

## Spotlight on EMF Research

# Spotlight on “Effects of mobile phone electromagnetic fields on brain waves in healthy volunteers” by van der Meer et al. in Scientific Reports (2023)

Kategorie [Hochfrequente Felder, experimentelle Humanstudie]

Spotlight - Dec/2024 no.4 (Deu)

Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF)

## 1 Einordnung des Artikels in den Kontext durch das BfS

Es wurde wiederholt gezeigt, dass die Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF-EMF) von Mobiltelefonen die menschliche Gehirnaktivität, die mittels Elektroenzephalogramms (EEG) gemessen wurde, beeinflusst. Studien an wachen Testpersonen zeigen überwiegend Auswirkungen (meist eine Erhöhung) der EEG-Leistung im Alpha-Frequenzband [2]. Es gibt jedoch auch Studien, die eine Abnahme der Leistung im Alpha-Band, Auswirkungen in anderen EEG-Frequenzbändern oder sogar keine Auswirkungen zeigen. Die Variabilität der Ergebnisse scheint von den verschiedenen Versuchsprotokollen abzuhängen [3]. Bisher gibt es keine Belege dafür, dass die bisher beobachteten sehr schwachen Effekte negative gesundheitliche Folgen hätten.

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

Die vorliegende Studie [1] hatte zum Ziel, die Wirkung von HF-EMF von Mobiltelefonen auf das Ruhe-EEG zu untersuchen und das Studienprotokoll sowie die statistische Auswertung der Ergebnisse zu verbessern. Es wurde ein randomisiertes, doppelblindes, ausbalanciertes Crossover-Design verwendet, bei dem jeder Teilnehmer seine eigene Kontrolle ist.

Die Experimente wurden in einem Raum mit geringer Hintergrund-HF-EMF-Exposition durchgeführt. Der Expositionsaufbau bestand aus vier GSM-Antennen, die in einer rechteckigen Konfiguration angeordnet waren, um eine homogene Verteilung der HF-EMF Felder im Bereich des Kopfes der Versuchspersonen zu gewährleisten. Es wurde eine Trägerfrequenz von 900 MHz mit einer Pulsmodulation von 217 Hz verwendet. Um die Auswirkungen der Exposition auf das EEG-System zu bewerten und mögliche Artefakte in den EEG-Elektroden aufgrund der gepulsten HF-EMF-Exposition auszuschließen, wurden Validierungsmessungen mit einem Phantom (Wassermelone) durchgeführt.

Zweiunddreißig gesunde Testpersonen (elf Männer) nahmen an der Studie teil. Jede Testperson unterzog sich zwei Sitzungen von jeweils 15 Minuten Dauer, eine unter Scheinexposition und die andere unter echter HF-EMF-Exposition. Die Sitzungen waren durch eine 15-minütige Pause getrennt. Vor den Sitzungen wurde eine 15-minütige Gewöhnungsperiode eingelegt. Die Hälfte der Testpersonen (Gruppe 1) wurde in der ersten Sitzung (Sitzung A) mit HF-EMF exponiert, die andere Hälfte (Gruppe 2) in der zweiten Sitzung (Sitzung B). Während der beiden experimentellen Sitzungen wurde das Ruhe-EEG unter den Bedingungen „Augen geschlossen (EC)“ und „Augen geöffnet (EO)“ aufgezeichnet, die jeweils 1,5 Minuten dauerten und fünfmal abwechselnd wiederholt wurden. Das EEG wurde mit einem System mit 63 Elektroden aufgezeichnet. Nach dem Entfernen von Artefakten wurde die Leistungsspektraldichte (PSD) für die vier Bedingungen EO und HF-EMF ein, EO und HF-EMF aus, EC und HF-EMF ein, EC und HF-EMF aus für jeden Aufzeichnungs kanal und jede Testperson berechnet. Dann wurde die PSD über sechs Gehirnnareale gemittelt: links und rechts temporal, frontal, zentral, parietal und okzipital. Der PSD-Kontrast, d. h. die Differenz zwischen Sitzung A und B, wurde für jede Testperson für den Frequenzbereich 6-10 Hz unter EO- und EC-Bedingungen berechnet. Es wurden fünf verschiedene Hypothesen modelliert, die die Veränderungen der PSD zwischen den Gruppen und Hirnarealen berücksichtigten, und das Modell, das die beobachteten Daten am ehesten erklären kann, wurde ermittelt.

