

Mobilfunk: Neue Studienergebnisse bestätigen Risiken der nicht-ionisierenden Strahlung

Peter Hensinger, Isabel Wilke

Digitale mobile Geräte funken mit nicht-ionisierender Strahlung. Die Risiken der elektromagnetischen Felder (EMF) für den Menschen sind seit den 50er-Jahren aus Medizin und Militärforschung bekannt. Der Artikel dokumentiert neue Studienergebnisse zu den Endpunkten Gentoxizität, Fertilität, Blut-Hirn-Schranke, Herzfunktionen, Kognition und Verhalten. Ein gesicherter Schädigungsmechanismus ist oxidativer Zellstress. Neue Hypothesen zu weiteren Wirkmechanismen werden dargestellt. Über die Risiken der Mobilfunktechnologien werden die Nutzer unzureichend informiert, eine Vorsorgepolitik wird nicht eingeleitet. Die Unsicherheiten über die Risiken in der Öffentlichkeit sind nicht auf unklare Forschungsergebnisse zurückzuführen, sondern auf den beherrschenden Einfluss der Industrie auf Politik und Medien.

Schlüsselwörter: Mobilfunk, digitale Medien, oxidativer Zellstress, Freie Radikale, Wirkmechanismen, Kombinationswirkungen, Elektromagnetische Felder
Keywords: electromagnetic fields, mobile communications, digital media, oxidative cell stress, free radicals, mechanisms of action, combination effects

Die Mobilfunkanwendungen sind allgegenwärtig. Sie senden und empfangen mit gepulster, polarisierter Hochfrequenzstrahlung von 400–6.000 MHz. Seit den 1990er-Jahren sind Menschen, Tiere und Pflanzen einem Frequenzmix technisch erzeugter Mikrowellenstrahlung zunehmender Intensität ausgesetzt, an die der Organismus nicht adaptiert ist. Durch Sendemasten, Smartphones, Tablet-PCs, DECT-Schnurlostelefone, WiFi-Spiele, WLAN-Hotspots, Wearables, Smart-Home-Anwendungen und WLAN-gesteuerte Maschinen gibt es immer weniger strahlungsfreie Zonen, auch Nichtnutzer sind exponiert.

Die Belastung beginnt schon im Babyalter durch Babyphones und neuerdings geplante „smarte“ Windeln. Der „Baby Monitor“ der Firma Mimo ist im Strampelanzug eingebaut und vermisst Schlaf, Atmung, Aktivität, Position und Hauttemperatur. Per App wird den Eltern auf das Smartphone der Windel- und sonstige Körperzustand per WLAN-Fernwartung eingeblendet. Es gibt nur noch wenig Heranwachsende ohne ein eigenes Smartphone, Kinder und Jugendliche nutzen es nahezu permanent vom Aufwachen bis zum Einschlafen (KNOP 2015, S.124). Sie sind einer Dauerbestrahlung ausgesetzt, v.a. durch dauerfunkende Apps. Milliarden Menschen nutzen die Endgeräte körpernah, deshalb kann schon ein kleines Risiko große Folgen haben. Seit über 20 Jahren wertet der Fachinformationsdienst Strahlentelex/ElektrosmogReport monatlich die Studienlage aus, seit 2009 auch die Verbraucherschutzorganisation diagnose:funk, u. a. in vierteljährlichen Studienrecherchen.

Der Handyboom begann Anfang 2000, der Mobilfunk wurde zum staatlich geförderten Hype, neue Bedürfnisse wurden geschaffen. Die Risiken, die v.a. aus der Medizin (BECKER 1993, SCHLIEPHAKE 1960, STENECK 1984, VARGAS 1995) und Militärforschung (z. B. COOK 1980, HECHT 1996, WENZEL 1967), bekannt waren, wurden ignoriert. 2011 gruppierte die IARC, die Krebsagentur der WHO, die nichtionisierende Strahlung in die Gruppe 2B „möglicherweise krebserregend“ ein. Die Dokumentation der Europäischen Umweltagentur „Späte Lehren aus frühen Warnungen: Wissenschaft, Vorsorge, Innovation“ stuft den Mobilfunk als Risikotechnologie ein und behandelt in einem eigenen Kapitel das Gehirntumorrisiko (HARDELL et al. 2013).

Im Focus: Studienergebnisse zur Kanzerogenität

Neue Forschungsergebnisse zur Wirkung von HF-EMF (Hochfrequente Elektromagnetische Felder) legen heute nahe, Mobilfunkstrahlung als kanzerogen einzustufen. Bisher war ein Unsicherheitsfaktor in der Diskussion die lange Latenzzeit zwischen der Einwirkung eines Karzinogens und der Diagnose des Tumors und die noch relative kurze Zeit der Anwendung der Mobilfunktechnologie. Grundlage für die WHO Eingruppierung „möglicherweise krebserregend“ waren die Ergebnisse der Interphone Studie (INTERPHONE STUDY GROUP 2011) für Vielnutzer (mehr als 1640 Stunden/Jahr) und die Studien des schwedischen Onkologen und Epidemiologen Prof. Lennart Hardell, der für Vielnutzer mit über 20 Jahren Handynutzung ein bis zu fünf-fach erhöhtes Tumorrisiko nachwies, für dieselben Tumorarten, die jetzt auch die bestrahlten Tiere in der NTP-Studie entwickelten (DAVIS et al. 2013, HARDELL et al. 2011, 2012, 2013). In den USA wurden am 27.05.2016 die ersten Teilergebnisse der Studie des National Toxicology Program (NTP), der bisher umfassendsten Tierstudie (Ratten) zu nicht-ionisierender Strahlung und Krebs, vorgestellt (WYDE et al. 2016). Sie wurde von der Regierung der USA mit 25 Mio Dollar finanziert. Das Ergebnis der NTP-Studie: Mobilfunkstrahlung kann zu Tumoren führen. In der bestrahlten Gruppe der männlichen Ratten wurden Tumoren (Schwannom, Gliom) gefunden, und bei einer zusätzlichen Anzahl von Ratten präkanzerogene Zellveränderungen (Hyperplasie von Gliazellen). In der Kontrollgruppe entwickelten sich keine Tumoren.

Die NTP-Tierstudie unterstützt die Ergebnisse der REFLEX-Studien, dass die Mobilfunkstrahlung in isolierten menschlichen Fibroblasten und in transformierten Granulosazellen von Ratten DNA-Strangbrüche auslösen und damit ihre Gene schädigen kann (DIEM et al. 2005, SCHWARZ et al. 2008). Neben diesen Groß-Studien, die auch medial Aufsehen erregten, gibt es inzwischen mehr als 50 Einzelstudien in-vivo und in-vitro, die DNA-Strangbrüche nachweisen (HARDELL/CARLBERG 2012, RÜDIGER 2009). Sie sind alle gelistet im EMF-Portal, der Referenzdatenbank der WHO und deutschen Bundesregierung. Auch der BioInitiativeReport 2012 enthält eine Aufstellung

(BIOINITIATIVEREPORT 2012, Kapitel 11–14). Erwähnt seien die israelischen Studien von SADEZKI et al. (2008) und CZERNINSKI et al. (2011), die ein signifikant erhöhtes Risiko für Tumoren der Ohrspeicheldrüse fanden, was sich in der israelischen Krebsstatistik in einem Anstieg um das Vierfache (1970 bis 2006) niederschlägt (MORGAN et al. 2014).

In der diagnose:funk Studienrecherche 2015-2 werden vier neue Studien analysiert, die genotoxische Effekte nachweisen. DESHMUKH et al. (2015) untersuchten drei in der Telekommunikation verwendete Frequenzen. Die Studie zeigt, dass Mikrowellenstrahlung von 900, 1.800 und 2.450 MHz geringer Intensität (nicht-thermische Wirkung) schädliche Auswirkungen auf Rattenhirne hat. Die signifikant erhöhten Stressproteine (HSP70) zeigen Zellstress an und die vermehrt aufgetretenen DNA-Strangbrüche können zum Zelltod oder Entartung von Zellen führen. AKHAVAN-SIGARI et al. (2014) weisen nach, dass das p53-Gen (Tumorsuppressorgen), das bei der Krebsentwicklung eine wichtige Rolle spielt, durch die Strahlungseinwirkung mutieren kann. Es besteht ein signifikant höheres Risiko für die mutierte Form des Gens p53 im peripheren Bereich des Tumors, wenn man drei Stunden und mehr pro Tag mit dem Mobiltelefon telefoniert, dies korreliert signifikant mit einer kürzeren Überlebenszeit. Die Ergebnisse von CARLBERG/HARDELL (2014, 2016) und MOON et al. (2014) bestätigen, dass bei Langzeitnutzung von Mobiltelefonen die Wahrscheinlichkeit eines Tumors und seine Größe steigen.

Der ATHEM-Report Teil II der AUVA-Versicherung Österreich

Im August 2016 veröffentlichte die österreichische Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA) den ATHEM-Report II „Untersuchung athermischer Wirkungen elektromagnetischer Felder im Mobilfunkbereich“ (AUVA 2016), durchgeführt an der Medizinischen Universität Wien. Ein Anlass der Untersuchung war, dass in Italien das Cassationsgericht Rom, die höchste Gerichtsstanz, erstmals den Gehirntumor eines Managers auf sein häufiges Mobiltelefonieren zurückgeführt hat. Der Kläger erhält eine 80 % Berufsunfähigkeitsrente.

