche	Keine	sehr gering
Migräne*	1	lokale Exposition des Gehirns	RR 1,2 (1,1 - 1,3) pro 100 min Gesprächszeit pro Woche	erhöhtes Risiko	sehr gering
Kopfschmerzen	4	lokale Exposition des Gehirns	SMD -0,64 (-2,38 - 1,10) pro 100 min Gesprächszeit pro Woche	Keine	sehr gering
Schlafstörungen	3	Ganzkörperexposition	SMD 1,51 (-2,00 - 5,03) pro 1 V/m	Keine	sehr gering
Symptom-kombinationen	4	Ganzkörperexposition	SMD 1,13 (-0,94 - 3,20) pro 1 V/m	Keine	sehr gering

KI - Konfidenzintervall, RR - relatives Risiko, SMD - standardisierte Mittelwertdifferenz

* Ergebnisse der Einzelstudie, keine Metaanalyse möglich, da nur eine Studie zur Verfügung stand.

Wenn zu möglichen Zusammenhängen zwischen primären Endpunkten und anderen Expositionsquellen mehr als eine Studie vorlag, wurden in der systematischen Übersichtsarbeit auch für diese Endpunkt-Expositions-Kombinationen Metaanalysen durchgeführt. Für andere Endpunkte, die in den 13 Studien ebenfalls behandelt wurden, konnten keine Metaanalysen durchgeführt werden, da es zu wenig vergleichbare Kombinationen aus Exposition und Endpunkt gab. Für die meisten dieser Kombinationen sind die Assoziationen nicht statistisch signifikant. Die wenigen statistisch signifikanten Schätzungen weisen beide Effektrichtungen auf (Zunahme oder Abnahme der Symptome).

Die Autor*innen fassen für die fünf primären Hypothesen zusammen, dass nur sehr geringes Vertrauen in die Evidenz dafür zu finden war, dass Zusammenhänge zwischen HF-EMF-Exposition und den verschiedenen Symptomen bestehen. Für die anderen Endpunkte führen sie aus, dass keine Hinweise auf einen Zusammenhang mit einem bestimmten Symptom oder einer bestimmten Expositionsquelle gefunden wurden.

Als Ursache für das sehr geringe Vertrauen in die Evidenz der primären Ergebnisse adressieren Rösli et al. an mehreren Stellen verschiedene *Aspekte der Expositionserhebung*. Diese Aspekte resultieren aus den Schwierigkeiten, die Exposition durch HF-EMF direkt zu messen, und aus den Limitationen, die sich aus der Verwendung von mehr oder minder gut geeigneten Ersatzgrößen ergeben. Daher sind typischerweise alle epidemiologischen Beobachtungsstudien von diesen Schwierigkeiten betroffen. Bei vier von fünf primären Hypothesen führte ein hohes oder sehr hohes *Risk of Bias* zur Herabstufung des Vertrauens in die Evidenz um ein oder zwei Punkte. Die kritische Beurteilung des *Risk of Bias* erfolgte, weil die Effektmaße zum Teil, mehrheitlich oder ausschließlich aus Studien der Qualitätsstufe 3 stammten, was wiederum immer auch auf *Verzerrungen bei der Expositionsabschätzung* zurückgeführt wurde. Die Heterogenität der Studienergebnisse führte bei allen primären Endpunkten zur Herabstufung des Vertrauens in die Evidenz. Plausible Ursachen für die Heterogenität vermuten die Autor*innen in unterschiedlicher Studienmethodik hinsichtlich der *Expositionsbewertungsmethoden* und aufgrund von Störfaktoren (Confounding). Für die primären Endpunkte Tinnitus, Migräne und Kopfschmerzen in Beziehung zu lokaler Exposition des Gehirns