Es gab keinen Unterschied in der Leistungsspektraldichte (PSD) unter der „Augen geschlossen“-Bedingung, unabhängig von Sitzung oder HF-EMF-Exposition. Unter der „Augen geöffnet“-Bedingung unterschied sich die PSD nur dann zwischen den Sitzungen, wenn die HF-EMF-Exposition in Sitzung B stattfand, und deutete auf eine erhöhte Leistung im Alpha-Band des EEGs unter HF-EMF-Exposition hin. Wenn die Exposition in Sitzung A stattfand (d.h. vor der Schein-Expositions-Sitzung), konnte kein solcher Unterschied beobachtet werden. Die statistischen Analysen deuten darauf hin, dass der Unterschied im PSD-Kontrast zwischen den Gruppen am ehesten mit den Vorhersagen eines Modells übereinstimmt, das davon ausgeht, dass eine HF-EMF Exposition eine Wirkung auf das EEG im Alpha-Band hat, es aber keinen Unterschied zwischen den Hirnarealen gibt.

### 3 Kommentare des BfS

Ziel von van der Meer et al. war es, die Auswirkungen einer HF-EMF-Exposition auf das EEG durch ein 2G-Mobiltelefon zu untersuchen und dabei umgebungsbedingte und experimentelle Störfaktoren zu kontrollieren, die in älteren Studien häufig vorkamen. Die Studie folgte einem doppelblinden, ausbalancierten Crossover-Design, das den Goldstandard für diese Art von experimentellen Studien am Menschen darstellt. Es bleibt jedoch unklar, in welchem Ausmaß die Probanden tatsächlich exponiert waren, da eine genaue Charakterisierung der Exposition und eine Bewertung der räumlichen Verteilung der spezifischen Absorptionsrate im Gehirn fehlt.

Wenn die HF-EMF-Exposition auf die Scheinexposition folgte, zeigte die PSD eine deutlich erhöhte Leistung im Alpha-Band unter der Exposition im Zustand mit offenen Augen. Wenn die Scheinexposition auf die reale Exposition folgte, lag der PSD-Kontrast nahe bei null. Dies könnte darauf hinweisen, dass die Erhöhung der Alpha-Leistung, die durch die HF-EMF-Exposition verursacht wurde, noch nicht abgeklungen war. Wie die Autoren selbst diskutieren, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Pause zwischen den Sitzungen zu kurz war. Der angewandte 15-minütige Abstand zwischen HF-EMF-Exposition und Scheinexposition war viel kürzer als die Erholungsdauer von einem Tag, die empfohlen wird, um Übertragungseffekte zu vermeiden [4].

Es gibt mögliche individuelle Unterschiede, die nicht berücksichtigt wurden und möglicherweise den schwachen Effekt von HF-EMF auf das EEG abschwächen könnten. Aus dem ergänzenden Material geht hervor, dass der Anstieg der Spektralleistung im Alpha-Band unter Exposition mit HF-EMF nur bei Probanden mit spontanem Alpha-Rhythmus beobachtet wurde. Etwa 85 % der Personen haben einen Grundrhythmus vom Alpha-Typ. Andere Autoren empfehlen, den EEG-Grundrhythmus der in die Studie



einbezogenen Personen zu berücksichtigen [3]. Das Fehlen von EEG-Basisdaten aus der Zeit vor der ersten Sitzung erschwert jede weitere Interpretation der Ergebnisse.

Trotz der beschriebenen Schwächen unterstützt die Studie unter Verwendung ausgefeilter statistischer Methoden die Ergebnisse mehrerer früherer Studien, die einen schwachen, aber signifikanten Anstieg der Spektralleistung im Alpha-Band des EEG unter HF-EMF-Exposition zeigten. Eine gesundheitliche Relevanz dieses subtilen Effekts ist nicht bekannt.



## Referenzen

- [1] van der Meer JN, Eisma YB, Meester R, Jacobs M, Nederveen AJ. Effects of mobile phone electromagnetic fields on brain waves in healthy volunteers. *Sci Rep.* 2023;13(1):21758. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48561-z>
- [2] Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks (SCHEER) Opinion on the need of a revision of the annexes in the Council Recommendation 1999/519/EC and Directive 2013/35/EU, in view of the latest scientific evidence available with regard to radiofrequency (100kHz - 300GHz). European Union, 2023.
- [3] Danker-Hopfe H, Eggert T, Dorn H, Sauter C. Effects of RF-EMF on the Human Resting-State EEG-the Inconsistencies in the Consistency. Part 1: Non-Exposure-Related Limitations of Comparability Between Studies. *Bioelectromagnetics.* 2019;40(5):291-318. <https://doi.org/10.1002/bem.22194>
- [4] Regel SJ, Achermann P. Cognitive performance measures in bioelectromagnetic research--critical evaluation and recommendations. *Environ Health.* 2011;10(1):10. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-10>



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](mailto:spotlight@bfs.de)

De-Mail: [epost@bfs.de-mail.de](mailto:epost@bfs.de-mail.de)

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

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:  
[urn:nbn:de:0221-2024121749259](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2024121749259)

Spotlight - Dec/2024 no.4 (Deu)