Beim ATHEM-Projekt lag ein Schwerpunkt auf Labor-Untersuchungen zum zellulären Mechanismus möglicher genotoxischer Wirkungen. Die Humanexperimente ergaben, dass „die HF-EMF Exposition an Mundschleimhautzellen geringe genotoxische und zytotoxische Wirkungen hervorrufen kann. Bei Viel-Telefonierern fanden sich diskrete Hinweise auf die Kumulation der Wirkungen durch die Exposition“ (Zusammenfassung ATHEM-Report). Die in-vitro-Ergebnisse bestätigen das Risikopotential:

- „Es gibt **empfindliche** und **strahlungs-unempfindliche** Zellen. Die Untersuchung von insgesamt acht Zelltypen bestätigte den ATHEM-1 Befund, dass die HF-EMF Exposition bei einigen Zellen die DNA-Läsionsrate erhöht, während andere Zellen keine Veränderungen erfahren. Publierte Ergebnisse zu Wirkungen (an einem sensiblen Zelltyp) sind also KEIN Widerspruch zu Ergebnissen mit unsensiblen Zellen.
- Es gibt eine **Latenzzeit**. Der Befund aus ATHEM-1, dass es zwischen Beginn der Exposition bis hin zum Auftreten der Wirkungen Zeit braucht, wurde bestätigt.

- Die **Oxidationsrate** steigt. Wir beobachteten, dass HF-EMF Exposition die DNA oxidieren – und somit – brüchig machen kann.
- HF-EMF Exposition kann **synergistisch** mit anderen Einflüssen zusammenwirken, wie z. B. Zellstress. Bei vorgestressten Zellen erhöhte die HF-EMF Exposition die DNA-Bruchrate signifikant.
- HF-EMF Exposition kann **spezifische zelluläre Reparatur-mechanismen** aktivieren. Dieser Befund bestätigt einerseits, dass DNA-Läsionen aufgetreten sind, und stützt andererseits die Annahme, dass die durch HF-EMF Exposition entstandenen DNA-Schäden repariert werden können. Die DNA-Brüche werden repariert. Wir konnten einen weiteren Befund aus dem ATHEM-1 Projekt erhärten, dass nach Expositionsende die in den Zellen entstandenen DNA-Schäden innerhalb ca. 2 Stunden verschwanden“ (AUVA 2016).

Die Erkenntnis im ATHEM-Report über Zellen, die nicht auf eine EMF-Exposition reagieren (Non-Responder), zu denen Lymphozyten gehören, hat politische Bedeutung. So präsentierte die deutsche Strahlenschutzkommission im Jahr 2013 im 5. Mobilfunkbericht an die Bundesregierung (Drucksache 17/12027) die Ergebnisse einer Studie an Lymphozyten, um damit die REFLEX-Ergebnisse zu widerlegen (DIAGNOSE:FUNK 2013). Dies war ein Betrug an den Abgeordneten, denn gerade durch die Ergebnisse der REFLEX-Studie war bekannt, dass Lymphozyten Non-Responder sind (SCHWARZ et al. 2008). Zur DNA-Reparatur: Die Möglichkeit, dass diese auch scheitern kann, wiesen BELYAEV et al. (2009) nach. Die Ursache: UMTS- Bestrahlung verzögert die DNA-Reparatur, dadurch kann die Zelle entarten.

Nach den epidemiologischen Untersuchungen von Prof. Michael Kundi (Wien) schlägt sich die Nutzung der Handys bereits in erhöhten Tumorraten nieder, aber nicht insgesamt, sondern v. a. bei jüngeren Menschen. Bei der Anhörung im Landtag in Südtirol (Mai 2015) formulierte er die Schlussfolgerungen seiner Auswertung:

- „Die Evidenz aus epidemiologischen Studien weist derzeit auf ein erhöhtes Risiko der Mobiltelefonnutzung für Hirntumore hin, wobei eine kausale Interpretation zulässig ist. Wegen der noch immer kurzen Nutzungsdauer (im Vergleich zur Entwicklungsdauer der Krankheit) kann das Risiko in seiner Höhe noch nicht beziffert werden.
- Statistische Auswertungen zeigen ein Ansteigen der Hirntumoren, was aber derzeit wegen der Latenzzeit nicht auf eine krebsauslösende, sondern krebspromovierende Wirkung der nicht-ionisierenden Strahlung zurückgeführt werden müsse. Eine geschädigte Zelle entwickle sich schneller und früher zum Tumor. Die krebspromovierende Wirkung kann als gesichert angesehen werden. Die neue Studie von Lerchl et al., die vom deutschen Bundesamt für Strahlenschutz im März 2015 veröffentlicht wurde, bestätige diese Auffassung“ (KUNDI 2015).

Im März 2015 hatte das deutsche Bundesamt für Strahlenschutz nach den Ergebnissen einer Replikationsstudie bekannt gegeben, dass eine krebspromovierende Wirkung unterhalb der Grenzwerte als gesichert angesehen werden muss (LERCHL et

al. 2015). Dies wird durch die Auswertung der US-Krebsstatistik von GITTLEMAN et al. (2015) bestätigt. Bei bestimmten Krebsarten gibt es signifikante Anstiege bei Kindern und Jugendlichen:

„Die Fälle von gutartigen Tumoren des zentralen Nervensystems haben jedoch deutlich zugenommen. Zum Vergleich kam es bei Jugendlichen zu einer Zunahme von bösartigen und gutartigen Tumoren des zentralen Nervensystems. Bei Kindern kam es zu einer Zunahme von akuter myeloischer Leukämie, Non-Hodgkin-Lymphomen sowie bösartigen Tumoren des zentralen Nervensystems“ (GITTLEMAN et al. 2015, S. 111).

Auch das Robert-Koch-Institut dokumentiert für alle Malignome bei Kindern einen Anstieg von ca. 25 % zwischen 1994 und 2012 (RKI 2015, S. 137). Prof. Franz Adlkofer, Koordinator des REFLEX-Projektes, kommt nach der NTP-Studie zu dem Schluss: *„Die Gentoxizität der Mobilfunkstrahlung kann entsprechend dem Stand der Forschung inzwischen als gesichert angesehen werden“ (ADLKOFER 2016).*

Erkenntnisse zu Wirkmechanismen nicht-ionisierender Strahlung

Oxidativer Zellstress

Der ATHEM-Report bestätigt den Wirkmechanismus basierend auf oxidativem Zellstress. Oxidativer Stress entsteht, wenn oxidative Vorgänge durch freie Radikale die Fähigkeit der antioxidativen Prozesse zur Neutralisation übersteigen und das Gleichgewicht zugunsten der Oxidation verschoben wird. Verschiedene entzündliche Schädigungen in den Zellen können hervorgerufen werden, z. B. Oxidation von ungesättigten Fettsäuren, Proteinen und DNA: „Zu den intrinsischen Mutagenen zählen beispielsweise freie Radikale (z.B. reaktive Sauerstoffspezies, ROS)“ (JACOBI/PARTOVI 2011, S. 56). Zu den ROS (Reactive Oxygen Species) gehören Superoxide, Peroxide und Hydroxylradikale. Dieser Mechanismus ist bei ionisierender Strahlung (Radar-, Röntgen- und Gammastrahlung) nachgewiesen und akzeptiert (HECHT 2015, OHLENSCHLÄGER 1995, SIES 1997, 2015, YOUNES 1994). Als Dr. Ulrich Warnke 2009 in dem UMG-Artikel „Ein initialer Mechanismus zu Schädigungseffekten durch Magnetfelder bei gleichzeitig einwirkender Hochfrequenz des Mobil- und Kommunikationsfunks“ (WARNKE 2009) darlegte, dass dieser Wirkmechanismus auch für nicht-ionisierende Strahlung greift, wurde gegen ihn argumentiert, die Rolle der freien Radikale sei ungeklärt und die nicht-ionisierende Strahlung verfüge nicht über die Energie, um Zellen zu schädigen. Offensichtlich hatten die 50 Milliarden Euro Lizenzgebühren an die Bundesregierung bei der Einführung des Mobilfunks (UMTS) im Jahr 2001 in den Behörden und Schutzkommissionen zu einem Wechsel bis dato gültiger Ansichten geführt. Deshalb sei aus dem „Lehrbuch der Toxikologie“ zitiert:

„Freie Radikale sind durch eine hohe chemische Reaktivität gekennzeichnet. Ihre Bildung im Rahmen des Fremdstoffmetabolismus ist daher einer der bedeutenden Mechanismen, durch den verschiedene Agentien eine Zellschädigung verursachen können (...) Die Interaktion von freien Radikalen mit Zellbestandteilen kann dazu führen, dass sekundäre Radikale aus Proteinen, Lipiden oder Nukleinsäuren gebildet werden, die ihrerseits mit weiteren Makromolekülen reagieren und somit eine Kettenreaktion in Gang setzen und aufrechterhalten; auf diese Weise wird das Ausmaß der Zellschädigung deutlich verstärkt (...) Radikale

können direkte Wirkungen hervorrufen, wie eine Zellnekrose oder Fibrose; sie können auch Spätfolgen haben, wie beispielsweise an der ihnen zugeschriebenen Bedeutung für die Tumorigenese“ (YOUNES 1994: S. 94).

Im Lehrbuch „Strahlentherapie und Onkologie“ (1993) von Sauer heißt es zu zwei Varianten der Strahlenwirkung: *„Die Energieabsorption kann entweder Primärschäden am Molekül (direkte Strahlenwirkung) oder die Bildung von Radikalen, vorwiegend Wasserradikale, bewirken. Diese Radikale schädigen nun ihrerseits das Molekül (indirekte Strahlenwirkung)“ (SAUER 1993, S. 91).*

Eine Exposition mit geringer Leistungsflussdichte kann freie Radikale generieren. Im bisher größten Review zum oxidativen Zellstress „Oxidative Mechanismen der biologischen Aktivität bei schwachen hochfrequenten Feldern“ haben YAKYMENKO et al. (2015) 100 Studien ausgewertet. Davon weisen 93 Studien eine EMF bedingte Überproduktion von reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) nach:

„Hochfrequenzstrahlung wird deshalb wegen des umfangreichen biologischen Potenzials von ROS und anderen freien Radikalen, wozu auch ihre mutagenen Auswirkungen und ihr regulatorisches Signalübertragungspotenzial gehören, zu einem potenziell gefährlichen Faktor für die menschliche Gesundheit.“ (YAKYMENKO et al. 2015). Der EMF expositionsbedingte Anstieg der oxidativen Schädigungen tritt, so Yakymenko et al., schon tausendfach unterhalb der Grenzwerte im nicht-thermischen Bereich auf, bei einer Leistungsflussdichte von $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ($= 1000 \mu\text{W}/\text{m}^2$) und bei einer Absorption von $\text{SAR} = 3 \mu\text{W}/\text{kg}$.¹ Dies liegt weit unter den Grenzwerten und Belastungen, denen Nutzer im Normalbetrieb von Endgeräten, Routern, Sendemasten und WLAN-Hot-Spots ausgesetzt sind.