fürte auch *die Indirektheit der Expositionsmessung* zur Herabstufung des Vertrauens in die Evidenz. Laut Protokoll sollte die Exposition im besten Fall als zeitgewichteter Durchschnitt oder als kumulative spezifische Absorptionsrate (SAR) gemessen oder kalkuliert werden. Dies war jedoch nur in einer Studie der Fall. Als Ersatzgröße wurde die Nutzungsdauer von Mobiltelefonen herangezogen. Die Nutzung von Mobiltelefonen ist jedoch nicht nur mit HF-EMF verbunden, sondern auch mit vielen anderen Aspekten, die das Risiko für die betrachteten Endpunkte beeinflussen können. Darüber hinaus lässt sich aus Daten zur Nutzung eines Mobiltelefons nur sehr ungenau die tatsächliche Exposition gegenüber HF-EMF ableiten. Hinzu kommt, dass die Nutzung von Mobiltelefonen in den Studien oftmals nur als von den Handynutzern selbstberichtete Größe und nicht als vom Mobilfunkanbieter verifizierte Information zur Verfügung steht, was zu den genannten *Verzerrungen bei der Expositionsabschätzung* führt.

3 Kommentare des BfS

Diese systematische Übersichtsarbeit für die bekannten Leitlinien und Methoden für die Durchführung von systematischen Übersichtsarbeiten [10-14] herangezogen wurden (siehe auch Spotlight - Apr/2024 no.2 [2]), ist aus Sicht des Strahlenschutzes wichtig und ist sowohl für die Wissenschaft als auch für die breite Öffentlichkeit von Interesse. Sie liefert eine transparente Analyse der aktuellen Evidenz aus Beobachtungsstudien am Menschen für mögliche Assoziationen zwischen HF-EMF-Exposition und Tinnitus, Migräne und anderen unspezifischen Symptomen in hoher Qualität.

Die verfügbare Datenbasis ist mit nur 13 eingeschlossenen Studien jedoch relativ gering. Die Einschlusskriterien hinsichtlich des Studiendesigns und des Studienziels, welche die Datenbasis stark beschränken, werden gut begründet und sind nachvollziehbar. Beispielsweise wurden 23 Querschnittsstudien, die sich im Gegensatz zu longitudinalen Studien auf einen Zeitpunkt beziehen, aber sonst alle Kriterien erfüllten, nicht aufgenommen, weil es ohne Beachtung der zeitlichen Reihenfolge der Ereignisse schwierig ist, kausale Schlussfolgerungen zu ziehen und Störfaktoren (Confounding) festzustellen. Die Einbeziehung von Panel- und Querschnittsstudien in den Diskussionsteil der Ergebnisse hätte diese jedoch sicher bereichert und eventuell Quelle von zusätzlicher Evidenz sein können.

Die in der Übersichtsarbeit ausgewerteten Studien bieten unzureichende Evidenz für oder gegen mögliche Assoziationen zwischen HF-EMF und unspezifischen Symptomen. Wie Rösli et al. feststellen, bieten die Ergebnisse damit keinen Anhaltspunkt dafür, dass HF-EMF Expositionen unterhalb der in den Leitlinien der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) definierten Werte die untersuchten Symptome verursachen. Jedoch sind sie isoliert betrachtet auch kein Nachweis dafür, dass HF-EMF Expositionen unterhalb der Grenzwerte diese Symptome nicht verursachen. Für eine weiterführende Bewertung müssen auch die Ergebnisse von experimentellen Studien sowie Fragen der biologischen Plausibilität (zugrundeliegende Wirkmechanismen) in Betracht gezogen werden. Eine ebenfalls von der WHO beauftragte und kürzlich veröffentlichte systematische Übersichtsarbeit zu experimentellen Humanstudien deutet stark auf die Abwesenheit von Effekten unter den gegebenen Versuchsbedingungen hin [4]. Ein kausaler Zusammenhang zwischen schwachen HF-EMF-Expositionen und den betrachteten unspezifischen Symptomen erscheint damit derzeit sehr unwahrscheinlich.

