

## **Zusammenfassung und Bewertung ausgewählter Studien**

Im Zeitraum Februar bis April 2015 wurden 109 neue Publikationen identifiziert, von denen 14 von BERENIS vertieft diskutiert wurden. Neun davon wurden gemäss den Auswahlkriterien als besonders relevant zur Bewertung ausgewählt und werden im Folgenden zusammengefasst.

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

#### *Hochfrequente elektromagnetische Felder und ein Krebsmodell der Maus (Lerchl et al. 2015)*

In einer technisch und methodisch gut dokumentierten unabhängigen Replikations-Studie untersuchten Lerchl *et al.* (2015) den Einfluss von einem UMTS-modulierten hochfrequenten elektromagnetischen Feld (SAR-Werte 0.04, 0.4 und 2 W/kg) auf die Häufigkeit und Art der Tumorbildung in einem etablierten Krebsmodell der Maus. Dieses Krebsmodell basiert auf einer chemischen Verursachung von krebsauslösenden Mutationen im Genom während der Embryonalentwicklung. Dies führt zu einem zwei- bis fünffach häufigeren Auftreten von Tumoren hauptsächlich in Leber, Lunge und im Blut in den ausgewachsenen Mäusen. Im Vergleich zu der ursprünglichen Studie von Tillmann *et al.* (2010) wurde eine etwas grössere Anzahl von Tieren verwendet, sowie zwei weitere Expositionsintensitäten (0.04 und 2 W/kg) betrachtet. Ab dem sechsten Tag der Trächtigkeit wurden die Muttertiere und danach die weiblichen Nachkommen einer lebenslangen Dauerexposition ausgesetzt. Zudem wurde allen Muttertieren 14 Tagen nach der Zeugung 40 mg/kg eines anerkannten krebsauslösenden Stoffes (Ethylnitrosoharnstoff) injiziert. Im Vergleich zu scheinexponierten Mäusen wurde bei exponierten Mäusen ein statistisch signifikant häufigeres Auftreten bösartiger (maligner) Tumortypen in Leber (ab 0.04 W/kg) und Lunge (bei 0.4 W/kg) festgestellt. Dies deckt sich im Wesentlichen mit den Beobachtungen der Studie von Tillmann *et al.* (2010), die ebenfalls einen Einfluss von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf das Tumorstadium beobachtete, wenn die Tiere zusätzlich einem krebsauslösenden Stoff ausgesetzt waren. Lerchl *et al.* (2015) beobachteten jedoch überdies eine erhöhte Rate von Lymphomen bei der Exposition mit 0.4 W/kg. Es bleibt zu erwähnen, dass sich keine klare Dosis-Wirkungs-Abhängigkeit abzeichnete und dass der Mechanismus, der diesen tumorfördernden Effekt der elektromagnetischen Felder auslöste, spekulativ bleibt. Vorstellbar sind unter anderem eine stoffwechselbedingte Beeinflussung der Wirkung des chemischen Mutagens, Abweichungen in der Effizienz oder Präzision der Genom-Reparaturmechanismen, Veränderungen der krebsbekämpfenden Immunreaktionen oder eine Stimulation des Krebswachstums. Die Ergebnisse einer gross angelegten Studie, die zurzeit am National Institute of Health in den USA durchgeführt wird, dürften mehr Klarheit bringen.

#### *Hochfrequente elektromagnetische Felder und in vivo gentoxische Analysen der Maus (Zong et al. 2015)*

Ein möglicher Erklärungsansatz für die Beobachtungen von Lerchl *et al.* (2015) und Tillmann *et al.* (2010) wird von Zong *et al.* (2015) beschrieben, in der klassische Methoden für Gentoxikologie und oxidativen Stress angewendet wurden. Die untersuchten Mäuse wurden während einer Woche täglich für vier Stunden einem hochfrequenten elektromagnetischen Feld ausgesetzt (kontinuierliches 900 MHz Feld, SAR ~50 mW/kg), bevor eine *in vivo* Schädigung der DNS durch das bekannte Krebstherapeutikum Bleomycin, das über die Oxidation von Molekülen wirkt, ausgelöst wurde. Die Autoren stellten fest, dass die Zunahme der Fragmentierung der DNS – einem Indikator