Warnke und Hensinger fassen in ihrem UMG-Artikel (WARNKE 2013) „Steigende ‚Burn-out‘-Inzidenz durch technisch erzeugte magnetische und elektromagnetische Felder des Mobil- und Kommunikationsfunks“ zusammen:

- *„EMF erzeugen eine Überproduktion von zellschädigenden freien Radikalen sowie stark reagierenden Sauerstoff- und Stickstoffverbindungen, die wiederum DNA-schädigend sein können. Gleichzeitig werden die körpereigenen Abwehrstoffe – die endogenen Radikalfänger (Antioxidantien) – geschwächt.*
- *EMF greifen störend in die Mitochondrien, eine Zentrale unseres Stoffwechsels, und damit in unsere Energieproduktion ein: Sie hemmen die ATP-Produktion, wodurch das Gesamtsystem geschwächt wird.“*

Spinkonversion und freie Radikale

Im Jahr 2012 publizierte Dr. H.-Peter Neitzke vom ECOLOG-Institut den Artikel „Einfluss schwacher Magnetfelder auf Biologische Systeme: Biophysikalische und biochemische Wirkungsmechanismen“ (NEITZKE 2012), in dem er die Wirkung der Strahlung auf der Ebene der Elektronen zeigt.

In dieser Arbeit werden die Induktion elektrischer Ströme, die Einkopplung über Magnetit-Kristalle und der Radikal-Paar-Mechanismus als biophysikalische Ansätze zur Erklärung des Einflusses von Magnetfeldern auf physiologische Prozesse vorgestellt. Elektromagnetische Felder haben einen Einfluss auf

den Spin (englisch spin „Drehung“, „Drall“), eine quantenmechanische Eigenschaft von Teilchen. Kommen freie Radikale in enge Nachbarschaft, dann schließen sich diese Moleküle (als Kationen und Anionen) zu Radikalpaaren zusammen, wobei eine Spinkopplung der beiden freien Elektronen stattfindet. Daraus resultieren kurzlebige Verbindungen, die zwischen einem Singulett- (die beiden Spins zeigen in entgegengesetzte Richtungen) und einem Triplettzustand (die beiden Spins zeigen in gleiche Richtungen) hin- und herpendeln können. Neitzke beschreibt die Konsequenzen:

„Radikale haben aufgrund ihrer hohen Reaktivität eine Schlüsselfunktion im Ablauf und bei der Steuerung vieler chemischer Reaktionen. Radikalpaare treten bei vielen chemischen Elementarprozessen als Zwischenzustände auf. Eine zentrale Rolle spielen transiente Radikal-Paare z.B. bei der bakteriellen und pflanzlichen Photosynthese, bei der Lichtenergie in chemische Energie umgewandelt wird. Auch bei der Kanzerogenese können Radikale wirksam sein. Wenn durch einen äußeren Einfluss, z.B. UV-Strahlung, in einer Zelle Radikal-Paare entstehen, deren hochreaktive Bestandteile die DNA angreifen und es der Zelle nicht gelingt, die durch ein freies Radikal verursachten Defekte zu reparieren, kann dies zu Krebs oder anderen Schäden führen. Wenn die Reaktionskinetik der Radikale durch ein äußeres Magnetfeld verändert wird und dadurch deren Menge oder Lebenszeit geändert wird, könnte sich dies auf die Entwicklung von Krankheiten auswirken“ (NEITZKE 2012, S. 5).

Neitzke kommt zu dem Schluss, dass damit ein plausibler Wirkmechanismus vorliegt. Magnetfelder generieren freie Radikale und verlängern deren Lebenszeit. Damit bestätigt er die Ausarbeitungen von Warnke. Diesen Wirkmechanismus beschreiben aktuell die angesehenen US-Hochfrequenz-Forscher BARNES/GREENEBAUM (2016) in ihrem Artikel „Einige Wirkungen von schwachen Magnetfeldern auf biologische Systeme: HF-Felder können die Konzentration von Radikalen und Krebszell-Wachstumsraten verändern“.

Polarisation: Zellmembran als entscheidender Angriffspunkt

Die in den Scientific Reports (Hrsg. Nature-Gruppe) am 12.10.2015 veröffentlichte Studie von PANAGOPOULOS et al. (2015) „Polarisation: ein wesentlicher Unterschied zwischen künstlich erzeugten und natürlichen elektromagnetischen Feldern in Bezug auf biologische Aktivität“ stellt die Hypothese auf, dass die Polarisation, also die feste Schwingungsrichtung des elektrischen Feldvektors der Welle, ein entscheidender Faktor für das Verständnis von biologischen Effekten elektromagnetischer Strahlung niedriger Intensität ist. Der Physiker Dr. Klaus Scheler hat in der UMG-Beilage 3/2016 diese Studie allgemeinverständlich dargestellt:

„Im Rahmen eines allgemein anerkannten elektrochemischen Modells der Zellmembran und ihrer Funktionen können sie beweisen, dass polarisierte (!) elektromagnetische Wellen – wie z.B. die Mobilfunkstrahlung – bereits aufgrund ihrer Polarisation und schon bei schwachen Intensitäten in der Lage sind, spezielle Ionenkanäle (Kanalproteine) in der Zellmembran ohne biologische Notwendigkeit irregulär zu aktivieren (...) Ionenkanäle fungieren als Schleusen und steuern in Abhängigkeit von der Membranspannung den Ionenfluss zwischen dem Inneren und Äußeren der Zelle. Ein irreguläres, von außen erzwungenes Öffnen bzw. Schließen dieser Kanäle bringt die elektrochemische Balance zwischen dem Inneren der Zelle und ihrer Umgebung

aus dem Gleichgewicht und setzt damit eine Vielfalt von zellbelastenden und ggf. sogar schädigenden chemischen Reaktionen im Innern der Zelle in Gang. Das vorherrschende Ergebnis ist oxidativer Zellstress. PANAGOPOULOS et al. können durch ihre Analyse sogar Schwellenwerte für die elektrischen und magnetischen Feldstärken quantitativ abschätzen, ab denen polarisierte elektromagnetische Wellen ein Öffnen der Ionenkanäle auslösen und somit biologisch relevant werden“ (SCHELER 2016, S. 2).

Scheler weist darauf hin, dass in der Zellbiologie die Grundlagen für diese Erkenntnisse bereits gelegt waren:

„Auch nach Einführung der Mobilfunktechnologie wurden nicht-thermische Effekte im Zusammenhang mit der Zellmembran intensiv erforscht. Einen Überblick über den Forschungsstand bis 2006 geben FUNK et al. in ihrem Review Paper „Effects of electromagnetic fields on cells“ und in ihrer Veröffentlichung „Electromagnetic effects – From cell biology to medicine“. Darin zeigen sie u. a., dass elektrische Felder mit einer elektrischen Feldstärke von 1 Millivolt pro Meter (mV/m) – dies entspricht einer Leistungsflussdichte von ca. 0,0027 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ – bereits biologisch relevante Änderungen der Ladungsdichte an der Zellmembran und daher störende Reaktionen in der Zelle verursachen können. Die Größenordnung dieser kritischen elektrischen Feldstärke liegt um einige 10.000-stel niedriger als die heutigen Grenzwerte (GSM – 900 MHz: 41 V/m (= 4.500.000 $\mu\text{Watt}/\text{m}^2$); UMTS: 61 V/m (entspricht 10.000.000 $\mu\text{Watt}/\text{m}^2$))“ (SCHELER 2016, S. 2).

Weitere Hypothesen zu Wirkmechanismen

Einfluss auf die endogenen elektrischen Ströme und Felder

Der Erkenntnisprozess zu Wirkmechanismen schreitet weiter voran. In den Zellen und im Gewebe fließen elektrische und ionische Ströme. Gleichzeitig hat jede Zelle und jedes Gewebe ein elektrisches Potential und produziert dadurch ein elektrisches Feld. Diese endogenen Ströme und Felder sind maßgeblich an entscheidenden zellphysiologischen Prozessen beteiligt (LEVIN 2014). Künstliche EMF können mit diesen endogenen Faktoren interferieren und dadurch biologische Prozesse stören. Nachgewiesen sind z. B. Effekte auf das Membranpotential von Zellen. Das Membranpotential reguliert maßgeblich den Zustand der Zelle, z. B. ob sie sich teilt oder nicht. Ein weiterer Aspekt: immer mehr Forschungen zeigen, dass es innerhalb der Zelle elektrische „Leitungen“ gibt – das Zytoskelett und auch die Mitochondrien. Die Mitochondrien können Netzwerke bilden, die in der Lage sind, elektrische Ströme zu leiten. Auch zwischen den Zellen gibt es elektrische Verbindungen in Form von regelrechten „Kabeln“ („membrane nanotubes“), die sogar Mitochondrien enthalten können. Diese Verbindungen zwischen Zellen dienen vermutlich der elektrischen langreichweitigen Signalübermittlung (SCHOLKMANN 2016). Gleichzeitig fungieren die Mitochondrien innerhalb der Zelle als elektrisch leitendes Kabelnetzwerk. Das neue Verständnis über die bioelektrischen Kabelfunktionen der Mitochondrien könnte sich als bahnbrechend herausstellen. Es ist nicht auszuschließen, dass technische EMF diese feinen zellulären Kommunikationswege stören können.