Das BfS stimmt mit den Autor*innen überein, dass Erkenntnisgewinne weiterer epidemiologischer Forschung nur zu erwarten sind, wenn methodische Weiterentwicklungen stattfinden. Besonderer Bedarf besteht dazu im Hinblick auf die Expositionsabschätzung, die insbesondere aufgrund der rapiden technischen Weiterentwicklung der Mobilfunktechnologie mit erheblichen Herausforderungen konfrontiert ist. Inwieweit eine großangelegte und auch für lange Beobachtungszeiträume zuverlässige Abschätzung der HF-EMF-Exposition von an Studien teilnehmenden Personen in epidemiologischen Studien zukünftig überhaupt noch möglich sein wird, ist derzeit unklar.

Referenzen

- [1] Rössli, Martin et al. "The effects of radiofrequency electromagnetic fields exposure on tinnitus, migraine and non-specific symptoms in the general and working population: A systematic review and meta-analysis on human observational studies." *Environment international* vol. 183 (2024): 108338. doi:10.1016/j.envint.2023.108338
- [2] Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder, Bundesamt für Strahlenschutz. Spotlight auf "WHO assessment of health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields: systematic reviews", eine Sonderreihe in *Environment International*. Spotlight - Apr/2024 no.2. <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2024042443254>
- [3] Verbeek, Jos et al. "Prioritizing health outcomes when assessing the effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields: A survey among experts." *Environment international* vol. 146 (2021): 106300. doi:10.1016/j.envint.2020.106300
- [4] Bosch-Capblanch, Xavier et al. "The effects of radiofrequency electromagnetic fields exposure on human self-reported symptoms: A systematic review of human experimental studies." *Environment international* vol. 187 (2024): 108612. doi:10.1016/j.envint.2024.108612
- [5] Rössli, Martin et al. "The effects of radiofrequency electromagnetic fields exposure on tinnitus, migraine and non-specific symptoms in the general and working population: A protocol for a systematic review on human observational studies." *Environment international* vol. 157 (2021): 106852. doi:10.1016/j.envint.2021.106852
- [6] Schüz, Joachim et al. "Risks for Central Nervous System Diseases among Mobile Phone Subscribers: A Danish Retrospective Cohort Study." *PLoS One*. 2009;4(2):e4389. doi:10.1371/journal.pone.0004389
- [7] Auvinen, Anssi et al. "Headache, tinnitus and hearing loss in the international Cohort Study of Mobile Phone Use and Health (COSMOS) in Sweden and Finland." *International journal of epidemiology* vol. 48,5 (2019): 1567-1579. doi:10.1093/ije/dyz127
- [8] Elliott, Paul et al. "Use of TETRA personal radios and sickness absence in the Airwave Health Monitoring Study of the British police forces." *Environmental research* vol. 175 (2019): 148-155. doi:10.1016/j.envres.2019.05.012
- [9] Tettamanti, Giorgio, et al. (2020). "Long-term effect of mobile phone use on sleep quality: Results from the cohort study of mobile phone use and health (COSMOS)." *Environment International* 140. doi: 10.1016/j.envint.2020.105687
- [10] OHAT. Handbook for conducting a literature-based health assessment using OHAT approach for systematic review and evidence integration 2019 [Available from: https://ntp.niehs.nih.gov/sites/default/files/ntp/ohat/pubs/handbookmarch2019_508.pdf, Last access: 12.03.2024].
- [11] WHO. WHO handbook for guideline development. 2014.
- [12] Whaley, Paul et al. "Recommendations for the conduct of systematic reviews in toxicology and environmental health research (COSTER)." *Environment international* vol. 143 (2020): 105926. doi:10.1016/j.envint.2020.105926



- [13] OHAT. Risk of Bias Rating Tool for Human and Animal Studies [Available from: https://ntp.niehs.nih.gov/sites/default/files/ntp/ohat/pubs/riskofbiastool_508.pdf, Last access: 18.06.2024]
- [14] Sterne, Jonathan Ac et al. "ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions." *BMJ (Clinical research ed.)* vol. 355 i4919. 12 Oct. 2016, doi:10.1136/bmj.i4919



Bundesamt
für Strahlenschutz

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

De-Mail: epost@bfs.de-mail.de

www.bfs.de

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:
[urn:nbn:de:0221-2024091946450](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2024091946450)

Spotlight - Sep/2024 no.2 (Deu)