für Schädigung der Erbsubstanz – in den weissen Blutzellen der exponierten Tiere signifikant kleiner war als in den Kontrollgruppen. Parallel dazu wurden Indikatoren für oxidativen Stress (Malondialdehyd-Konzentration und die Aktivität der Superoxid-Dismutase) in verschiedenen Geweben analysiert, die ebenfalls in Abhängigkeit der Exposition verändert waren. Dies deutet darauf hin, dass die Exposition mit den hochfrequenten elektromagnetischen Feldern eine systemische Veränderung verursachen könnte, die wiederum die körperliche und zelluläre Antwort auf weitere Stressfaktoren beeinflusst. Dieses Phänomen ist als „adaptive Reaktion“ bekannt und dürfte unter realen Lebensbedingungen, wo viele Stressfaktoren gleichzeitig auftreten können, eine wichtige Rolle spielen.

*Nieder- und hochfrequente elektromagnetische Felder und in vitro gentoxische Analysen (Duan et al. 2015)*

In der technisch gut gemachten *in vitro* Studie von Duan *et al.* (2015) wurden die gentoxischen Effekte von nieder- und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern verglichen. Dazu wurde eine Zelllinie, die aus Spermatozyten der Maus gewonnen wurde, jeweils für 24 Stunden mit unterschiedlichen Intensitäten einem zeitlich unterbrochenen niederfrequenten Magnetfeld (50 Hz; 1, 2 und 3 mT; 5/10 Minuten an/aus) oder einem hochfrequenten elektromagnetischen Feld ausgesetzt (1.8 GHz; SAR 1, 2 und 4 W/kg; Gesprächsmodus im GSM Netz). Dabei wurde bei beiden Arten von elektromagnetischen Feldern kein Einfluss auf die Lebensfähigkeit und das Wachstum der Zellpopulation festgestellt. Bei der höchsten getesteten Intensität des niederfrequenten Magnetfeldes wurde jedoch eine signifikante Erhöhung der Fragmentierung der nukleären DNS (mittels Kometen-Assay) sowie eine Zunahme der Anzahl von Zellen gefunden, die ein Signal für einen Marker von DNS-Doppelstrang-Brüchen ( $\gamma$ -H2AX) zeigen. Das hochfrequente elektromagnetische Feld hingegen löste keine dieser Veränderungen aus. Allerdings wurde für die höchste Dosis des hochfrequenten elektromagnetischen Feldes eine signifikante Zunahme von DNS-Schädigungen beobachtet, wenn eine modifizierte Version des Kometen-Assays eingesetzt wurde. Die Autoren schliessen daraus, dass sowohl niederfrequente Magnet- als auch hochfrequente elektromagnetische Felder potenziell zu einer Schädigung der Erbsubstanz führen können, wenn auch über verschiedene Mechanismen. Diese Schlussfolgerungen bestätigen zwar die Beobachtungen einiger vorangegangener ähnlich angelegter Studien, widersprechen aber auch anderen, die keine solchen Effekte gefunden haben. Die meist fehlenden Rohdaten lassen keine abschliessende Beurteilung dieser experimentellen Resultate und möglichen alternativen Erklärungen zu.

*Niederfrequente Magnetfelder und Immunzellen (Golbach et al. 2015)*

In dieser Studie wurde der Effekt von niederfrequenten Magnetfeldern auf Immunzellen *ex vivo* untersucht. Trotz zahlreicher Studien sind mögliche Zielstrukturen oder zugrundeliegende Mechanismen bisher unbekannt. In dieser Studie wurden neutrophile Granulozyten vom Menschen aus Blutproben isoliert und sogenannte ‚NETs‘ (‚neutrophil extracellular traps‘) induziert. NETs sind ein Verteidigungssystem, welches die eintretenden Bakterien und andere Pathogene unschädlich macht. Die neutrophilen Granulozyten wurden *in vitro* mittels eines chemischen Agens aktiviert, und der Effekt eines Magnetfeldes (Kombination mit vier verschiedenen Frequenzen von 320, 730, 880 und 2‘600 Hz mit einer Intensität von 300  $\mu$ T) auf aktivierte und nicht aktivierte Zellen verglichen. Die NET-Produktion in aktivierten und befeldeten Zellen stieg signifikant an, während dieser Effekt bei nicht-aktivierten Zellen ausblieb. Die erhöhte Produktion von NETs korrelierte mit vermindertem Überleben von Bakterien, was in einem *in vitro* System getestet wurde. Während das Abtöten von Bakterien ein positiver Effekt ist, haben die NETs auch zelltoxische Effekte, die zu Autoimmunerkrankungen wie Arthritis führen können. So zeigte sich auch in diesem System, dass