Effekt auf die Diffusion durch Einfluss auf die Eigenschaften des Wassers

2014 konnten die Forscher um Maie Bachmann (Tallinn University, Estland) aufzeigen, dass ein weiterer Wirkmechanismus für nicht-thermische EMF-Effekte der Einfluss auf die Diffusion sein

kann (HINRIKUS et al. 2015). Bestrahlt man Wasser mit EMF (auch mit niedriger Intensität), dann verändern sich die physiochemischen Eigenschaften von Wasser. Mikrowellenstrahlung führt zu einer Polarisierung des Wassermoleküls und hat damit einen Effekt auf die Wasserstoff-Brückenbindungen. Dies führt dazu, dass sich die Wasser-Viskosität erniedrigt. Die Fließeigenschaften des Wassers ändern sich, wodurch Stoffe, die im Wasser gelöst sind, dann anders diffundieren. Diese Tatsache konnte experimentell nachgewiesen werden (EMF Frequenz: 0,45 GHz, E-Feldstärke: 24,6 V/m). Diffusionsprozesse in Zellen und im Gewebe sind essentiell für das Funktionieren biologischer Prozesse. Einflüsse auf diesen fundamentalen Aspekt könnten weitreichende Konsequenzen haben.

An diesen Mechanismen der Schädigung wird klar, warum keine untere schädliche Einwirkungsschwelle definiert werden kann und die geltenden thermisch orientierten Grenzwerte keine Schutzfunktion haben. Dazu nahmen bereits 2007 die Professoren Josef Lutz und Franz Adlkofer gemeinsam Stellung:

„In lebenden Organismen finden biologische Prozesse wie Zellteilung, Zelldifferenzierung etc. statt, die die Moleküle, speziell die DNA und die RNA sehr verletzlich machen. Chemische Verbindungen werden aufgebrochen und neue gebildet. DNA-Ketten werden geöffnet, vervielfältigt und neue Zellen werden gebildet. Eine viel tiefere Energieschwelle kann für eine Störung der zellulären Prozesse genügen. Es wird überhaupt sehr schwer sein, eine untere Energieschwelle zu definieren, um eine Störung in Lebensprozessen, für die die molekulare Instabilität eine Vorbedingung ist, auszuschließen“ (LUTZ/ADLKOFER 2007, S. 3).

Im „Lehrbuch der Toxikologie“ heißt es im Kapitel Strahlenschutz zu ionisierender Strahlung, „dass eine Strahlenexposition, die zu einem bestimmten Nutzen führen muss, „so niedrig wie vernünftigerweise möglich“ (as low as reasonably achievable, ALARA-Prinzip) sein soll. Bei der Festlegung von sogenannten „Grenzwerten“ sei aber betont, dass ein solcher Dosiswert ein „Richtwert“ ist, da angesichts der stochastischen Natur der Auslösung von Krebserkrankungen oder von genetischen Schäden keine Grenzdosis besteht, unterhalb der keine Gefährdung besteht und über der erst die Gefährdung beginnt. Dies ist ein charakteristischer Unterschied zur toxischen Wirkung vieler Chemikalien, bei denen ein echter Grenzwert festgesetzt werden kann“ (MARQUARDT/SCHÄFER 1994, S. 645). Aufgrund der Erkenntnisse über die Wirkmechanismen gilt dies auch für die nicht-ionisierende Strahlung (HECHT 2015).

Wirkungen auf Spermien & Embryo

Diese Wirkmechanismen führen zu einer Vielzahl von Organschädigungen und machen ihre Ätiologie plausibel. Auf fast keinem Gebiet ist die Studienlage so umfangreich und eindeutig wie zur Schädigung der Reproduktionsorgane (Hoden, Spermien, Eierstöcke, Embryo). 130 Studien (Stand Februar 2016) liegen vor: 57 zu den männlichen Organen, 73 zu den weiblichen. 13 systematische Überblicksstudien (Reviews) kommen zu dem Schluss, dass ein hohes Gefährdungspotential vorliegt. diagnose:funk hat dies in dem 24-seitigen Brennpunkt „Smartphones & Tablets schädigen Hoden, Spermien und Embryos“ (DIAGNOSE: FUNK 2016) dokumentiert. Eine Verminderung der Spermienanzahl und Spermienqualität weisen nach: Kumar et al. (2014), LI et al. (2010), MEO et al. (2011), TAS et al.

(2014). Der vorherrschende Schädigungs- und Wirkmechanismus in den Spermien für verminderte Anzahl und Qualität ist eine Überproduktion von reaktiven Sauerstoffspezies. Die Überproduktion von freien Radikalen führt u.a. zur Lipidperoxidation und zur Schwächung des körpereigenen Abwehrsystems, den Antioxidantien, dies weisen nach: AGARWAL et al. (2009), AL-DAMEGH et al. (2012), ATASOY et al. (2012), DEIULIIS et al. (2009), GHANBARI et al. (2013), JELODAR et al. (2013), KESARI et al. (2011, 2012), KUMAR et al. (2011&2012), MAILANKOT et al. (2009), MEENA et al. (2013), OKSAY et al. (2012), SOKOLOVIC et al. (2015). DNA-Veränderungen und Brüche weisen nach: AVENDANO et al. (2012), DEIULIIS et al. (2009), GORPINCHENKO et al. (2014), KUMAR et al. (2014), RAGO et al. (2013). Eine Abnahme der Spermienmotilität (Beweglichkeit) weisen nach: AGARWAL et al. (2009), AVENDANO et al. (2012), GHANBARI et al. (2013), GORPINCHENKO et al. (2014), LUCAC et al. (2011). Defekte Spermienköpfe, Veränderung der Morphometrie, Abnahme der Bindungsfähigkeit wurden von DASDAG et al. (2015), FALZONE et al. (2011), KESARI et al. (2012), ein verminderter Testosteron-Gehalt wurde von KESARI et al. (2012) und MEO et al. (2010) nachgewiesen.

Die kanadische Gesundheitsbehörde „British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC)“ veröffentlichte im März 2013 den 376-seitigen Forschungsüberblick „Radiofrequency Toolkit for Environmental Health Practitioners“, in dem als Hauptursache der Risiken für die Spermien der oxidative Stress benannt wird: „Oxidativer Stress insgesamt scheint einer der plausibleren Mechanismen bei der durch Hochfrequenzstrahlung verursachten Spermenschädigung zu sein. Er konnte ziemlich durchgängig bei Studien an Mensch und Tier speziell zu Spermien, aber auch allgemein bei anderen Zellen, festgestellt werden“ (BCCDC 2013, S. 272).

Entgegen den Aussagen der Bundesregierung, man wüsste noch nichts über die Auswirkungen auf Embryos, macht die Forschung klare Aussagen. Insgesamt 73 Studien beschreiben gravierende Schädigungen in der Embryonalentwicklung und Oogenese.

Auch hier werden in vielen Studien Wechselwirkungen zwischen ROS, Lipidperoxidation und Abnahme der Antioxidantien festgestellt: BURLAKA et al. (2013), CETIN et al. (2014), HANCI et al. (2013), HOU et al. (2015), JING et al. (2012), MANTA et al. (2014), OZGUR et al. (2013), OZORAK et al. (2013), SHAHIN et al. (2013), TÜREDI et al. (2014). DNA-Strangbrüche in Embryos werden nachweisen von: CHAVDOULA et al. (2010), HANCI et al. (2013), PANAGOPOULOS et al. (2009, 2012), SHAHIN et al. (2013). Vermindertes Reproduktionsvermögen bis zur Unfruchtbarkeit, Missbildungen weisen nach: BUCHNER et al. (2014), CHAVDOULA et al. (2010), GERONIKOLOU et al. (2014), MARGARITIS et al. (2014), PANAGOPOULOS et al. (2009, 2010). Erhöhte apoptotische Zellprozesse (programmierter Zelltod) weisen nach: HANCI et al. (2013), HOU et al. (2015), PANAGOPOULOS et al. (2012), UMUR et al. (2013). Die pränatale Exposition hat postnatale Auswirkungen. Werden Embryos im Muttertier bestrahlt, so können bei den Neugeborenen krankhafte Veränderungen festgestellt werden, z.B. in den Hoden, Verhaltensstörungen, Entwicklungsverzögerungen. Dies weisen nach: ALDAD et al. (2012), FURTADO-FILHO et al. (2014), HANCI et al. (2013), LI et al. (2012), SANGUN et al. (2015). Eine Beschreibung der Inhalte dieser Studien und der Reviews enthält der diagnose:funk Brennpunkt, der auf der Homepage www.diagnose-funk.org heruntergeladen werden kann.

Öffnung der Blut-Hirn-Schranke

Die Arbeitsgruppe des schwedischen Forschers Leif Salford fand in einer Experimentenreihe mit mehr als 2000 Ratten nach zwei-stündiger GSM-Bestrahlung eine erhöhte Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke für Albumin-Eiweiße und als Folge Neuro-nenschäden (SALFORD et al. 2003, NITTBY et al. 2009, NITTBY et al. 2011). Die Strahlungsintensitäten lagen bei SAR 1 W/kg und weit darunter (NITTBY et al. 2011: 0,37 mW/kg). Salford dazu: „*Es gibt gute Gründe dafür, anzunehmen, dass das, was im Rattenhirn passiert, auch im menschlichen Gehirn passiert*“ (BBC 2003). So bestehe die Möglichkeit, dass die Strahlung der Mobil-telefone bei einigen Menschen die Alzheimersche Krankheit und frühe Demenz auslösen könne: „*Wir können nicht ausschließen, dass sich einige Jahrzehnte täglichen Handy-Gebrauchs auf eine ganze Generation von Nutzern schon im mittleren Alter negativ auswirken*“ (BBC 2003). Die Forschergruppen SIRAV/SEYHAN wiesen 2011 und 2016, TANG et al. 2015 erneut nach, dass Hand-ystrahlung geringer Intensität die Blut-Hirn-Schranke öffnet: „*Die Autoren schlussfolgern, dass eine Exposition von Ratten bei elektromagnetischen Feldern von 900 MHz oder 1800 MHz die Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke erhöhen könnte, wobei geschlechtsspezifische Unterschiede vorhanden sein könnten*“ (EMF-Portal zu SIRAV/SEYHAN 2016).

