

Spotlight on EMF Research

Spotlight on “The effects of radiofrequency electromagnetic fields exposure on human self-reported symptoms: A systematic review of human experimental studies” by Bosch-Capblanch et al. in Environment International (2024)

Kategorie [Hochfrequente Felder, Übersichtsarbeit]

Spotlight - Oct/2024 no.1 (Deu)

Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF)

1 Einordnung des Artikels in den Kontext durch das BfS

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat ein internationales Projekt initiiert, um die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen der Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF-EMF) in der allgemeinen und beruflich exponierten Bevölkerung, einschließlich Patienten, systematisch zu bewerten. Dafür ließ die WHO im Jahr 2018 in einer umfassenden internationalen Umfrage unter HF-EMF Experten die möglichen gesundheitlichen Wirkungen nach ihrer Wichtigkeit priorisieren [3]. Zu den wichtigsten möglichen Wirkungen hat die WHO systematische Übersichtsarbeiten in Auftrag gegeben. Weitere allgemeine Informationen zu den systematischen Reviews der WHO finden Sie in einem Spotlight (Apr/2024 Nr. 2 [4]). Mögliche durch HF-EMF verursachte Symptome und eine Empfindlichkeit mancher Menschen gegenüber EMF werden seit vielen Jahren diskutiert. Die aktuelle systematische Übersichtsarbeit [1,2] behandelt die in experimentellen Humanstudien berichteten Auswirkungen von HF-EMF-Exposition auf selbstberichtete unspezifische Symptome und auf die Wahrnehmung von HF-EMF. Eine parallele systematische Übersichtsarbeit bewertete die Auswirkungen von HF-EMF auf Symptome in Beobachtungsstudien an Menschen [5].

2 Resultate und Schlussfolgerungen aus der Perspektive der Autorenschaft

Die Forschenden untersuchten den Zusammenhang zwischen einer kurzfristigen Exposition gegenüber HF-EMF und unspezifischen Symptomen sowie die Fähigkeit, HF-EMF wahrzunehmen. Dafür berücksichtigten

sie experimentelle Studien, die an Personen der gesunden Allgemeinbevölkerung sowie an Personen durchgeführt wurden, die ihre Symptome auf HF-EMF zurückführen. Letzteres wird auch als idiopathische Umweltintoleranz, die auf EMF zurückzuführen ist (IEI-EMF), oder auch als elektromagnetische Hypersensitivität (EHS) bezeichnet. Das Autorenteam hielt sich an die Empfehlungen für die Durchführung systematischer Übersichten in der Toxikologie und der umweltbezogenen Gesundheitsforschung [6]. Sie veröffentlichten die Methoden, einschließlich der Strategie für die Literatursuche, die Einschlusskriterien und die Verfahren der Datenextraktion, -synthese und -analyse in einem Studienprotokoll [7]. Die Qualität der eingeschlossenen Studien wurde unter Berücksichtigung der Kriterien des Verzerrungsrisikos (Risk of Bias, RoB) bewertet [8], und es wurde ein dreistufiges System verwendet, um die Studien auf der Grundlage ihres Verzerrungsrisikos zu klassifizieren. Dabei wiesen die in Stufe 1 kategorisierten Studien ein niedriges RoB auf, was für eine hohe Qualität spricht, während die in Stufe 3 kategorisierten Studien ein hohes RoB aufwiesen, was für eine niedrige Qualität spricht. Für die Datenanalyse wurden die Effektgrößen der Ergebnisse für das Auftreten von Symptomen in standardisierte Mittelwertdifferenzen (SMD) umgerechnet. Zur Datenanalyse wurden Meta-Analysen mit zufälligen Effekten verwendet. Der Zusammenhang zwischen der Höhe der Exposition und den Endpunkten wurde mittels einer Meta-Regression untersucht. Sensitivität und Spezifität der RF-EMF-Wahrnehmung wurden berechnet. Für jede Kombination von Exposition und Endpunkt wurde das Vertrauen in die Evidenz mittels des von der Arbeitsgruppe „Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation“ (GRADE) [9] vorgeschlagenen Ansatzes bewertet.