Apoptose und Zelltod mit der erhöhten NET-Produktion einhergehen. Der molekulare Mechanismus, der der vermehrten NET-Bildung durch niederfrequente Magnetfelder zugrunde liegt, wurde ebenfalls untersucht. Die Autoren liefern erste Beweise, dass niederfrequente Magnetfelder eine erhöhte Produktion von Sauerstoffradikalen (ROS) und eine nachfolgend erhöhte Aktivität oder eine erhöhte Expression des Enzyms NADPH Oxidase bedingen, und somit die vorübergehende Aktivierung von neutrophilen Granulozyten und deren vermehrte Bildung von NETs begünstigen.

## **2) Experimentelle Humanstudie**

### *Hochfrequente elektromagnetische Felder und Hirnaktivität im Schlaf: inter- und intraindividuelle Variabilität (Lustenberger et al. 2015)*

Pulsmodulierte elektromagnetische Felder im Hochfrequenzbereich, wie sie in der Mobiltelefonie zur Anwendung kommen, führten in früheren Studien oft zu einer Veränderung der Hirnaktivität, die mithilfe der Elektroenzephalografie gemessen wird. Dies äussert sich häufig in einem Anstieg der Intensität in zwei Frequenzbereichen, die durch typische Wellenmuster des Elektroenzephalogramms (EEG) in bestimmten Schlafphasen gekennzeichnet sind: den sogenannten „Schlafspindeln“ (13.75 - 15.25 Hz), und der Delta-Theta-Aktivität (1.25-9 Hz). Es gab allerdings grosse Unterschiede in der individuellen Reaktion auf hochfrequente elektromagnetische Felder. Gewisse Versuchspersonen zeigten gegensätzliche Effekte nach Feldexposition; der Grund dafür ist unbekannt. Deshalb untersuchten Lustenberger *et al.* (2015) die interindividuelle Variation und intraindividuelle Stabilität der Reaktion auf die Exposition. Sie exponierten 20 junge gesunde Männer 30 Minuten vor dem Schlafengehen zweimal im Abstand von zwei Wochen demselben Feld (und zweimal einer Kontrollbedingung ohne Feld) in einem doppelblinden, randomisierten Design. Die Exposition bestand aus einem modulierten elektromagnetischen Feld von 900 MHz (2 Hz Puls, 20 Hz Gausscher Tiefpassfilter, Verhältnis Maximalwert zu Mittelwert 4; maximale spezifische Absorptionsrate 2 W/kg gemittelt über 10 g Gewebe) wie sie bereits bei Schmid *et al.* (2014) verwendet wurde. Räumlich hochauflösendes EEG (128 Elektroden) wurde nach jeder Exposition während einer ganzen Nacht aufgezeichnet. Die topographische Analyse der EEG-Aktivität im Non-Rapid Eye Movement (NREM)-Schlaf zeigte einerseits in mehreren fronto-zentralen Elektroden einen expositionsabhängigen Anstieg im Delta-Theta Frequenzbereich, andererseits keine Unterschiede im Frequenzbereich der Schlafspindeln. Es wurde kein innerhalb der Versuchspersonen reproduzierbarer Effekt auf die Schlafspindeln und/oder Delta-Theta-Aktivität des Schlaf-EEG festgestellt. Somit bleibt unklar, ob es ein biologisches Merkmal gibt, aufgrund dessen die Hirnaktivität von gewissen Personen anders auf elektromagnetische Felder reagiert als bei anderen Personen. Die Autoren konnten frühere Befunde bezüglich Effekten im Bereich der Schlafspindeln nicht bestätigen, und diskutieren potentielle Faktoren, die dazu beigetragen haben könnten: (1) Die Probanden absolvierten zwei verschiedene Lernaufgaben vor und während der Exposition. Die Wortpaarlernaufgabe – ein deklarativer Lernstest – kann zu Veränderungen der Spindelaktivität führen und könnte mit dem hochfrequenten elektromagnetischen Feldeffekt interferiert haben. Falls dem so ist, wäre ein Feldeffekt eher schwach und könnte leicht überdeckt werden. (2) In einigen früheren Studien wurden die Elektroden vor der Exposition angebracht, um die Zeit zwischen Ende der Exposition und Lichterlöschen zu minimieren. Das verwendete hochauflösende EEG-Netz wirkt aber wie ein Faraday'scher Käfig und konnte deshalb erst nach der Exposition angebracht werden. Es wird immer wieder debattiert, ob in der Haut oder im Kortex über die Elektroden induzierte Ströme Effekte verursachen könnten. Dies ist aber eher unwahrscheinlich (Murbach *et al.* 2014). Auch Loughran *et al.* (2005) hatten die Elektroden nach der Exposition angebracht und trotzdem expositionsbedingte Effekte im Bereich der Schlafspindeln gefunden.

