

## **Zusammenfassung und Bewertung ausgewählter Studien**

Im Zeitraum Anfang August bis Ende Oktober 2019 wurden 84 neue Publikationen identifiziert, von denen acht von BERENIS vertieft diskutiert wurden. Drei davon wurden gemäss den Auswahlkriterien als besonders relevant und somit zur Bewertung ausgewählt und werden im Folgenden zusammengefasst.

### **1) Experimentelle Tier- und Zellstudien**

#### *Hinweise für eine Schädigung des Erbmaterials durch Mobilfunk-Exposition? (Smith-Roe et al. 2019)*

Die Publikation von Smith-Roe *et al.* (2019) beschreibt die gentoxikologischen Analysen von Gewebeproben, die im Rahmen des lebenslangen Bioassays (Lebenszeitstudie) des "U.S. National Toxicology Program" (NTP) im Auftrag der „U.S. Food and Drug Administration“ (FDA) bezüglich Krebsentstehung von HF-EMF durchgeführt wurden (siehe [BERENIS Newsletter – Sonderausgabe November 2018](#)). Dabei wurde die Schädigung der DNS in drei Hirnregionen (Hippocampus, Stirnhirn, Kleinhirn), der Leber und in weissen Blutzellen (Leukozyten) mittels Kometen-Analyse untersucht. Im Weiteren wurde überprüft, ob Anzeichen für Chromosomen-Schädigungen in roten Blutzellen (Vorstufe und ausgereifte Erythrozyten) vorhanden sind. Dies wurde mittels Analyse der sogenannten Mikrokerne, die durch fehlerhafte Reparaturereignisse und/oder Probleme bei der Replikation der DNS entstehen, evaluiert. Entsprechend des Protokolls der NTP-Studie wurden die Tiere ab dem 5. Tag nach Zeugung mit GSM (2G)- oder CDMA (3G)-modulierten Signalen (Ratten: 900 MHz; Mäuse: 1900 MHz) in 10-Minuten-Intervallen (10 min an, 10 min aus) für 18 Stunden pro Tag und sieben Tage pro Woche exponiert, was einer täglichen kumulativen Exposition von 9 Stunden und 10 Minuten entspricht. Nach 19 Wochen (bei Ratten) beziehungsweise 14 Wochen (bei Mäusen) Exposition wurden Gewebeproben entnommen und eingefroren. Für jede Expositionsbedingung (Ratten: Ganzkörper-SAR-Werte 1.5, 3 oder 6 W/kg; Mäuse: Ganzkörper-SAR-Werte 2.5, 5 oder 10 W/kg), jedes Geschlecht und jede Art wurden 5 Tiere in der Kometen-Analyse eingeschlossen, sodass DNS-Schäden von insgesamt 800 Gewebeproben in der Auswertung berücksichtigt wurden. Als eindeutiger Hinweis für erhöhte DNS-Schädigung wurde bewertet, wenn einerseits eine Dosis-Effekt-Abhängigkeit und andererseits ein Unterschied zu Kontrolltieren mit statistischer Signifikanz ( $p$ -Wert  $\leq 0.025$ ) festgestellt wurde. Diese Kriterien wurden bei der höchsten Dosis (6 W/kg) im Hippocampus männlicher Ratten, in Proben des Stirnhirns von männlichen Mäusen nach Exposition mit beiden Signalmodulationen (10 W/kg), sowie in den Leukozyten von weiblichen Mäusen erfüllt. Zudem wurden teilweise als „zweifelhaft“ eingestufte Hinweise in anderen Expositionsgruppen gefunden. Demgegenüber wurden in keiner Expositionsgruppe Hinweise auf chromosomale Schädigungen im Mikrokern-Test gefunden.

Mutationen, die durch induzierte Genom-Schäden entstehen, können ursächlich für die Karzinogenese sein. Im Allgemeinen zielt ein solches Studien-Design darauf hin, eine Korrelation zwischen gewebespezifischen DNS-Schäden und einem gehäuften Auftreten von Tumoren zu etablieren und diese als eine mögliche Ursache zu bewerten. Diesbezüglich sind die geschlechtsspezifischen Unterschiede, die in der Krebs- und gentoxikologischen Studie des NTP festgestellt wurden, bemerkenswert. Während wenige Befunde bei weiblichen Tieren beobachtet wurden, treten sie bei männlichen Tieren – vor allem in Ratten – gehäuft auf. Die beobachteten DNS-Schädigungen in diesen Hirnregionen könnten also in einem Zusammenhang zu den Hinweisen für das vermehrte Auftreten von bösartigen Gliomen stehen. Allerdings lässt diese *ex vivo* Analyse keine direkten Schlüsse auf eine Ursächlichkeit zu. Die DNS-Schäden könnten sowohl Ursache wie auch Konsequenz von neoplastischen

Veränderungen oder nicht-neoplastischen Gewebeschäden sein. Es ist auffallend, dass der Anteil von sehr stark geschädigten Zellkernen relativ stark ausgeprägt ist, was einerseits auf umfangreiche Gewebeschäden hindeuten, andererseits aber auch durch die angewandte Methodik bedingt sein könnte.