Insgesamt wurden 8.908 Veröffentlichungen gefunden, von denen 106 als relevant für eine Volltextprüfung angesehen wurden. Von diesen wurden 40 in die systematische Übersichtsarbeit aufgenommen, während 66 ausgeschlossen wurden, in erster Linie aufgrund eines ungeeigneten Studiendesigns, einer unzureichenden Quantifizierung der Exposition oder des Expositionsbereichs oder einer fehlenden Verblindung. Hinsichtlich ihres Verzerrungsrisikos wurden vierzehn Studien als Stufe-1-Studien eingestuft, 26 als Stufe-2-Studien, und keine als Stufe-3-Studie.

Die drei primären Endpunkte – Kopfschmerzen, Schlafstörungen und kombinierte Symptome – wurden getrennt für die Allgemeinbevölkerung und Personen mit IEI-EMF, sowie für Kopf- und Ganzkörperexposition, analysiert. Es wurden keine Studien zu Schlafstörungen bei Personen mit IEI-EMF identifiziert, was zu insgesamt zehn Vergleichen führte. In allen waren die mittleren Effektgrößen (SMD) kleiner als 0,2 und statistisch nicht signifikant, was auf geringe oder keine Effekte hinweist. Was die Richtung der Wirkung betrifft, so deuteten sechs Vergleiche darauf hin, dass die HF-Exposition die Symptome verschlimmerte (positive SMD), während vier Vergleiche auf das Gegenteil hindeuteten. Das Vertrauen in die Evidenz wurde in zwei Vergleichen als „sehr gering“, in einem als „gering“, in vier als „mäßig“ und in drei als „hoch“ eingestuft. Die Gründe für die Herabstufung waren Verzerrungsrisiko in sechs Vergleichen, Heterogenität zwischen den Studien in vier Vergleichen und Ergebnisse auf der Grundlage einer einzigen Studie in zwei Vergleichen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Endpunkt in Population	Studienzahl	Exposition	Effektgröße (SMD) [95% CI]	Studienqualität	Sicherheit der Evidenz
Kopfschmerzen					
Allgemeine Bevölkerung	6	0.5 – 1.6 W/kg Kopfexposition	0.08 [-0.07; 0.24]	Stufe 1: 1 Studie Stufe 2: 5 Studien	mäßig
Allgemeine Bevölkerung	2	1.0 - 19.4 V/m Ganzkörperexposition	0.09 [-0.35; 0.54]	Stufe 1: 2 Studien	hoch
Personen mit IEI-EMF	3	0.8 - 1.4 W/kg Kopfexposition	-0.16 [-0.38; 0.06]	Stufe 1: 1 Studie Stufe 2: 2 Studien	mäßig
Personen mit IEI-EMF *	1	19.4 V/m Ganzkörperexposition	0.11 [-0.29, 0.52]	Stufe 1: 1 Studie	mäßig
Schlafstörungen					
Allgemeine Bevölkerung	8	1.0 - 6.0 W/kg Kopfexposition	-0.01 [-0.22; 0.20]	Stufe 1: 2 Studien Stufe 2: 6 Studien	mäßig
Allgemeine Bevölkerung *	1	NA Ganzkörperexposition	0.00 [-0.15; 0.15]	Stufe 2: 1 Studie	niedrig
Kombinierte Symptome					
Allgemeine Bevölkerung	3	0.4 - 1.6 W/kg Kopfexposition	0.13 [-0.51; 0.76]	Stufe 2: 3 Studien	sehr niedrig
Allgemeine Bevölkerung	4	1.9 - 19.4 V/m Ganzkörperexposition	-0.05 [-0.17; 0.07]	Stufe 1: 4 Studien	hoch
Personen mit IEI-EMF	2	0.8 W/kg Kopfexposition	0.05 [-0.58; 0.68]	Stufe 2: 2 Studien	sehr niedrig
Personen mit IEI-EMF	3	1.9 - 19.4 V/m Ganzkörperexposition	-0.19 [-0.46; 0.07]	Stufe 1: 3 Studien	hoch

CI – Vertrauensintervall, SMD – standardisierte Mittelwertdifferenz, Stufe 1: hohe Qualität, Stufe 2: mittlere Qualität

* Ergebnisse einer einzigen Studie, keine meta-Analyse durchgeführt

Meta-Regressionsanalysen zu den drei primären Endpunkten getrennt für die Allgemeinbevölkerung und Personen mit IEI-EMF sowie für Kopf- und Ganzkörperexposition zeigten, dass es keine statistisch signifikante Dosis-Wirkung-Beziehung gab.

