

Zusammenfassung und Bewertung ausgewählter Studien

Im Zeitraum April bis August 2016 wurden 129 neue Publikationen identifiziert, von denen neun von BERENIS vertieft diskutiert wurden. Vier davon wurden gemäss den Auswahlkriterien als besonders relevant zur Bewertung ausgewählt und werden im Folgenden zusammengefasst.

1) Experimentelle Tier- und Zellstudien

Niederfrequente Magnetfelder und Entstehung von Krebs in Ratten (Soffritti et al. 2016)

In dieser *in vivo* Studie wurden Effekte von niederfrequenten Magnetfeldern (NF-MF) auf die Entstehung von Krebs untersucht. Männliche und weibliche Sprague-Dawley-Ratten wurden 104 Wochen lang für 19 Stunden pro Tag exponiert (1000 μ T, 50 Hz). Die Exposition begann bereits vor der Geburt der Ratten im Uterus der Muttertiere. Da in einigen *in vivo* Studien eine sogenannte Co-Karzinogenese nach Magnetfeldexposition beobachtet wurde, wurde diese ebenfalls untersucht. Hierzu wurde das Trinkwasser der Tiere mit 50 ppm Formaldehyd versetzt. Formaldehyd löst die Bildung von C-Zell-Karzinoma und lymphoretikulären Tumoren aus. C-Zell-Karzinoma sind bösartige Tumoren der Schilddrüse, welche bei diesem Rattenstamm mit einer Häufigkeit von etwa 1.1% (0.1-2.1%) auftreten. In einer älteren Studie (Boorman et al. 1999)¹ wurde ein vermehrtes Entstehen von C-Zell-Karzinoma in Kombination mit niederfrequenten Magnetfeldern beschrieben. Die Expositions kombinationen in der neuen Studie waren wie folgt: a) Formaldehyd + NF-MF, b) nur NF-MF und c) nur Formaldehyd. Die Gruppengrössen variierten von 200-500 Tieren. Die Ergebnisse der Studie zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich Futteraufnahme, Körpergewicht und Überlebensrate. Wie bereits in der Studie von Wyde *et al.* (2016)² zu Mobilfunkstrahlung (siehe [BERENIS-Newsletter 7](#)) wurde eine erhöhte Krebsrate nur bei männlichen Tieren beobachtet. Die kombinierte Exposition mit NF-MF + Formaldehyd führte bei männlichen Tieren zu einer signifikanten Zunahme der Tiere mit Lymphomen. Bei männlichen Ratten wurde ebenfalls ein signifikanter Anstieg der C-Zell-Karzinoma beobachtet. Die Studie zeigt erneut die co-karzinogene Wirkung der EMF. Bereits kürzlich publizierte dieselbe Arbeitsgruppe aus Italien Befunde, die zeigen, dass NF-MF die karzinogenen Effekte von Gamma-Strahlen potenzierte³ (siehe [BERENIS-Newsletter 6](#)). Wie in toxikologischen Studien zur Identifizierung von Risiken üblich ist die angewendete Magnetfeldstärke höher als die typischerweise in der Umwelt auftretende Magnetfeldstärke.

¹ Boorman GA, McCormick DL, Findlay JC, Hailey JR, Gauger JR, Johnson TR, Kovatch RM, Sills RC, Haseman JK (1999): **Chronic toxicity/oncogenicity evaluation of 60 Hz (power frequency) magnetic fields in F344/N rats.** Toxicol Pathol. 1999 May-Jun;27(3):267-78. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10356702>

² Wyde M, Cesta M, Blystone C, Elmore S, Foster P, Hooth M, Kissling G, Malarkey D, Sills R, Stout M, Walker N, Witt K, Wolfe M, Bucher J (2016): **Report of Partial findings from the National Toxicology Program Carcinogenesis Studies of Cell Phone Radiofrequency Radiation in Hsd: Sprague Dawley® SD rats (Whole Body Exposures).** <http://biorxiv.org/content/early/2016/06/23/055699>