Auswirkungen auf Kognition, Verhalten und Veränderungen bei Neurotransmittern

Angesichts der WLANisierung der Schulen v. a. durch die Ein-führung von Tablet-PCs als universales Lernmittel bekommen Studienergebnisse über Kognition und Verhalten praktische Relevanz. Die in den folgenden Kapiteln angeführten Studien sind in den diagnose:funk Studienrecherchen, die auf der Seite www.mobilfunkstudien.org zum Download stehen, rezensiert. DESHMUKH et al. (2015) untersuchten drei in der Telekommu-nikation verwendete Frequenzen. Die Studie zeigt, dass Mikro-wellenstrahlung von 900, 1800 und 2450 MHz geringer Inten-sität (nicht-thermische Wirkung) schädliche Auswirkungen auf Rattenhirne hat, sichtbar an verminderten Hirnleistungen beim Lernen, Gedächtnis und der räumlichen Orientierung. Die Neu-rotransmitter (Dopamin, Noradrenalin, Adrenalin und Serotonin), Botenstoffe, die zur Weiterleitung elektrischer Impulse an Syn-apsen im Gehirn dienen, werden durch die Frequenzen 900 MHz und 1800 MHz negativ beeinflusst, das weisen die Studien von ERIS et al. (2015) und MEGHA et al. (2015) nach. Das kann zu verminderter Lernfähigkeit, Lern- und Gedächtnisstörungen füh-ren, sie beeinflussen auch Schlaf, Appetit und Lernen. Mangel an Serotonin erzeugt z. B. Depressionen, Unwohlsein, Übelkeit und Durchfall. DE CAIRES et al. (2014) untersuchten die Einwir-kung von 1800 MHz auf das Zentralnervensystem und weisen eine Stressorwirkung nach.

LI et al. (2015) weisen an Ratten auf Veränderungen der Gehalte an Neurotransmittern, v. a. den Serotoninstoffwechsel hin, mit der Folge von Defiziten in Hirnleistungen. SAIKHEDKAR et al. (2014) stellen neurodegenerative Veränderungen in Zellen des Hippocampus und in der Hirnrinde fest, mit den Folgen stärkerer Ängstlichkeit, mehr Stress und Depressionen. ROGGEVEEN et al. (2015) untersuchten, ob die Strahlung eines Smartphones das EEG verändert, mit dem Ergebnis: Die Aktivitäten des Alpha-, Beta- und Gamma-Bands war in fast allen gemessenen Gehirnregionen gesteigert. Im Hippocampus wird das räumliche

Lernen und Gedächtnis verarbeitet, gespeichert und abgerufen. SHAHIN et al. (2015) zeigen, dass kontinuierliche 2,45-GHz-WLAN-Bestrahlung oxidativen/nitrosativen Stress im Hippo-campus verursacht und zu Zellveränderungen führt, die Lernen und Erinnern beeinträchtigen. Auch NARAYANAN et al. (2015) stellen bei 900 MHz Strukturveränderungen im Hippocampus fest, die zu vermindertem Lernen und Erinnern bezüglich der räumlichen Orientierung führen. Als Ursachen werden ROS und DNA-Schäden angegeben. IKINCI et al. (2015) zeigen, dass bio-chemische und pathologische Veränderungen im Rückenmark auftreten können, wenn männliche Ratten vom Tag 21 bis Tag 46 täglich eine Stunde lang mit 900-MHz-Feldern bestrahlt wer-den. Als eine Ursache wird Lipidperoxidation identifiziert. Da das Rückenmark der Transportweg vom Gehirn zum periphe-ren Nervensystem ist, könnten Schädigungen dort zu Störun-gen im Verhalten führen, weil der Informationsaustausch gestört ist. MORTAZAVI et al. (2011) untersuchten 469 Schüler auf die Folgen der Mobiltelefon-Nutzung. Es gab einen statistisch sig-nifikanten Zusammenhang zwischen Gesprächsdauer und der Häufigkeit von einigen Symptomen, darunter Kopf- und Mus-kelschmerzen, Herzklopfen, Müdigkeit, Tinnitus, Schwindel und Schlafprobleme. Auch Probleme mit Aufmerksamkeit, Konzen-trationsfähigkeit und Nervosität war bei den Vielnutzern größer als erwartet. SCHOENI et al. (2015) untersuchten, ob sich die häufige Nutzung des Smartphones auf die Gedächtnisleistung auswirkt. Die Auswertung der Gedächtnistests mit den Jugendli-chen ergab nach einem Jahr einen signifikanten Zusammenhang zwischen höherer Dosis und schlechterem Figuren-Gedächtnis.

Auswirkungen auf Herz- und Blutfunktionen

In der Fall-Kontroll-Studie von EKICI et al. (2016) wurde unter-sucht, welchen Einfluss Mobilfunkstrahlung auf die Herzstätig-keit, insbesondere die Herzratenvariabilität (HRV), von gesunden Personen hat. Es wurde gezeigt, dass die Dauer der Mobiltele-phonnutzung das autonome Gleichgewicht für die Herzratenvari-abilität in den gesunden Personen verschieben könnte. Während der Gespräche ist das Gerät nah am Kopf, dadurch kann das autonome Nervensystem verändert werden, das eine Verbin-dung zur Steuerung der Herzrhythmus (Schrittmacher) hat. Die elektromagnetischen Felder der Mobiltelefone könnten v. a. bei Langzeitnutzung Veränderungen in der Herzratenvariabilität her-vorrufen. SAILI et al. (2015) weisen Veränderungen durch das WLAN-Signal in der Herzratenvariabilität, erhöhten Blutdruck und Auswirkungen auf Katecholamine (Neurotransmitter) nach. LIPPI et al. (2016) untersuchten die Wirkungen der 900-MHz-Strahlung von Smartphones auf Leukozyten. Es gab eine signi-fikante Abnahme der Myeloperoxidase bei allen 16 Proben nach 30 Minuten Bestrahlung und eine signifikante Abnahme der seg-mentierten neutrophilen Leukozyten. Die Myeloperoxidase spielt bei oxidativen Prozessen in den Zellen eine bedeutende Rolle. Struktur, Volumen und Funktion der Blutplättchen (Thrombozy-ten) wurden signifikant verändert. Die Autoren schlussfolgern, dass man Blutprodukte, die Leukozyten enthalten, während der Herstellung und Lagerung vor Smartphonestrahlung schützen soll.

Sendemaststudien

Durch die fast vollständige Netzabdeckung sind die Auswirkun-gen der Sendemasten durch Langzeitstudien nicht mehr gut erfassbar, funkfremde bewohnte Kontrollgebiete fehlen. Zudem

ist der Organismus inzwischen vielen Quellen ausgesetzt (Smartphones, WLAN, DECT-Telefone, Babyphones u.a.). Als 2004 sich durch die Naila-Studie (EGER et al. 2004) erstmals ein erhöhtes Krebsrisiko im Umkreis von Sendeanlagen zeigte, forderte der Studienleiter Dr. Horst Eger das Bundesamt für Strahlenschutz auf, Nachfolgestudien durchzuführen, solange es noch strahlungsfreie Zonen gibt. Das ist nicht erfolgt. Die Bevölkerung wird, wie das Bundesamt für Strahlenschutz schon 2005 in den „Leitlinien Strahlenschutz“ beklagt, nach wie vor einer „unkontrollierten Exposition“ (BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ 2005, S.44) ausgesetzt.

Vor allem in außereuropäischen Ländern wurden in den letzten zwei Jahren Sendemaststudien durchgeführt. Zu den Auswirkungen von Mobilfunkbasisstationen sind zwei neue iranische Studien erschienen (ALAZAWI 2011, SHAHBAZI-GAHROUEI et al. 2014). Es wurde die Häufigkeit von Krankheitssymptomen von Anwohnern, die im Umkreis von 300 m um die Anlage wohnen, mit denen, die weiter als 300 m entfernt wohnen, verglichen. Das identische Ergebnis beider Studien: *„Die meisten gesundheitlichen Beschwerden wie z. B. Übelkeit, Kopfschmerzen, Schwindel, Reizbarkeit, Unbehagen, Nervosität, depressive Anzeichen, Schlafstörung, Gedächtnisstörung und verminderte Libido wurden statistisch signifikant häufiger von Personen berichtet, die in einem Abstand bis zu 300 m zu einer Basisstation gewohnt hatten, im Vergleich zu Personen, die in einer Entfernung von mehr als 300 m zu einer Basisstation gelebt hatten. Die Autoren schlugen vor, dass Mobilfunk-Basisstationen in einer Entfernung von nicht weniger als 300 m zu Wohnungen aufgestellt werden sollten, um die Exposition der Bewohner zu minimieren“* (EMF-Portal zur Studie von SHAHBAZI-GAHROUEI et al.).

Eine klinische Untersuchung zu Basisstationen legten MEO et al. (2015) vor. Für die Studie wurden zwei Grundschulen mit insgesamt 159 Schülern ausgewählt, auf die eine unterschiedlich starke Strahlung einwirkte. In dieser Querschnitts-Studie sollte der Zusammenhang zwischen der Strahlung und glykiertem Hämoglobin (HbA1c) und dem Auftreten von Diabetes mellitus Typ 2 untersucht werden. Das Ergebnis: Die Schüler mit den hohen Feldstärken hatten ein signifikant höheres Risiko, an Diabetes mellitus Typ 2 zu erkranken gegenüber den Schülern mit geringerer Belastung. Für die Auseinandersetzung um Basisstationen und Schutzmöglichkeiten ergab das Experiment von MARZOOK et al. (2014) wichtige Erkenntnisse. 32 männliche erwachsene Ratten wurden in vier Gruppen eingeteilt: unbestrahlte Kontrolle, 900-MHz-Strahlung, Strahlung mit zusätzlich 1,5 bzw. 3 ml Sesamöl. Die Bestrahlung erfolgte über eine 900-MHz-Basisstation, die auf einem Haus in Kairo in 8 m Entfernung stand. Die Tiere waren einer Leistungsflussdichte von 0,5 mW/cm² ausgesetzt. Die Strahlung wirkte 8 Wochen 24 Stunden/Tag ein, die Tiere in Gruppe 3 und 4 bekamen dreimal/Woche Sesamöl oral verabreicht. Ein Ergebnis: Testosteron war signifikant erhöht gegenüber der Kontrollgruppe und die signifikante Zunahme in den Ölgruppen erfolgte dosisabhängig. Antioxidantien nahmen signifikant ab bei den bestrahlten Tieren und stiegen signifikant an in den Ölgruppen mit steigender Öldosis. Sesamöl hat also eine Schutzfunktion.