In Bezug auf die EMF-Wahrnehmung unterschieden sich Sensitivität und Spezifität statistisch signifikant zwischen den Personen mit IEI-EMF und der Allgemeinbevölkerung, was laut Autorenschaft darauf hindeutet, dass Personen mit IEI-EMF eher das Vorhandensein einer Exposition angaben, wenn tatsächlich eine Exposition vorlag, aber weniger wahrscheinlich das Fehlen einer Exposition angaben, wenn keine Exposition vorlag. Infolgedessen war das zusammengefasste Verhältnis von richtigen zu falschen Schätzungen für beide Personengruppen ähnlich und lag nahe bei 1:1, was darauf hinweist, dass die Genauigkeit der Expositionserkennung einer Zufallstrefferquote entspricht. Es gab keine signifikanten Unterschiede in der Erkennungsgenauigkeit zwischen der Allgemeinbevölkerung und den IEI-EMF-Probanden, unabhängig davon, ob die Analyse auf Kopf- oder Ganzkörper-Exposition beschränkt war.

Zusammengefasst sind die geschätzten Auswirkungen auf die primären Endpunkte sowohl in der Allgemeinbevölkerung als auch bei Personen mit IEI-EMF gering und statistisch nicht signifikant. Das Vertrauen in die Evidenz variierte vor allem aufgrund des Verzerrungsrisikos der in die einzelnen Meta-Analysen eingeschlossenen Studien. Die Studienteilnehmer waren nicht in der Lage, die Exposition in einer Art wahrzunehmen, die nicht zufällig zu erwarten wäre. Einschränkungen in der Evidenz beziehen sich auf die Methodik der eingeschlossenen Studien (Randomisierung und Verdeckung der Expositionszuordnung) und die Auswahl der Altersgruppen (nur Erwachsene, junge Erwachsene oder Jugendliche).

Die Autoren schlussfolgerten, dass keinerlei Belege gefunden wurden, die einen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber HF-EMF unterhalb der Grenzwerte und Symptomen unterstützen würden. Ebenso fanden sie keine Hinweise darauf, dass Personen in der Lage wären, die Exposition gegenüber HF-EMF zu erkennen.

3 Kommentare des BfS

Nach der Veröffentlichung des Reviews [1] entdeckte das Autorenteam mehrere Fehler und veröffentlichte ein Korrigendum [2]. Die Korrekturen werden vom BfS berücksichtigt.

Die Studie wurde gemäß den Qualitätsstandards für systematische Übersichtsarbeiten [6], für die Bewertung des Verzerrungsrisikos [8] und für die Bewertung des Vertrauens in die Evidenz [9] durchgeführt. Die restriktiven Einschlusskriterien, insbesondere in Bezug auf Exposition und Verblindung, führten dazu, dass in dieser systematischen Übersicht und in den Meta-Analysen keine Studien der Qualitätsstufe 3 (hohes Verzerrungsrisiko) enthalten sind. Obwohl die Datenbasis dadurch etwas eingeschränkt ist, erhöht die Fokussierung auf Studien, die bestimmte Standards erfüllen, das Vertrauen in die Ergebnisse.

Trotz dieser Qualitätsstandards haben die Autoren selbst mehrere Einschränkungen in Bezug auf die zugrundeliegende Datenbasis und das Vorgehen bei der Erstellung der Übersichtsarbeit festgestellt.

In allen eingeschlossenen Studien basierte die Auswahl der Personen mit IEI-EMF auf Selbstzuschreibung. Die Gruppe der Personen, die von sich aus ihre Symptome auf EMF zurückführen, ist heterogen und nur eine kleine Untergruppe ist möglicherweise tatsächlich besonders empfindlich gegenüber EMF. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein tatsächlicher EMF-Effekt bei einigen wenigen Personen in dieser Gruppe durch unempfindliche Personen verdeckt wurde.

Einer der Faktoren, die das Vertrauen in die Evidenz einschränken, ist die Auswahl der Teilnehmenden (z. B. junge Erwachsene oder nur Männer). Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass individuelle Reaktionen auf EMF vom Alter oder Geschlecht abhängen.