³ Soffritti M, Tibaldi E, Padovani M, Hoel DG, Giuliani L, Bua L, Lauriola M, Falcioni L, Manservigi M, Manservigi F, Panzacchi S, Belpoggi F (2016): **Life-span exposure to sinusoidal-50 Hz magnetic field and acute low-dose γ radiation induce carcinogenic effects in Sprague-Dawley rats.** Int J Radiat Biol. 2016 Feb 19:1-13. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26894944>

Niederfrequente Magnetfelder und Einfluss auf programmierten Zelltod (Feng et al. 2016)

In dieser technisch gut gemachten *in vitro* Studie haben Feng et al. (2016) die Beeinflussung der Regulation des programmierten Zelltods (Apoptose) durch eine vorgängige Exposition mit einem niederfrequenten Magnetfeld (50 Hz, 200, 400, 1000 oder 2000 μ T) untersucht. Apoptose spielt eine wichtige Rolle in einer Vielzahl von physiologischen Prozessen, zum Beispiel beim Eliminieren von entarteten Zellen aus dem Organismus, die potentiell eine Tumorbildung auslösen könnten. Die Autoren haben eine aus der Fruchtblase isolierte menschliche Zelllinie für 30, 60 und 120 Minuten dem NF-MF ausgesetzt. Die Exposition zeigte dabei keinen direkten Einfluss auf die Lebensfähigkeit der Zellen, und auch keine Anzeichen für das Auslösen von Apoptose. Hingegen wurde nach der Exposition für 60 Minuten, jedoch nicht nach 30 und 120 Minuten, eine relative Reduktion von frühen apoptotischen Zellstadien beobachtet, wenn die Kulturen nachträglich mit dem Antibiotikum Staurosporin behandelt worden waren, welches bei der angewendeten Konzentration etwa 50% häufiger den Zelltod auslöste. Zudem wurde diese Expositionszeit-abhängige Abnahme von Apoptose nur bei Flussdichten von 400 μ T und 1000 μ T beobachtet, nicht aber bei schwächeren und stärkeren Magnetfeldern (200 und 2000 μ T). Im Weiteren wurde eine mögliche Erklärung für diesen Effekt untersucht. Nach 30- und 120-minütiger Exposition wurde eine Erhöhung der freien Radikale in den Mitochondrien festgestellt, die nach 60 Minuten nicht nachweisbar war, was auf einen spezifischen Mechanismus zur Beseitigung der Radikale in diesem Zeitfenster hindeutete. In der Tat konnte gezeigt werden, dass die Blockierung einer Pore in der Membran der Mitochondrien nicht nur dazu führt, dass die freien Radikale nach 60-minütiger Exposition erhöht waren, sondern auch der Schutz vor Staurosporin-induziertem Zelltod aufgehoben wurde. Das Öffnen dieser Pore führt also dazu, dass freie Radikale und andere Moleküle aus den Mitochondrien ausfließen, die die Zellantwort auf den zusätzlichen Stressfaktor Staurosporin beeinflussen. Mithilfe von spezifischen Inhibitoren konnte gezeigt werden, dass das Freisetzen dieser freien Radikale ins Zytoplasma zu einer Aktivierung des Akt-Signalweges führt, der dafür bekannt ist, die Lebensfähigkeit von Zellen zu fördern und der Apoptose entgegenzuwirken. Es bleibt hingegen offen, ob dieser an sich interessante durch Magnetfeldexposition ausgelöste Mechanismus universell auf verschiedene Zelltypen anwendbar ist, und ob diese Effekte einen relevanten Einfluss auf physiologische Prozesse des Organismus haben.

2) Epidemiologische Studien

Unspezifische Symptome in der Nähe von Mobilfunkbasisstationen (Baliatsas et al. 2016)

In einer retrospektiven Kohortenstudie hat eine Forschungsgruppe in Holland bei 1069 Erwachsenen untersucht, ob die Mobilfunkstrahlung von Mobilfunkbasisstationen mit dem Auftreten von unspezifischen Symptomen zusammenhängt (Baliatsas et al. 2016). Basierend auf einer Befragung von 5933 Erwachsenen im Jahr 2010/2011⁴ ([siehe BERENIS-Newsletter 4](#)) wurden alle diejenigen Personen in diese neue Studie eingeschlossen, die 2004 am gleichen Ort wohnten und bei denen für diesen Zeitpunkt Symptomdaten in der Hausärztedatenbank vorlagen. Insgesamt wurden 27 unspezifische Symptome ausgewählt, die häufig im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern genannt werden. Die Mobilfunkstrahlung am Wohnort wurde für 2010/2011 modelliert. Für 2004 wurde die Mobilfunkstrahlung anhand des Verhältnisses der Anzahl Antennen im Umkreis von 500 Metern zu den beiden Zeitpunkten extrapoliert. Die Anzahl der Antennen hat zwischen den beiden