AKBARI et al. (2014) und JELODAR et al. (2013) simulierten im Labor ein Basisstationen-Antennen-Modell, das mit 900 MHz sendet und Ratten bestrahlt. Akbari et al. stellten fest, dass die Strahlung oxidativen Stress in den Geweben von Gehirn und Kleinhirn hervorruft und Vitamin C die Enzymaktivität der anti-

oxidativen Enzyme erhöht und die Lipidperoxidation verringert. Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe von Jelodar et al. zeigen, dass die 900-MHz-Strahlung von Basisstationen oxidativen Stress in den Rattenhoden hervorruft. Vitamin C verbesserte die Aktivitäten der antioxidativen Enzyme signifikant und verringerte signifikant die MDA-Konzentration (Marker für oxidativen Stress), die Lipidperoxidation war geringer.

Frequenzmix und Wechselwirkungen nicht erforscht

Dem Leser wird folgendes auffallen: 1. In den meisten Studien wird die Wirkung nur einer Frequenz untersucht, doch real sind alle Organismen einem Frequenzmix ausgesetzt. 2. Die Kombinationswirkung mit anderen Umwelttoxinen wie Amalgam, Stickoxiden, Feinstaub, Blei, Glyphosat, Aluminium, Fluoriden, Cadmium, Weichmachern u.a. ist so gut wie nicht erforscht. Mobilfunkstrahlung wirkt in einer Kombinationswirkung mit anderen Umweltbelastungen (REA 2016). Die kanadischen Umweltmediziner Genuis und Lipp haben diese verstärkende Kombinationswirkung in ihrem Artikel „Elektromagnetische Hypersensibilität: Tatsache oder Einbildung?“ (2011) behandelt. Je nach Vorbelastung und dem Zustand des Immunsystems wirken EMF. Zur Elektrohypersensibilität findet eine absurde Diskussion statt. EMF führen zu Oxidativem Stress und sind damit eine wesentliche Grundlage für eine Palette entzündlicher Prozesse in den Zellen mit pathologischen Folgen. Zu behaupten, dazu noch auf Grund von Pseudoexperimenten mit Kurzzeitbestrahlungen (ein Raucher fällt auch nicht beim ersten Lungenzug tot um), dass es auszuschließen sei, dass Menschen auf diese Dauerbelastung sensibel bzw. allergisch reagieren, ist absurd. Elektrohypersensible Menschen zu psychologisieren, ist diskriminierend (GIBSON 2016).

Die Verwirklichung des Internets der Dinge, u.a. mit „Smart Homes“ und dem autonomen Auto, wird die Strahlungsdichte enorm erhöhen. Daraus ergeben sich neue Kombinationswirkungen. Der neue Bericht des Otto-Hug-Strahleninstituts „Unterschätzte Gesundheitsgefahren durch Radioaktivität am Beispiel der Radarsoldaten“ (MÄMPEL et al. 2015) befasst sich u. a. auch mit den Wechselwirkungen von Radar- und Mobilfunkstrahlung:

„Die Exposition durch Radarstrahlen wurde bislang von offizieller Seite und von der Radarkommission nur dann für gesundheitsschädlich gehalten, wenn die Leistungsdichte der Strahlung im Gewebe zu einer messbaren Temperaturerhöhung führt. Inzwischen liegen jedoch zahlreiche Untersuchungen über Effekte durch den Mobilfunk vor, dessen hohe Frequenzen ebenfalls im Mikrowellenbereich liegen. Diese zeigen, dass es bei langanhaltender Exposition auch unterhalb der sogenannten Wärmeschwelle zu irreparablen und krankhaften Störungen wie zum Beispiel zu Unfruchtbarkeit kommen kann. Kombinationswirkungen zwischen der ionisierenden und der nicht-ionisierenden Strahlung sind ebenfalls als mögliche Ursache der multiplen Krankheitsphänomene anzusehen, die bei den Radarsoldaten und -beschäftigten zu beobachten sind“ (MÄMPEL et al. 2015, S.9).

Diese Wechselwirkung bekommt aktuell große Bedeutung. Nicht nur bei Anwohnern in der Nähe von Flughäfen und Militäreinrichtungen. Das selbstfahrende Auto soll sich über eine Kombination von Radar, LTE, WLAN, Bluetooth und GPS steuern, d.h. es wird zu einer neuen flächendeckenden Belastung von Mensch und Umwelt durch eine Kombination verschiedener Frequenzen kommen.

Schlussbetrachtungen: Erkenntnis und Interesse

Eine Gesamtschau der Forschungsergebnisse aus in-vitro-, in-vivo- und epidemiologischen Studien lässt nur einen Schluss zu: Es liegen v.a. in ihren Langzeitfolgen noch nicht abzuschätzende große Gesundheitsrisiken vor. Warum dies vor der Öffentlichkeit verschwiegen wird, dokumentiert Prof. Martin Blank (USA), ehemaliger Vorsitzender der Bioelectromagnetics Society, in seinem Buch: OVERPOWERED. What science tells us about the dangers of cell phones and other WiFi-age devices (2014), sowohl die Geschichte und den aktuellen Stand der Forschung als auch aus eigenem Erleben den Einfluss der Industrie in den USA auf die Politik und deren Kommunikation der Forschungsergebnisse. Einige Langzeitwirkungen sind durch die Forschungen von Prof. Karl Hecht (HECHT 1996, 2012, 2015, 2016) bekannt, die er im Auftrag der Bundesregierung bereits in den 1990er-Jahren durchführte. Sie wurden ins Archiv verbannt. Wir befinden uns in einem Feldversuch, den die Politik wider besseres Wissen zugelassen hat, wie Prof. Hecht als Zeitzeuge im UMG-Interview 2/2016 berichtet (HECHT 2016). 50 Milliarden Lizenzgebühren im Jahr 2001 und ein „Kanzler der Bosse“, Gerhard Schröder, ermöglichten dies: „Der behauptete oft, dass es vollkommen verkehrt sei, bei Innovationen zuerst von den Risiken und dann von den Chancen zu reden. Umgekehrt werde ein Schuh draus: ‚Erst die Chancen realisieren und noch nicht von den Risiken reden; von den Risiken erst reden, wenn auch sie realisiert sind, also nicht mehr abzuwenden‘“ schreibt Mirko Weber in der Stuttgarter Zeitung. Der Organisationstheoretiker Günther Ortman nennt dies „Zu spät als politisches Programm“ (WEBER 2016). Das Bundesamt für Strahlenschutz reagierte darauf 2005 in den „Leitlinien Strahlenschutz“ mit Kritik: „Andererseits sind wir heute konfrontiert mit einer breiten Einführung neuer Belastungen, ohne dass eine abschließende Abschätzung und Bewertung der Risiken möglich war (z. B. Mobilfunk).“ (S. 50) In den Leitlinien wurde bereits auf den inzwischen bestätigten Verdacht der krebsspromovierenden Wirkung hingewiesen. Nach der Forderung von Branchenverbänden, die Leitlinien zurückzuziehen, verschwanden sie aus der Diskussion. So existiert nun eine Industrie mit weltweit Billionen Euro Umsätzen, satten Profiten, hunderttausenden Arbeitsplätzen,

deshalb sollen die Menschen Risiken „alternativlos“ hinnehmen. In seinem Buch Weltrisikogesellschaft (2007) schreibt der Soziologe Ulrich Beck: „Die herrschenden Definitionsverhältnisse weisen den Technik- und Naturwissenschaften eine Monopolstellung zu: Sie (und zwar der Mainstream, nicht Gegenexperten und Alternativwissenschaftler) entscheiden ohne Beteiligung der Öffentlichkeit, was angesichts drohender Unsicherheiten und Gefahren tolerierbar ist und was nicht (...) Man hat es nicht mehr mit der Abfolge: erst Labor, dann Anwendung zu tun. Stattdessen kommt die Überprüfung nach der Umsetzung, die Herstellung vor der Forschung. Das Dilemma, in das die Großgefahren die wissenschaftliche Logik gestürzt haben, gilt durchgängig: Die Wissenschaft schwebt blind über der Grenze der Gefahren“ (BECK 2007, S. 73ff). Deshalb plädiert Ulrich Beck in Berufung auf den englischen Staatstheoretiker Thomas Hobbes „für ein individuelles Widerstandsrecht der Bürger. Wenn der Staat lebensgefährdende Verhältnisse erzeugt oder duldet, dann, so Hobbes, „steht es dem Bürger frei, das zu verweigern“ (...) Denn Gefahren werden industriell erzeugt, ökonomisch externalisiert, juristisch individualisiert, naturwissenschaftlich legitimiert und politisch verharmlost“ (BECK 2007, S. 177).

Bereits 1994 warnte das ECOLOG-Institut in seinem Buch „Risiko Elektromog?“. „Die ganze Erde wird mehr und mehr ein Großlabor, in dem wir je nach Einstellung und Profession gespannt oder erschreckt beobachten, welche globalen Folgen der massenhafte Einsatz von Chemikalien, elektromagnetischen Feldern, genmanipulierten Organismen hat – nur dass wir dieses Labor nicht wieder so einfach aufräumen können, wenn wir merken, dass das Experiment missglückt ist“ (NEITZKE et al. 1994, S. 319).

Das kann man nicht weiter zulassen, denn die Summe der anthropogen erzeugten Umweltschädigungen gefährdet um des Profites Willen letztlich die Existenz der Gattung Mensch.

