

## Spotlight on EMF Research

# Spotlight on “Assessment of electrical brain activity of healthy volunteers exposed to 3.5 GHz of 5G signals within environmental levels: A controlled-randomised study” by Jamal et al. in International Journal of Environmental Research and Public Health (2023)

**Kategorie [Hochfrequente Felder, experimentelle Humanstudie]**

Spotlight - Mai/2024 no.5 (Deu)

Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF)

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

Der Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder (HF-EMF) der älteren Mobilfunkgenerationen bis zu den für Endgeräte maximal erlaubten Expositionswerten auf das Elektroenzephalogramm (EEG) ist hinreichend erforscht, jedoch gibt es hier oft widersprüchliche Ergebnisse [2]. Das Frequenzband im Bereich von 3,5 GHz wurde bereits früher für Funkanwendungen wie z. B. WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) genutzt. Allerdings hat sich die Technologie nicht durchgesetzt, daher wurde der Frequenzbereich unter den Aspekten des Strahlenschutzes vergleichsweise selten untersucht. Aktuell wird das 3,5 GHz Frequenzband für 5G-Mobilfunk eingesetzt.

## 2 Resultate und Schlussfolgerungen aus der Perspektive der Autoren

Die Autoren der vorliegenden Studie haben den Einfluss von 3,5 GHz HF-EMF Fernfeldexposition auf das Wach-EEG von jungen, gesunden Personen untersucht. Je 17 Männer und Frauen nahmen an zwei Untersuchungen im Abstand von maximal einer Woche teil, wobei in einer der Untersuchungen eine Exposition und in der anderen eine Scheinexposition erfolgte. Die Fernfeldexposition erfolgte mit einem pulsmodulierten Signal (Pulslänge: 577  $\mu$ s, Pulswiederholdauer: 4.6 ms, Effektivwert der elektrischen Feldstärke: ca. 2 V/m im Kopfbereich). Die mittels einer numerischen Simulation bestimmte, über Kopf und Gehirn gemittelte spezifische Absorptionsrate (SAR) betrug jeweils 0.037 mW/kg und 0.008 mW/kg. Das EEG wurde mit 64 Elektroden vor, während und nach der Exposition bei offenen und geschlossenen Augen

in den EEG-Frequenzbändern beta (12–35 Hz), alpha (8–12 Hz), theta (4–8 Hz), und delta (1–4 Hz) registriert. Es wurde eine Analyse der spektralen Leistungsdichte des EEG durchgeführt. Die Daten wurden in drei Stufen analysiert:

- Dreifaktorielle Varianzanalyse (engl.: analysis of variance (ANOVA)): Faktoren Exposition (Sham und Verum), Zeit (vor, während, nach Exposition/Scheinexposition), Augen (offen oder geschlossen) und deren Interaktionen.
- Einfaktorielle ANOVA: während und nach der Exposition registrierte Daten wurden mit den Ausgangswerten vor der Exposition korrigiert. Wirkung der Exposition für offene und geschlossene Augen wurden getrennt analysiert.
- Für multiples Testen korrigierte Permutationstests.

Statistisch signifikante Effekte der Exposition auf die spektrale Leistung des EEG gab es in allen Frequenzbändern nur an einzelnen Elektroden.

Beta-Band: Die dreifaktorielle ANOVA zeigte nur an 2 von 64 Elektroden während der Exposition und an einer Elektrode nach der Exposition statistisch signifikante Änderungen der spektralen Leistung des EEG. Diese wurden in der einfaktoriellen ANOVA und dem Permutationstest nicht bestätigt. Die Zeit hatte ebenfalls keinen Einfluss. Das Öffnen und das Schließen der Augen verursachten statistisch signifikante Unterschiede an 40 Elektroden während und an 39 Elektroden nach der Exposition.

Alfa-Band: Die dreifaktorielle ANOVA zeigte statistisch signifikante Veränderungen der spektralen Leistung nur an einer Elektrode nach der Exposition. Die einfaktorielle Analyse bei geschlossenen Augen zeigte eine geringere spektrale Leistung an zwei Elektroden während und an einer Elektrode nach der Exposition. Nach dem Permutationstest sind diese Effekte verschwunden. Der Faktor Zeit zeigte statistisch signifikante Effekte an 51 Elektroden während und an 52 Elektroden nach der Exposition/Scheinexposition; der Faktor offene oder geschlossenen Augen zeigte statistisch signifikante Unterschiede an allen 64 Elektroden.

Theta-Band: Die dreifaktorielle Analyse zeigte keine Wirkung der Exposition. Die einfaktorielle Analyse zeigte einen statistisch signifikanten Anstieg der spektralen Leistung an einer Elektrode während und an fünf Elektroden nach der Exposition. Nach dem Permutationstest sind diese Effekte verschwunden. Der Faktor Zeit zeigte einen statistisch signifikanten Einfluss an einer Elektrode während und an 10 Elektroden nach der Exposition/Scheinexposition; der Unterschied zwischen offenen und geschlossenen Augen war an 57 Elektroden statistisch signifikant.

Delta-Band: Die dreifaktorielle Analyse zeigte keine statistisch signifikante Wirkung der Exposition. Die einfaktorielle Analyse zeigte einen statistisch signifikanten Anstieg der Power an zwei Elektroden während der Exposition bei geschlossenen Augen. Ähnliches wurde an drei Elektroden nach der Exposition bei offenen Augen ermittelt. Nach dem Permutationstest sind diese Effekte verschwunden. Der Faktor Zeit zeigte statistisch signifikante Wirkungen an 58 Elektroden ausschließlich nach der Exposition/Scheinexposition. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen offenen und geschlossenen Augen zeigte sich an etwa der Hälfte der Elektroden.