⁴ Baliatsas C, Bolte J, Yzermans J, Kelfkens G, Hooiveld M, Lebret E, van Kamp I (2015): **Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: An epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records.** Int J Hyg Environ Health 2015; 218 (3): 331 – 344.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25704188>

Zeitpunkten um 30% zugenommen. Die mittlere Exposition im Studienkollektiv war 0.12 V/m im Jahr 2010/2011 und 0.11 V/m im Jahr 2004. In einer Querschnittsanalyse der gesamten Stichprobe war keines der Symptome mit der Mobilfunkstrahlung assoziiert. Insgesamt gaben 55 der 1069 Personen an, sensibel auf Mobilfunkstrahlung zu reagieren. Diese Gruppe hatte im Jahr 2010/2011 mehr Symptome als im Jahr 2004. In dieser Gruppe bestand für eine Reihe von Symptomen auch ein Zusammenhang mit der modellierten Mobilfunkstrahlung am Wohnort. Die Schwäche dieser Analyse liegt darin, dass die Angabe, ob man sensibel auf Mobilfunkstrahlung reagiert, retrospektiv (2010/2011) erfolgte. Es bleibt damit unklar, ob neu aufgetretene Symptome einfach der Mobilfunkstrahlung zugeschrieben werden, weil man am Wohnort durch eine Mobilfunkbasisstation exponiert wird, oder ob tatsächlich ein ursächlicher Zusammenhang besteht. Bei den statistischen Analysen wurden nur das Alter, das Geschlecht und die Tatsache ob man ein Haus besitzt berücksichtigt. Das Resultat könnte also durch andere Störgrößen verfälscht sein. Das Expositionsmodell ist einfach und berücksichtigt relevante Einflussfaktoren wie zum Beispiel den Neigungswinkel (Tilt) der Basisstation nicht. Die Expositionsunterschiede zwischen den beiden Zeitpunkten sind gering. Des Weiteren wäre eine Längsschnittanalyse wünschenswert gewesen.

Strahlung von Mobilfunkbasisstationen, TV- und Radiosendern und Symptome bei Jugendlichen in der Schweiz (Schoeni et al. 2016)