### **3) Epidemiologische Studien**

*Zeitliche Entwicklung bestimmter Tumore in schwedischen Spitaldaten (Hardell & Carlberg 2015) und neuseeländischen Krebsregisterdaten (Kim et al. 2015)*

Der Vergleich der zeitlichen Entwicklung von Krankheitsraten mit anderen Faktoren gilt als das schwächste epidemiologische Studiendesign. Ein anschauliches Beispiel für die limitierte Aussagekraft solcher Vergleiche ist der parallele Rückgang der Geburtsraten und der Storchpopulation<sup>1</sup>. Aus mehreren Gründen haben solche Zeitreihenanalysen aber eine gewisse Aussagekraft für den Zusammenhang zwischen Handynutzung und Hirntumoren: Erstens kann die zeitliche Entwicklung von Hirntumoren in vielen Ländern anhand etablierter Krebsregisterdaten zuverlässig evaluiert werden, zweitens hat der Mobiltelefongebrauch in den letzten 20 Jahren so stark zugenommen, dass sich ein allfälliges Risiko in den Krebshäufigkeiten manifestieren müsste, und drittens gibt es keinen anderen bekannten Umweltrisikofaktor für Hirntumore, der sich in den letzten Jahren ebenfalls stark verändert hätte und damit auch zu einer starken Zu- oder Abnahme beigetragen haben könnte. Ein Hauptproblem für solche Zeitreihenanalysen sind jedoch zeitliche Veränderungen der Diagnostik und Kodierungspraxis. Durch die Einführung von bildgebenden Verfahren werden heutzutage mehr Erkrankungen diagnostiziert als früher. Dies gilt es bei der Interpretation von solchen Studien zu berücksichtigen.

Hardell & Carlberg (2015) finden in den schwedischen Spitaldaten, dass nicht spezifizierte Tumore im Hirn und Zentralnervensystem (ICD-10 Code: D43) zwischen 2007 und 2013 signifikant jährlich um 4.25% zugenommen haben. Noch grösser war die Zunahme in den Sterbedaten (+23% pro Jahr). Sie vermuten, dass dafür der zunehmende Mobiltelefongebrauch verantwortlich ist. Diese Analyse hat jedoch eine Reihe von Schwächen, die die Aussagekraft erheblich einschränken. Bei den Spitaldaten ist nicht ersichtlich, ob es sich um Mehrfacheinweisungen derselben Person handelt, und es kann auch nicht zwischen Primär- und Sekundärtumoren (Metastasen) unterschieden werden. Zudem wurden keine alterstandardisierten Erkrankungsdaten präsentiert. Eine gewisse Zunahme ist also zu erwarten, da die Bevölkerung immer älter geworden ist. Weiter ist anhand der präsentierten Sterbedaten ersichtlich, dass die malignen Hirntumore (ICD-10 Code: C71) im selben Masse abgenommen haben wie die unspezifischen Tumore (D43) zugenommen haben. Das zeigt, dass in erster Linie eine Änderung der Kodierungspraxis stattgefunden hat. Der Grund dafür ist, dass Autopsien in Schweden während der letzten Jahre stark abgenommen haben und deshalb der Tumortyp häufiger unbekannt blieb. Da Handynutzung in erster Linie für Tumore im Kopf problematisch sein könnte, wäre es nötig gewesen, die Tumortypen D43.4 (im Rückenmark) und D43.7/43.9 (andere/nicht spezifizierte Orte des Zentralnervensystems) wegzulassen. Dies wurde nicht gemacht. Aus diesen Gründen kann die Analyse von Hardell & Carlberg keine Hinweise über einen Zusammenhang zwischen Mobiltelefongebrauch und Hirntumoren geben.