Autoren:

Peter Hensinger, MA
Vorstandsmitglied diagnose:funk e.V.
Korrespondenz: peter.hensinger@diagnose-funk.de
Dipl. Biol. Isabel Wilke
Redakteurin ElektromogReport

Literatur

1 In Deutschland regelt die 26. BImSchV (Bundesimmissionsschutzverordnung) die Grenzwerte. Sie beruht auf den Empfehlungen der ICNIRP, einem privaten Verein industrienaher Wissenschaftler mit Sitz in München. Der festgelegte Richtwert für Handystrahlung im Nahbereich liegt bei 2,0 W/kg (SAR) lokal am Kopf und 0,08 W/kg (SAR) am gesamten Körper. Ein Richtwert ist nur eine Empfehlung. Für ortsgebundene Sender (Basisstation) gilt der vorgeschriebene Grenzwert für GSM 900 = 41 V/m (elektrische Feldstärke) bzw. 4.500.000 µW/m² (elektrische Leistungsflussdichte), für UMTS liegt er bei 61 V/m, das entspricht 10.000.000 µW/m².

Adlkofer F: Interview: Das Gebot der Stunde wäre eine ehrliche Aufklärung der Bevölkerung; <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1086>

Agarwal A et al.: Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. Fertil Steril 2008; Fertil Steril 2009; 92 (4): 1318-1325

Akbari A et al.: Vitamin C protects rat cerebellum and encephalon from oxidative stress following exposure to radiofrequency wave generated by a BTS antenna model. Toxicol Mech Methods 2014; 24 (5): 347-352

Akhavan-Sigari R et al.: Connection between Cell Phone use, p53 Gene Expression in Different Zones of Glioblastoma Multiforme and Survival Prognoses. Rare Tumors 2014; 6 (3): 5350, 116-120

Alazawi SA: Mobile Phone Base Stations Health Effects. Diyala Journal of Medicine 2011; 1 (1): 44-52

Aldad TS et al: Fetal Radiofrequency Radiation Exposure From 800–1.900 Mhz-Rated Cellular Telephones Affects Neurodevelopment and Behavior in Mice. Sci Rep 2012; 2 : 312

Al-Damegh MA: Rat testicular impairment induced by electromagnetic radiation from a conventional cellular telephone and the protective effects of the antioxidants vitamins C and E. Clinics (Sao Paulo) 2012; 67 (7): 785-792

Atasoy HI et al.: Immunohisto-pathologic demonstration of deleterious effects on growing rat testes of radiofrequency waves emitted from conventional Wi-Fi devices. J Pediatr Urol 2013; 9 (2): 223-229

ATHEM-2: Untersuchung athermischer Wirkungen elektromagnetischer Felder im Mobilfunkbereich, AUYA Report-Nr.70; Hrsg. Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, Österreich, 2016

Avendano C et al.: Use of laptop computers connected to internet through Wi-Fi decreases human sperm motility and increases sperm DNA fragmentation. Fertil Steril 2012; 97 (1): 39-45.e2

Barnes F, Greenebaum B: Some Effects of Weak Magnetic Fields on Biological Systems: RF fields can change radical concentrations and cancer cell growth rates“, IEEE Power Electronics Magazine 2016; 3 (1): 60-68.

BBC-Online-News am 5.Februar 2003, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/2728149.stm>, letzter Zugriff 10.07.2016

Beck U: Weltrisikogesellschaft, 2007

Becker RO: Heilkraft und Gefahren der Elektrizität, 1993

- Belyaev IY et al.: Microwaves from UMTS/GSM mobile phones induce long-lasting inhibition of 53BP1/gamma-H2AX DNA repair foci in human lymphocytes. *Bioelectromagnetics* 2009; 30 (2): 129-141
- Bioinitiative Report 2012: A Rationale for Biologically-based Public Exposure Standards for Electromagnetic Fields (ELF and RF), www.bioinitiative.org
- Blank M: OVERPOWERED. What science tells us about the dangers of cell phones and other WiFi-age devices, 2014
- British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC): Radiofrequency Toolkit for Environmental Health Practitioners, 2013
- http://www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Guidelines%20and%20Forms/Guidelines%20and%20Manuals/EH/EH1_RFToolkitCover06062013.pdf
- Buchner K et al.: Reduzierte Fruchtbarkeit und vermehrte Missbildungen unter Mobilfunkstrahlung- Dokumentation aus einem landwirtschaftlichen Nutzbetrieb. *umwelt · medizin · gesellschaft*, 2014; 27 (3): 182-191
- Bundesamt für Strahlenschutz, Positionsbestimmung des BfS zu Grundsatzfragen des Strahlenschutzes, „Leitlinien Strahlenschutz“, 01.06.2005
- Burlaka A et al.: Overproduction of free radical species in embryonal cells exposed to low intensity radiofrequency radiation. *Exp Oncol* 2013; 35 (3): 219-225
- Carlberg M et al: Increasing incidence of thyroid cancer in the Nordic countries with main focus on Swedish data, 2016; *BMC Cancer* (2016) 16:426
- Carlberg M, Hardell L: Decreased Survival of Glioma Patients with Astrocytoma Grade IV (Glioblastoma Multiforme) Associated with Long-Term Use of Mobile and Cordless Phones. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2014; 11 (10): 10790-10805
- Cetin H et al.: Liver antioxidant stores protect the brain from electromagnetic radiation (900 and 1800 MHz)-induced oxidative stress in rats during pregnancy and the development of offspring. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2014; 27 (18): 1915-1921
- Chavdoula ED et al.: Comparison of biological effects between continuous and intermittent exposure to GSM-900-MHz mobile phone radiation: Detection of apoptotic cell-death features. *Mutat Res* 2010; 700 (1-2): 51-61
- Cook HJ et al: Early research on the biological effects of microwave radiation: 1940-1960 in: *Annals of Science*, Vol 37, Number 3, May 1980
- Czerninski R et al.: Risk of parotid malignant tumors in Israel (1970-2006). *Epidemiology* 2011; 22 (1): 130-131
- Dasdag S et al.: Effect of long-term exposure of 2.4 GHz radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi equipment on testes functions. *Electromagn Biol Med* 2015; 34 (1): 37-42
- Davis DL et al.: Swedish review strengthens grounds for concluding that radiation from cellular and cordless phones is a probable human carcinogen, *Pathophysiology* 20 (2013) 123-129
- de Caires Jr LC et al.: Behavior and memory evaluation of Wistar rats exposed to 1.8 GHz radiofrequency electromagnetic radiation. *Neurol Res* 2014; 36 (9): 800-803
- De Iulius GN et al.: Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro. *PLoS One* 2009; 4 (7): e6446
- Deshmukh PS et al.: Cognitive Impairment and Neurogenotoxic Effects in Rats Exposed to Low-Intensity Microwave Radiation. *Int J Toxicol* 2015: in press
- Diagnose: Funk (Hrsg.): Brennpunkt Smartphones&Tablets schädigen Hoden, Spermien und Embryos, 2016
- Diagnose: Funk (Hrsg.): Brennpunkt 5. Mobilfunkbericht der Bundesregierung. Deutsche Strahlenschutzgremien versuchen Abgeordnete zu manipulieren, 2013
- Diem E et al.: Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro. *Erschienen in: Mutat Res* 2005; 583 (2): 178-183
- Eger H et al.: Der Einfluss der räumlichen Nähe von Mobilfunksendeanlagen auf die Krebsinzidenz. *umwelt · medizin · gesellschaft*, 4/2004
- Ekici B et al.: The effects of the duration of mobile phone use on heart rate variability parameters in healthy subjects. *Anatol J Cardiol* 2016; DOI:10.14744/AnatolJCardiol.2016.6717
- Eris AH et al.: Effect of short-term 900 MHz low level electromagnetic radiation exposure on blood serotonin and glutamate levels. *Bratislava Lek Listy* 2015; 116 (2): 101-103
- Falzone N et al.: The effect of pulsed 900-MHz GSM mobile phone radiation on the acrosome reaction, head morphometry and zona binding of human spermatozoa. *Int J Androl* 2011; 34 (1): 20-26
- Funk R et al. (2006). Effects of electromagnetic fields on cells: physiological and therapeutical approaches and molecular mechanisms of interaction. A review. In: *Cells Tissues Organs* 182 (2), 59-78
- Funk R et al. (2009). Electromagnetic effects – From cell biology to medicine. *Progress in Histochemistry and Cytochemistry* 43 (2009), 177-264. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079633608000375>
- Furtado Filho OV et al.: Effect of 950 MHz UHF Electromagnetic radiation on biomarkers of oxidative damage, metabolism of UFA and antioxidants in the liver of young rats of different ages. 2014, *Int J Radiat Biol* 90 (2): 159-168
- Genius SJ, Lipp CT : Electromagnetic hypersensitivity: Fact or fiction?, 2011, *Science of Total Environment*; doi 10.1016/j.scitotenv. 2011.11.008
- Geronikolou S et al: Diverse radiofrequency sensitivity and radiofrequency effects of mobile or cordless phone near fields exposure in *Drosophila melanogaster*. *PLoS One* 2014; 9 (11): e112139
- Ghanbari M et al.: The effects of cell phone waves (900 MHz-GSM band) on sperm parameters and total antioxidant capacity in rats. *Int J Fertil Steril* 2013; 7 (1): 21-28
- Gibson PR: The Hidden Marginalization of Persons With Environmental Sensitivities, *ECOPSYCHOLOGY*, VOL. 8, NO. 2 , JUNE 2016, DOI: 10.1089/eco.2016.0003
- Gittleman HR et al.: Trends in Central Nervous System Tumor Incidence Relative to Other Common Cancers in Adults, Adolescents, and Children in the United States, 2000 to 2010. *Cancer* 1-2015, S. 102ff
- Gorpinchenko I et al.: The influence of direct mobile phone radiation on sperm quality. *Cent European J Urol* 2014; 67 (1): 65-71
- Hanci H et al.: The effect of prenatal exposure to 900-megahertz electromagnetic field on the, 21-old-day rat testicle. *Reprod Toxicol* 2013, 42: 203-209
- Hardell L et al.: Pooled analysis of case-control studies on malignant brain tumours and the use of mobile and cordless phones including living and deceased subjects. *Int J Oncol* 2011; 38 (5): 1465-1474
- Hardell L, Carlberg M: „Das Hirntumorrisiko im Zusammenhang mit der Nutzung von Mobil- und Schnurlostelefonen“ in: *Langzeitrisiken des Mobil- und Kommunikationsfunks*, Hrsg. Kompetenzinitiative e.V., 2012
- Hardell L et al: Mobile Phone use and brain tumor risk: early warnings, early actions, in: *European Environment Agency: Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation*, EEA-Report 1/2013
- Hardell L et al.: Case-control study of the association between malignant brain tumours diagnosed between 2007 and 2009 and mobile and cordless phone use. *Int J Oncol* 2013; 43 (6): 1833-1845
- Hecht K: Biologische Wirkungen Elektromagnetischer Felder im Frequenzbereich 0 – 3 GHz auf den Menschen, Studie russischer Literatur von 1960-1996 im Auftrag des Bundesministerium für Telekommunikation Auftrag-Nr. 4131/630 402, 14.11.1996.
- Hecht K: Zu den Folgen der Langzeitwirkung von Elektromog, Hrsg. Kompetenzinitiative e.V., 2012
- Hecht K: Ist die Unterteilung in ionisierende und nichtionisierende Strahlung noch aktuell?, *Forschungsbericht der Kompetenzinitiative e.V.*, 2015
- Hecht K, Baumgart G: Interview: Unsichtbarer, aber gefährlicher Nebel – Wie uns hochfrequente Funkstrahlung auf Dauer krank machen kann, *umwelt · medizin · gesellschaft*, 2/2016
- Hinrikus H et al. (2015): Microwave effect on diffusion: a possible mechanism for non-thermal effect. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 34 (4), 327-333.
- Hou Q et al.: Oxidative changes and apoptosis induced by 1800-MHz electromagnetic radiation in NIH/3T3 cells. *Electromagn Biol Med* 2015; 34 (1): 85-92
- İkinci A et al.: Morphological and antioxidant impairments in the spinal cord of male offspring rats following exposure to a continuous 900-MHz electromagnetic field during early and mid-adolescence. *J Chem Neuroanat*. 2015
- Interphone Study Group: Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: Results of the INTERPHONE international case-control study, *Cancer Epidemiol* 2011; 35(5): 453-464
- Jacobi B, Partovi S: *Molekulare Zellbiologie*, 2011
- Jelodar G et al.: The prophylactic effect of vitamin C on induced oxidative stress in rat testis following exposure to 900 MHz radio frequency wave generated by a BTS antenna model. *Electromagn Biol Med* 2013; 32 (3): 409-411
- Jing J et al.: The influence of microwave radiation from cellular phone on fetal rat brain. *Electromagn Biol Med* 2012; 31 (1): 57-66
- Kesari KK et al.: Effects of Radiofrequency Electromagnetic Wave Exposure from Cellular Phones on the Reproductive Pattern in Male Wistar Rats. *Appl Biochem Biotechnol* 2011; 164 (4): 546-559
- Kesari KK, Behari J: Evidence for mobile phone radiation exposure effects on reproductive pattern of male rats: Role of ROS. *Electromagn Biol Med* 2012; 31 (3): 213-222