Im [BERENIS-Newsletter 6](#) vom Juni 2016 wurden Ergebnisse der schweizerischen prospektiven Kohortenstudie HERMES diskutiert, die darauf hindeuten, dass Veränderungen in der Gedächtnisleistung innerhalb eines Jahres mit der kumulativen EMF-Dosis des Gehirns zusammenhängen. Diese wird in erster Linie durch die eigene Handynutzung bestimmt. In einer neuen Publikation dieser Kohortenstudie bei denselben 439 Jugendlichen im Alter von 12 bis 17 Jahren aus der Zentralschweiz wurde nun untersucht, ob die HF-EMF-Exposition von Mobilfunkbasisstationen, TV- und Radiosendern innerhalb eines Jahres zu vermehrtem Auftreten von nichtspezifischen Symptomen wie Kopfschmerzen, Müdigkeit oder Konzentrationsstörungen führte. Dazu wurde die Exposition am Wohnort und an der Schule für alle Studienteilnehmenden modelliert, und ein zeitlich gewichteter Mittelwert berechnet, wobei angenommen wurde, dass die Kinder im Durchschnitt 4.8 Stunden pro Tag in der Schule verbringen. Es wurden drei Expositionsgruppen gebildet: gering Exponierte (unterhalb des Medians; <0.048 V/m), mittel Exponierte (zwischen Median und 75. Perzentil; 0.048-0.073 V/m) und hoch Exponierte (>0.073 V/m). Die Symptome wurden mit standardisierten Fragebögen erfasst. Als Co-Faktoren wurden bei allen Analysen Alter, Geschlecht, Nationalität, Schulniveau, körperliche Aktivität, Alkoholkonsum und Bildung der Eltern berücksichtigt. Bei den Längsschnittanalysen wurde auch noch das Längenwachstum zwischen Basis- und Nachfolgeerhebung berücksichtigt. In der Querschnittsanalyse wurde für keines der erfassten Symptome ein Zusammenhang mit der modellierten HF-EMF-Exposition gefunden. In den Längsschnittanalysen war das Neuaufreten von Müdigkeit in der höchsten Expositionsgruppe um den Faktor 2.94 (95% Vertrauensintervall: 1.43-6.05) erhöht. Für die anderen Symptome gab es keinen Zusammenhang. In einer Veränderungsanalyse nahm bei Personen mit einer Zunahme der Exposition innerhalb eines Jahres im Vergleich zu denjenigen ohne Veränderung oder Abnahme der Exposition die Erschöpfung um den Faktor 2 ab (Odds Ratio: 0.50: 0.27-0.93). Die Autoren interpretieren die wenigen signifikanten und unterschiedlich gerichteten Ergebnisse als Zufallsbefunde. Es ist weltweit die erste Längsschnittstudie bei Jugendlichen zu HF-EMF in der Umwelt von fest installierten Sendern. Eine Stärke der Studie ist die systematische Erfassung der HF-EMF-Exposition mittels eines validierten Ausbreitungsmodells. Jedoch sind die gefundenen Expositionsunterschiede sehr gering. Abschätzungen in der Kohorte ergaben, dass die Exposition von allen Fernfeldquellen (einschliesslich WLAN und Schnurlostelefon) im Durchschnitt nur 1.6% der

absorbierten Strahlenbelastung des Gehirns und 6.0% des gesamten Körpers ausmachen⁵. Insofern ist es nicht erstaunlich, dass keine Zusammenhänge mit den Symptomen gefunden wurden. Eine Schwäche der Studie ist die relativ kleine Stichprobengrösse.

3) Übersichtsarbeiten

ANSES-Bericht zu Gesundheit von Kindern und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern

Der französischsprachige ANSES-Bericht (*Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail*) zum Thema „Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern und Gesundheit von Kindern“ ist im Juli 2016 erschienen und verfügbar unter:

<https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2012SA0091Ra.pdf>

Literaturangaben

Baliatsas C, van Kamp I, Bolte J, Kelfkens G, van Dijk C, Spreeuwenberg P, Hooiveld M, Lebreton E, Yzermans J (2016): **Clinically defined non-specific symptoms in the vicinity of mobile phone base stations: A retrospective before-after study.** *Sci Total Environ.* 2016 Sep 15;565:714-20. Epub 2016 May 21. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27219506>

Feng B, Ye C, Qiu L, Chen L, Fu Y, Sun W (2016): **Mitochondrial ROS Release and Subsequent Akt Activation Potentially Mediated the Anti-Apoptotic Effect of a 50-Hz Magnetic Field on FL Cells.** *Cell Physiol Biochem.* 2016;38(6):2489-99. Epub 2016 Jun 17. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27310130>

Schoeni A, Roser K, Bürgi A, Rössli M (2016): **Symptoms in Swiss adolescents in relation to exposure from fixed site transmitters: a prospective cohort study.** *Environ Health.* 2016 Jul 16;15(1):77. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27422272>

Soffritti M, Tibaldi E, Padovani M, Hoel DG, Giuliani L, Bua L, Lauriola M, Falcioni L, Manservigi M, Manservigi F, Belpoggi F (2016): **Synergism between sinusoidal-50 Hz magnetic field and formaldehyde in triggering carcinogenic effects in male Sprague-Dawley rats.** *Am J Ind Med.* 2016 Jul;59(7):509-21. Epub 2016 May 24. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27219869>

⁵ Roser K, Schoeni A, Bürgi A, Rössli M (2015): **Development of an RF-EMF Exposure Surrogate for Epidemiologic Research.** *Int J Environ Res Public Health.* 2015 May 22;12(5):5634-56. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26006132>

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@unibas.ch

Weitere Informationen:

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

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