Für die Durchführung der Meta-Analysen und der Meta-Regression musste das Autorenteam viele Anpassungen an den Daten vornehmen, z.B. die Umrechnung der Expositionseinheiten, die Umrechnung der ursprünglichen Effektgrößen in SMDs und die Auswahl eines einzelnen Endpunktes aus jeder Studie. In mehreren Fällen wurden sie mit fehlenden Daten konfrontiert. All diese zum Teil unvermeidlichen Aspekte können zu einer Verzerrung innerhalb des Reviewprozesses führen, wurden aber transparent dokumentiert.

Die vorliegende systematische Übersicht ist die aktuellste Zusammenstellung der verfügbaren Daten. Sie erfüllt die erforderlichen Qualitätsansprüche und stimmt mit den Ergebnissen einer früheren systematischen Übersichtsarbeit [10] überein. Dies legt nahe, dass ein ursächlicher Zusammenhang zwischen unspezifischen Symptomen und HF-EMF sowohl in der Allgemeinbevölkerung als auch bei Personen mit IEI-EMF mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann, und dass schwache HF-EMF vom Menschen nicht wahrgenommen werden können.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der vorliegenden systematischen Übersichtsarbeit, dass in gut durchgeführten und verblindeten Studien kein Zusammenhang zwischen Symptomen und HF-EMF-Exposition beobachtet wurde. Wenn Symptome während einer akuten HF-EMF-Exposition wahrgenommen werden, gibt es Hinweise darauf, dass ein Nocebo-Effekt oder eine falsche Zuschreibung ursächlich sind. Darüber hinaus wurde, trotz jahrelanger Forschung, kein zuverlässiger biophysikalischer Mechanismus entdeckt, der einen ursächlichen Zusammenhang zwischen Symptomen und schwacher HF-EMF-Exposition erklären würde. In der Gesamtschau unterstützen diese Ergebnisse die Position des BfS, dass es nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand äußerst unwahrscheinlich ist, dass schwache HF-EMF vom Menschen wahrgenommen werden oder akute gesundheitsrelevante unspezifische Symptome verursachen können.

Referenzen

- [1] Bosch-Capblanch X, Esu E, Oringanje CM, et al. The effects of radiofrequency electromagnetic fields exposure on human self-reported symptoms: A systematic review of human experimental studies. *Environ Int.* 2024;187:108612. doi:10.1016/j.envint.2024.108612
- [2] Bosch-Capblanch X, Esu E, Moses Oringanje C, et al. Corrigendum to "The effects of radiofrequency electromagnetic fields exposure on human self-reported symptoms: A systematic review of human experimental studies" [*Environ. Int.* 187 (2024) 108612]. *Environ Int.* Published online July 20, 2024. doi:10.1016/j.envint.2024.108892
- [3] Verbeek, J., G. Oftedal, M. Feychting, et al. Prioritizing health outcomes when assessing the effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields: A survey among experts. *Environ Int.* 2021;146:106300. doi:10.1016/j.envint.2020.106300
- [4] Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder, Bundesamt für Strahlenschutz. Spotlight on "WHO assessment of health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields: systematic reviews", a special series in Environment International. Spotlight - Apr/2024 no.2. urn:nbn:de:0221-2024042443254
- [5] Rösli M, Dongus S, Jalilian H, 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. *Environ Int.* 2024;183:108338. doi:10.1016/j.envint.2023.108338
- [6] Whaley P, Aiassa E, Beausoleil C, et al. Recommendations for the conduct of systematic reviews in toxicology and environmental health research (COSTER). *Environ Int.* 2020;143:105926. doi:10.1016/j.envint.2020.105926
- [7] Bosch-Capblanch X, Esu E, Dongus S, et al. The effects of radiofrequency electromagnetic fields exposure on human self-reported symptoms: A protocol for a systematic review of human experimental studies. *Environ Int.* 2022;158:106953. doi:10.1016/j.envint.2021.106953
- [8] NTP. OHAT: Risk of Bias Rating Tool for Human and Animal Studies. US NIEHS NIH: National Toxicology Program, Office of Health Assessment and Translation (OHAT); 2015.
- [9] Morgan RL, Thayer KA, Bero L, et al. GRADE: Assessing the quality of evidence in environmental and occupational health. *Environ Int.* 2016;92-93:611-616. doi:10.1016/j.envint.2016.01.004
- [10] Rösli M. Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: a systematic review. *Environ Res.* 2008;107(2):277-287. doi:10.1016/j.envres.2008.02.003



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:0221-2024110148242](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2024110148242)

Spotlight - Oct/2024 no.1 (Deu)