*Hochfrequente elektromagnetische Felder und Neuronen des Hypothalamus bei Mäusen (Kim et al. 2019)*

In dieser Studie wurden die Effekte von HF-EMF (835 MHz, unmoduliert, 4 W/kg) auf Neuronen des Hypothalamus bei C57BL/6-Mäusen untersucht. Die Mäuse wurden für 5 Stunden pro Tag über einen Zeitraum von 12 Wochen exponiert. Aussagen über eine Scheinexposition der Kontrollgruppe sind im Manuskript nicht angegeben. Für eine Signalübertragung zwischen Nervenzellen werden aus der Präsynapse bestimmte Neurotransmitter in Vesikeln gebildet und gespeichert. Diese Vesikel gelangen dann zur Ausschüttung an den präsynaptischen Enden, wo die Neurotransmitter dann an der Postsynapse an Rezeptoren binden und so einen Effekt hervorrufen. Um die Aktivität dieser synaptischen Übertragung zu analysieren, wurden folgende Parameter analysiert: a) Anzahl und Grösse der synaptischen Vesikel; b) Dichte der synaptischen Vesikel (Anzahl pro Fläche), die an der aktiven Zone der präsynaptischen Membran andocken und mit ihr fusionieren; c) Expressionslevel von Synapsin I/II und Synaptotagmin 1, zwei Regulatoren der Aktivität der synaptischen Vesikel in Neuronen sowie eines spannungsabhängigen Kalziumkanals. Methodisch wurden elektronenmikroskopische Analysen, Proteinexpression und Genexpression verwendet. Nach HF-EMF-Exposition waren in den Neuronen des Hypothalamus die Anzahl und die Grösse der synaptischen Vesikel, sowie die Expression der beiden Regulatoren der Aktivität der synaptischen Vesikel und des Kalziumkanals signifikant vermindert. Diese Untersuchungen weisen darauf hin, dass nach HF-EMF-Exposition der Zellen weniger Neurotransmitter an der Präsynapse freigesetzt werden. Die Autoren haben ausserdem die Körpertemperatur und das Körpergewicht der Tiere gemessen und keine Veränderungen festgestellt. Zudem wurde ein Orientierungstest durchgeführt, bei dem die Tiere versteckte Futterstücke finden mussten. Die Ergebnisse dieser Tests zeigten eine verminderte Fähigkeit der Tiere, diese Futterstücke zu finden, was die Untersuchungsergebnisse im Gewebe unterstützt.

## **2) Übersichtsarbeiten**

*Systematische Übersichtsarbeit zu methodischen Einschränkungen bei Studien zu elektromagnetischer Hypersensibilität (Schmiedchen et al. 2019)*

Aus wissenschaftlicher Sicht bestehen viele Unklarheiten hinsichtlich elektromagnetischer Hypersensibilität (EHS). Während zahlreiche Personen angeben, aufgrund von EMF-Exposition unter gesundheitlichen Beschwerden zu leiden, haben viele zu diesem Thema durchgeführte experimentelle Studien keinen kausalen Zusammenhang mit EMF feststellen können. Die systematische Übersichtsarbeit von Schmiedchen *et al.* (2019) befasste sich mit den bereits zu dieser Fragestellung veröffentlichten experimentell durchgeführten verblindeten Studien an Freiwilligen im Frequenzbereich von 0 bis 300 GHz mit Studienteilnehmenden, die angaben, an EHS zu leiden. Ziel der Analyse war, die Studien hinsichtlich deren methodischen Einschränkungen zu bewerten, da die jeweils angewandte Vorgehensweise aufgrund impliziter Annahme zu verzerrten Ergebnissen führen kann. Hierzu führten die Autoren eine sogenannte «*Risk of bias*» - Evaluierung durch, bei der die einzelnen Studien hinsichtlich möglicher systematischer Verzerrungen bewertet wurden. Solche können beispielsweise entstehen, wenn an einer Studie auch Personen mit körperlichen Erkrankungen