Ebenfalls eine Zeitreihenstudie wurde mit den neuseeländischen Krebsregisterdaten von 1995 bis 2010 durchgeführt (Kim et al. 2015). Bei einer Gesamtanalyse der altersstandardisierten Erkrankungsdaten für bösartige Hirntumore (Gliome) der 10- bis 69-Jährigen wurde keine Zunahme festgestellt. Da die Schläfen- und Scheitellappen durch Mobiltelefone am stärksten bestrahlt werden, wurde auch eine separate Analyse für Tumore in diesen Hirnregionen durchgeführt. Aber auch dort wurde keine Zunahme festgestellt. Separate geschlechtsspezifische Analysen für Altersgruppen mit Abstand von je 20 Jahren ergaben eine signifikante Abnahme von Hirntumoren bei den 10- bis 29-jährigen Knaben und Männern, sowie signifikante Zunahmen bei den 30- bis 49-jährigen Frauen und

---

<sup>1</sup> beispielsweise beschrieben in Höfer T, Przyrembel H, Verleger S (2004): **New evidence for the theory of the stork**. Paediatr Perinat Epidemiol. Jan;18(1):88-92. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14738551>

den über 70-jährigen Männern. Insgesamt weist diese Studie jedoch nicht darauf hin, dass seit der Einführung von Mobiltelefonen bösartige Hirntumore zugenommen haben. Da in Neuseeland jährlich nur rund 180 Tumore aufgetreten sind, kann diese Studie kleine Änderungen der Erkrankungsraten nicht statistisch signifikant nachweisen. Nur kleine Änderungen wären zum Beispiel zu erwarten, wenn nur seltene Subtypen auf Mobilfunkstrahlung reagieren würden oder nur sehr starke Mobiltelefonnutzer ein erhöhtes Risiko hätten. Ebenfalls kann die Studie keine Aussage zu Latenzzeiten von mehr als 15 Jahren machen, da in Neuseeland vor 1995 erst knapp 10% der Bevölkerung ein Mobilfunkabonnement hatte. Seit 2007 gibt es in Neuseeland mehr Mobilfunkabonnenten als Einwohner.

#### *Mobiltelefongebrauch in der Schwangerschaft und Geburtsfolgen (Baste et al. 2015)*

Basierend auf Daten der norwegischen Mutter-und-Kind-Kohortenstudie (1999-2009) untersuchten Baste *et al.* (2015) den Mobiltelefongebrauch sowohl von Frauen während der Schwangerschaft, als auch von den Vätern in der Zeit vor der Empfängnis. Diese Informationen wurden den entsprechenden Einträgen über Ein-Kind-Schwangerschaften im medizinischen Geburtenregister zugeordnet. Dabei wurde kein erhöhtes Risiko für negative Geburtsfolgen aufgrund von mütterlichem Mobiltelefongebrauch festgestellt. Untersuchte Geburtsfolgen waren z.B. Missbildungen, Fehlgeburt, Frühgeburt, geringes Geburtsgewicht, Wachstum (*„small for gestational age“*) und Präeklampsie. Für Präeklampsie wurde ein statistisch signifikant niedrigeres Risiko festgestellt. Bezüglich Mobiltelefongebrauch der Väter wurden zwei Zusammenhänge beobachtet, die allerdings weder konsistent noch ausgeprägt waren: eine positive Assoziation (erhöhtes Risiko) zwischen Exposition der Hoden und Fehlgeburt, sowie eine negative Assoziation (verringertes Risiko) zwischen Exposition von Hoden oder Kopf und Präeklampsien der Partnerin. Positiv hervorzuheben ist die Tatsache, dass es sich um eine prospektive Studie handelt – die Mütter wurden in den Schwangerschaftswochen 15 und 30 befragt, also zu einem Zeitpunkt, an dem sie noch nichts über mögliche Geburtsfolgen wissen konnten. Die Stichprobengrösse mit über 100'000 berücksichtigten Geburten (davon etwa drei Viertel mit väterlichen Informationen) lässt belastbare Rückschlüsse zu. Unklar bleibt jedoch, wie relevant die mütterliche Mobiltelefonnutzung für die Exposition des Fötus überhaupt ist. Zudem kann die Studie keine Aussagen zum Einfluss von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf spontane Aborte vor der 15. Schwangerschaftswoche machen.