Die Autoren diskutieren ihre Ergebnisse ausführlich in Bezug zu älteren Studien, die teils Wirkungen gefunden haben. Die Diskrepanzen werden vor allem auf unterschiedliche Untersuchungsprotokolle zurückgeführt. Bei 2G wurden Wirkungen bei höheren Expositionen durch Handys (ca. 0,5 – 1 W/kg) gefunden [3]. Außerdem hat die 2G-Frequenz 900 MHz eine höhere Eindringtiefe als 3,5 GHz (5G).

Die gefundenen Unterschiede infolge des Zeitverlaufs und vor allem bei offenen und geschlossenen Augen sind nach Aussage der Autoren im Einklang mit der Fachliteratur.

Die verwendete Expositionsstärke liegt unter den Grenzwerten und die Autoren schlussfolgern, dass eine derartige HF-EMF-Exposition im 3,5 GHz-Frequenzband keinen Einfluss auf das Wach-EEG von Menschen hat.

### 3 Kommentare des BfS

Die Studie entspricht hohen methodischen Anforderungen. Die Probanden wurden anhand strenger Einschlusskriterien ausgewählt, was den Schlafrhythmus, die Gesundheit und die Einnahme von Medikamenten und Genussmitteln betrifft. Bei Frauen wurde der Zyklus bei der ersten Sitzung, die dem Einschluss in die Studie diente, berücksichtigt, es ist aber nicht erwähnt, ob dies auch bei den Testsitzungen während der Untersuchung der Fall war. Die statistische Aussagekraft wurde vorab berechnet und betrug für den Nachweis einer mittleren Effektgröße 80 %.

Positiv ist hervorzuheben, dass die Studie ausbalanciert, randomisiert und dreifach verblindet ist: Weder die Testpersonen noch das Personal wussten, wann bei den Untersuchungen exponiert wurde. Selbiges galt für die Forscher, welche die Ergebnisse ausgewertet haben. Die randomisierte Zuweisung des Expositionsstatus und die Verblindung erfolgten durch verschiedene Personen, die hierfür getroffenen Maßnahmen sind jedoch nicht genannt, was die Nachvollziehbarkeit etwas einschränkt. Die Untersuchungen erfolgten für jeden Probanden zur selben Tageszeit in einem geschirmten Raum, dies schränkt mögliche Verzerrungen durch Tageszeiteffekte deutlich ein.

Die Exposition und die Raumtemperatur wurden durchgehend überwacht. Die über Kopf ( $0.037 \pm 0.11$  mW/kg) und Gehirn ( $0.008 \pm 0.019$  mW/kg) gemittelte SAR wurde anhand von numerischen Simulationen berechnet. Konkrete Vorgehensweisen wurden jedoch nicht näher erläutert. Die SAR-Verteilung in den Hirnregionen und Ergebnisse einer Unsicherheitsanalyse wurden nicht berichtet, für ein detailliertes Verständnis etwaig auftretender oder ausbleibender Effekte auf das Gehirn wären räumlich aufgelöste Expositionsdaten jedoch von hoher Bedeutung.

Die EEG-Registrierung erfolgte mit 64 Elektroden. Artefakte infolge von Augenzwinkern und Herzschlag wurden mit zusätzlichen Elektroden detektiert und korrigiert, sodass eine Verfälschung der Ergebnisse durch derartige Artefakte unwahrscheinlich erscheint.

In der Studie wurden Ergebnisse von Männern und Frauen gemeinsam ausgewertet. Dadurch konnten mögliche Geschlechtsunterschiede in den Ausgangswerten oder in der Wirkung von HF-EMF nicht aufgedeckt werden [4].

Aufgrund der hohen methodischen Qualität liefert die Studie einen relevanten Beitrag zum Strahlenschutz bei der für 5G genutzten und bisher wenig untersuchten Frequenz von 3,5 GHz. Bei schwachen Expositionen, wie sie in der Umgebung von Basisstationen erwartet werden können, wurde kein bedeutender Einfluss auf das menschliche EEG gefunden.



## Referenzen

- [1] Jamal L, Yahia-Cherif L, Hugueville L, Mazet P, Lévêque P, Selmaoui B. Assessment of Electrical Brain Activity of Healthy Volunteers Exposed to 3.5 GHz of 5G Signals within Environmental Levels: A Controlled-Randomised Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(18):6793. doi:10.3390/ijerph20186793
- [2] 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. doi:10.1002/bem.22194
- [3] Ghosn R, Yahia-Cherif L, Hugueville L, et al. Radiofrequency signal affects alpha band in resting electroencephalogram. *J Neurophysiol*. 2015;113(7):2753-2759. doi:10.1152/jn.00765.2014
- [4] Danker-Hopfe H, Dorn H, Sauter C, Schmid G, Eggert T. An experimental study on effects of radiofrequency electromagnetic fields on sleep in healthy elderly males and females: Gender matters! *Environ Res*. 2020;183:109181. doi:10.1016/j.envres.2020.109181



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:0221-2024053044079](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2024053044079)

Spotlight - Mai/2024 no.5 (Deu)