teilgenommen haben, die ihre EHS-Symptome erklären könnten, oder auch durch die Abfolge und Zeitdauer der angewandten Expositionsbedingungen, da diese unterschiedliche Stressniveaus mit sich bringen können. Insgesamt waren 28 Studien in die Analyse eingeschlossen, von denen 7 statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen EMF-Expositionen und Gesundheitsauswirkungen bei an EHS leidenden Personen fanden. Dabei wurde sowohl vermehrtes wie auch vermindertes Auftreten von Symptomen bei Exposition beobachtet. 21 Studien fanden hingegen keine Anhaltspunkte dafür, dass die von den Studienteilnehmenden angegebenen gesundheitlichen Symptome in einem Zusammenhang mit EMF-Exposition standen. In 82% der untersuchten Studien haben die Autoren die Heterogenität der Studienteilnehmenden bemängelt, da die angewandten Expositions-Szenarien für manche der Teilnehmenden vermutlich nicht geeignet waren. Das könnte zu falsch negativen Ergebnissen (d.h. eine Studie findet keinen Zusammenhang zwischen Exposition und Symptomen, obwohl dieser vorliegt) geführt haben, wenn Effekte nur unter ganz bestimmten Expositionsbedingungen auftreten. Die Ergebnisse der Studien mit vergleichsweise wenigen methodologischen Einschränkungen zeigen weniger häufig expositionsbedingte Effekte. Bei knapp einem Drittel der untersuchten Studien spielt der Nocebo-Effekt<sup>1</sup> in Bezug auf die Symptome bei Personen mit EHS eine Rolle. Gemäss den Autoren spricht ihre Übersichtsarbeit insgesamt eher gegen einen ursächlichen Zusammenhang von EMF-Exposition und Gesundheitseffekten. Nach wie vor könne jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass es schwache Gesundheitsauswirkungen oder einige tatsächlich auf EMF reagierende Personen geben könnte. Für zukünftige Studien wird empfohlen Subgruppen zu identifizieren und insbesondere Studien bei einzelnen Personen durchzuführen.

### **3) Weitere Publikationen zur Information**

#### *ANSES-Berichte zu EMF und Gesundheit*

Die französische *Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail* (ANSES) hat Mitte 2019 zwei Berichte zum Themenbereich EMF und Gesundheit in Französisch und Englisch publiziert:

- Stellungnahme zu «Gesundheitsauswirkungen im Zusammenhang mit niederfrequenten elektromagnetischen Feldern»<sup>2,3</sup>
- Stellungnahme zu möglichen Gesundheitsauswirkungen im Zusammenhang mit erhöhten SAR-Werten von körpernah getragenen Mobiltelefonen<sup>4,5</sup>

#### *ANFR-Berichte zu 5G*

Ebenfalls Mitte 2019 wurden von der französischen *Agence nationale des fréquences* (ANFR) zwei Berichte zum Themenbereich 5G in französischer Sprache veröffentlicht:

---

<sup>1</sup> Unter Nocebo-Effekt versteht man die krankmachende Wirkung einer Exposition aufgrund der Erwartungshaltung des Betroffenen, also das Gegenstück zum Placebo-Effekt ([BERENIS Newsletter Nr. 5, März 2016](#))

<sup>2</sup> <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2013SA0038Ra.pdf>

<sup>3</sup> <https://www.anses.fr/en/system/files/AP2013SA0038EN.pdf>

<sup>4</sup> <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2017SA0229Ra.pdf>

<sup>5</sup> <https://www.anses.fr/en/system/files/AP2017SA0229EN.pdf>

- Allgemeine Informationen zur 5G-Exposition<sup>6</sup>
- Erste Ergebnisse aus Messungen in 5G-Pilotprojekten (3400-3800 MHz)<sup>7</sup>

## Literaturangaben

Kim JH, Huh YH, Kim HR (2019): **Trafficking of synaptic vesicles is changed at the hypothalamus by exposure to an 835 MHz radiofrequency electromagnetic field.** Gen Physiol Biophys. 2019 Sep;38(5):379-388. Epub 2019 Aug 14. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31411574>

Schmiedchen K, Driessen S, Oftedal G (2019): **Methodological limitations in experimental studies on symptom development in individuals with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF) - a systematic review.** Environ Health. 2019 Oct 22;18(1):88. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31640707>

Smith-Roe SL, Wyde ME, Stout MD, Winters JW, Hobbs CA, Shepard KG, Green AS, Kissling GE, Shockley KR, Tice RR, Bucher JR, Witt KL (2019): **Evaluation of the genotoxicity of cell phone radiofrequency radiation in male and female rats and mice following subchronic exposure.** Environ Mol Mutagen. 2019 Oct 21. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31633839>

## Kontakt

Dr. Stefan Dongus  
Sekretariat BERENIS  
Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut  
Department Epidemiology and Public Health  
Environmental Exposures and Health Unit  
Socinstr. 57, Postfach, 4002 Basel  
Tel: +41 61 284 8111  
E-Mail: stefan.dongus@swisstph.ch

---

Weitere Informationen:

[Beratende Expertengruppe nicht-ionisierende Strahlung \(BERENIS\)](#)

[Abkürzungsverzeichnis \(als pdf\)](#)

---

<sup>6</sup> <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expace/CND/Rapport-ANFR-presentation-generale-5G.pdf>

<sup>7</sup> <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expace/CND/Rapport-ANFR-resultats-mesures-pilotes-5G.pdf>