#### **4) Dosimetrische Studie**

##### *Spezifische Absorptionsrate bei in vitro Experimenten und in realistischen Szenarien (Schmid & Kuster 2015)*

Die Publikation von Schmid & Kuster (2015) behandelt die Diskrepanz zwischen den maximalen Werten für die spezifische Absorptionsrate (SAR), die bei *in vitro* Experimenten in den meisten Fällen verwendet werden, und den in realistischen Szenarien bei der Benützung von Mobiltelefonen maximal auftretenden, räumlich hochaufgelösten SAR-Werten. Dafür wurden 80 seit 2002 publizierte Artikel über *in vitro* Experimente bezüglich der verwendeten Maximalwerte der SAR ausgewertet. Bei 51 Studien lag dieser bei 2 W/kg oder darunter. 2 W/kg entspricht dem maximal zugelassenen SAR-Wert für die Bevölkerung, gemittelt über 10 g Körpergewebe. Um die in realen Szenarien bei der Benützung von Mobiltelefonen auftretenden maximalen lokalen SAR-Werte in höherer Auflösung zu bestimmen, wurden verschiedene geschichtete, planare numerische Modelle und ein numerisches Modell eines kommerziellen Mobiltelefons an einem anatomischen Kopfmodell mittels der Finiten-Differenzen-Methode ausgewertet. Die räumliche Auflösung in den verschiedenen Modellen war kleiner als 0.25 mm, die Sendeleistung wurde so eingestellt, dass der über 10 Gramm Gewebe gemittelte SAR-Wert gerade 2 W/kg betrug. Infolge der unterschiedlichen Absorptionseigenschaften

der modellierten Gewebe und ihres ebenfalls unterschiedlichen Abstandes zur Antenne ist die lokale Absorption der Strahlung sehr unterschiedlich und kann für einzelne Zellen den räumlichen Mittelwert von 2 W/kg über 10 Gramm Gewebe wesentlich übertreffen. So wurden für den Fall des anatomischen Kopfmodells Werte von bis zu 40 W/kg auf zellulärer Ebene in der Haut, dem Blut oder den Muskeln errechnet. Es wird festgehalten, dass Zell-Studien mit maximalen, relativ uniformen SAR-Werten von 2 W/kg (Abweichungen im Bereich  $\pm 30\%$ ) oder weniger, die keine oder nur minimale Effekte festgestellt haben, nur von begrenztem Wert für die Risikobewertung sind. Die Autoren empfehlen für zukünftige Studien die Verwendung von höheren maximalen SAR-Werten und Vergleichsgruppen für die entsprechenden Temperaturen, die durch die Exposition innerhalb des Zellmediums verursacht werden. Prinzipiell sind die in der Studie festgestellten Abweichungen und die daraus abgeleiteten Empfehlungen für zukünftige Studien richtig, d.h. dass unter realen Bedingungen bei der Nutzung eines Mobiltelefons die spezifische Absorptionsrate bestimmter Zellen höher als 2 W/kg sein kann, und Studien mit höheren SAR-Werten relevant für die Risikobewertung sind. Bei der Verwendung von höheren SAR-Werten ist eine entsprechende Temperaturkontrolle unabdingbar. Darüber hinaus könnte aber auch gesamthaft noch einmal analysiert werden, welche Expositionsmasse biologisch relevant sind. Eine Zellkultur bestehend aus einem Zelltyp innerhalb eines Nährmediums ist im besten Fall eine Näherung an die Umgebung und die Bedingungen, die eine Zelle im Gewebe vorfindet.

### **5) Übersichtsarbeit**

Der wissenschaftliche Ausschuss der Europäischen Kommission zu neu entstehenden und identifizierten Gesundheitsrisiken (*Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, SCENIHR*) hat im Januar 2015 eine Stellungnahme zu möglichen Gesundheitsauswirkungen durch elektromagnetische Felder veröffentlicht:

SCENIHR (2015): Opinion on potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. European Commission.  
[http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/consultations/public\\_consultations/scenihr\\_consultation\\_19\\_en.htm](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consultations/public_consultations/scenihr_consultation_19_en.htm)

### **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

## Literaturangaben

- Baste V, Oftedal G, Møllerløkken OJ, Mild KH, Moen BE (2015): **Prospective Study of Pregnancy Outcomes After Parental Cell Phone Exposure: The Norwegian Mother and Child Cohort Study.** Epidemiology. 2015 Apr 22. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25906367>
- Duan W, Liu C, Zhang L, He M, Xu S, Chen C, Pi H, Gao P, Zhang Y, Zhong M, Yu Z, Zhou Z (2015): **Comparison of the Genotoxic Effects Induced by 50 Hz Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields and 1800 MHz Radiofrequency Electromagnetic Fields in GC-2 Cells.** Radiat Res. 2015 Mar;183(3):305-14. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25688995>
- Golbach LA, Scheer MH, Cuppen JJ, Savelkoul H, Verburg-van Kemenade BM (2015): **Low-Frequency Electromagnetic Field Exposure Enhances Extracellular Trap Formation by Human Neutrophils through the NADPH Pathway.** J Innate Immun. 2015 Apr 10. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25871408>
- Hardell L, Carlberg M (2015): **Increasing Rates of Brain Tumours in the Swedish National Inpatient Register and the Causes of Death Register.** Int J Environ Res Public Health 2015, 12(4), 3793-3813. <http://www.mdpi.com/1660-4601/12/4/3793/html>.
- Kim SJ, Ioannides SJ, Elwood JM (2015): **Trends in incidence of primary brain cancer in New Zealand, 1995 to 2010.** Aust N Z J Public Health. 2015 Apr;39(2):148-52. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25715883>
- Lerchl A, Klose M, Grote K, Wilhelm AF, Spathmann O, Fiedler T, Streckert J, Hansen V, Clemens M (2015): **Tumor promotion by exposure to radiofrequency electromagnetic fields below exposure limits for humans.** Biochem Biophys Res Commun 2015. Available online 6 March 2015. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006291X15003988>
- Loughran SP, Wood AW, Barton JM, Croft RJ, Thompson B, Stough C (2005): **The effect of electromagnetic fields emitted by mobile phones on human sleep.** Neuroreport 16:1973–1976. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16272890>
- Lustenberger C, Murbach M, Tüshaus L, Wehrle F, Kuster N, Achermann P, Huber R. **Inter-individual and intra-individual variation of the effects of pulsed RF EMF exposure on the human sleep EEG.** Bioelectromagnetics. 2015 Apr;36(3):169-77. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25690404>
- Murbach M, Neufeld E, Christopoulou M, Achermann P, Kuster N (2014): **Modeling of EEG electrode artifacts and thermal ripples in human radiofrequency exposure studies.** Bioelectromagnetics 35:273–283. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24523224>
- Schmid G, Kuster N (2015): **The discrepancy between maximum *in vitro* exposure levels and realistic conservative exposure levels of mobile phones operating at 900/1800 MHz.** Bioelectromagnetics. 2015 Feb;36(2):133-148. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bem.21895/full>
- Schmid MR, Murbach M, Lustenberger C, Maire M, Kuster N, Achermann P, Loughran SP (2012): **Sleep EEG alterations: Effects of pulsed magnetic fields versus pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields.** J Sleep Res 21:620–629. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22724534>
- Tillmann T, Ernst H, Streckert J, Zhou Y, Taugner F, Hansen V, Dasenbrock C (2010): **Indication of cocarcinogenic potential of chronic UMTS-modulated radiofrequency exposure in an**

**ethylnitrosourea mouse model.** Int J Radiat Biol. 2010 Jul;86(7):529-41.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20545575>

Zong C, Ji Y, He Q, Zhu S, Qin F, Tong J, Cao Y (2015): **Adaptive response in mice exposed to 900 MHz radiofrequency fields: bleomycin-induced DNA and oxidative damage/repair.** Int J Radiat Biol. 2015 Mar;91(3):270-6. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25347145>

Weitere Informationen und Hintergründe zur beratenden Expertengruppe nicht-ionisierende Strahlung (BERENIS) sowie eine Übersicht der verwendeten Abkürzungen finden Sie auf <http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01095/15189/index.html?lang=de>

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