- Knop K et al.: Mediatisierung mobil. Handy- und mobile Internetnutzung von Kindern und Jugendlichen, 2015, LfM-Schriftenreihe Medienforschung, Düsseldorf
- Kumar S et al.: Influence of microwave exposure on fertility of male rats. *Fertil Steril* 2011, 95 (4): 1500-1502
- Kumar S et al.: Impact of Microwave at X-Band in the aetiology of male infertility. *Electromagn Biol Med* 2012; 31 (3): 223-232
- Kumar S et al.: Effect of electromagnetic irradiation produced by 3G mobile phone on male rat reproductive system in a simulated scenario. *Indian J Exp Biol* 2014; 52 (9): 890-897
- Kundi M: Auswirkungen des Mobilfunks auf die Gesundheit – epidemiologische Befunde. Vortrag auf der Expertenanhörung im Landtag Südtirol, Bozen, 29.04.2015, Download: www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail?newsid=498
- Lerchl A et al.: Tumor promotion by exposure to radiofrequency electromagnetic fields below exposure limits for humans. *Biochem Biophys Res Commun* 2015; 459 (4): 585-590
- Levin M: Molecular bioelectricity: how endogenous voltage potentials control cell behavior and instruct pattern regulation in vivo. *Molecular Biology of the Cell*, 25 (24), 3835-3850, 2014
- Li DK et al.: A Prospective Study of In-utero Exposure to Magnetic Fields and the Risk of Childhood Obesity. *Sci Rep* 2012, 2: 540-1 – 540-6
- Li DK et al.: Exposure to magnetic fields and the risk of poor sperm quality. *Reprod Toxicol* 2010; 29 (1): 86-92
- Li HJ et al.: Alterations of cognitive function and 5-HT system in rats after long term microwave exposure. *Physiol Behav* 2015; 140: 236-246
- Lippi G et al.: Thirty-minutes' exposure to smartphone call triggers neutrophil activation in vitro. *Clin Chem Lab Med* 2016; DOI: 10.1515/cclm-2015-1242
- Lukac N et al.: In vitro effects of radiofrequency electromagnetic waves on bovine spermatozoa motility. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 2011; 46 (12): 1417-1423
- Lutz J, Adlkofer F: Einwände gegen die derzeitigen Grenzwerte für Mikrowellenstrahlung, 2007, Proceedings of WFMN07, Chemnitz: <http://www.mobilfunkstudien.de/dokumentationen/j-/lutz-adlkofer-einwaende-gegen-grenzwerte.php>
- Mämpel W et al.: Unterschätzte Gesundheitsgefahren durch Radioaktivität am Beispiel der Radarsoldaten. Hrsg: Otto-Hug-Strahleninstitut, 2015
- Mailankot M et al.: Radio frequency electromagnetic radiation (RF-EMR) from GSM (0.9/1.8GHz) mobile phones induces oxidative stress and reduces sperm motility in rats. *Clinics (Sao Paulo)* 2009; 64 (6): 561-565
- Manta AK et al.: Reactive oxygen species elevation and recovery in *Drosophila* bodies and ovaries following short-term and long-term exposure to DECT base EMF. *Electromagn Biol Med* 2014; 33 (2): 118-131
- Margaritis LH et al.: *Drosophila* oogenesis as a biomarker responding to EMF sources. *Electromagn Biol Med* 2014; 33 (3): 165-189
- Marquardt H, Schäfer SG: Lehrbuch der Toxikologie, 1994
- Marzook EM et al.: Protective role of sesame oil against mobile base station-induced oxidative stress. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 2014; 7 (1): 1-6
- Meena R et al.: Therapeutic approaches of melatonin in microwave radiations-induced oxidative stress-mediated toxicity on male fertility pattern of Wistar rats. *Electromagn Biol Med* 2014; 33 (2): 81-91
- Megha K et al.: Effect of low-intensity microwave radiation on monoamine neurotransmitters and their key regulating enzymes in rat brain. *Cell Biochem Biophys* 2015, in press DOI 10.1007/s12013-015-0576-x
- Meo SA et al.: Hypospermatogenesis and spermatozoa maturation arrest in rats induced by mobile phone radiation. *J Coll Physicians Surg Pak* 2011; 21 (5): 262-265
- Meo SA et al.: Association of Exposure to Radio-Frequency Electromagnetic Field Radiation (RF-EMFR) Generated by Mobile Phone Base Stations with Glycated Hemoglobin (HbA1c) and Risk of Type 2 Diabetes Mellitus. *Int J Environ Res Public Health* 2015; 12 (11): 14519-14528
- Moon IS et al.: Association between vestibular schwannomas and mobile phone use. *Tumour Biology* 2014; 35 (1): 581-587
- Morgan L et al.: Warum Kinder Mikrowellenstrahlung stärker absorbieren als Erwachsene: Die Konsequenzen; in: Diagnose:Funk Brennpunkt: Risiken für Kinder durch die Strahlenbelastung von Smartphones, TabletPCs und WLAN sind besonders hoch, 2014
- Mortazavi SM et al.: The pattern of mobile phone use and prevalence of self-reported symptoms in elementary and junior high school students in Shiraz, Iran. *Iran J Med Sci* 2011; 36 (2): 96-103
- Narayanan SN et al.: Possible cause for altered spatial cognition of prepubescent rats exposed to chronic ra-diofrequency electromagnetic radiation. *Metab Brain Dis* (2015) 30: 1193-1206 Seite 11
- Neitzke et al.: Risiko Elektrosmog?, 1994
- Neitzke HP: „Einfluss schwacher Magnetfelder auf Biologische Systeme: Biophysikalische und biochemische Wirkungsmechanismen“, *EMF Monitor* 4/2012
- Download: <http://mobilfunkstudien.de/dokumentationen/d-f/ecolog-wirkmechanismus-von-emf.php>
- Nittby H et al.: Increased blood-brain barrier permeability in mammalian brain 7 days after exposure to the radiation from a GSM-900 mobile phone. *Pathophysiology* 2009; 16 (2-3): 103-112
- Nittby H et al.: Nonthermal GSM RF and ELF EMF effects upon rat BBB permeability. *Environmentalist* 2011; 31 (2): 140-148
- Ohlschläger G: Freie Radikale, Oxidativer Stress und Antioxidantien, 1995
- Ozgu E et al.: Effects of Prenatal and Postnatal Exposure to GSM-Like Radiofrequency on Blood Chemistry and Oxidative Stress in Infant Rabbits, an Experimental Study. *Cell Biochem Biophys* 2013, 67 (2): 743-751
- Ozorak A et al.: Wi-Fi (2.45 GHz)- and Mobile Phone (900 and 1800 MHz)-Induced Risks on Oxidative Stress and Elements in Kidney and Testis of Rats During Pregnancy and the Development of Offspring. *Biol Trace Elem Res* 2013,156 (1-3): 221-229
- Panagopoulos DJ, Margaritis LH: Biological and Health Effects of Mobile Telephone Radiations. *Int J Med Biol Front* 2009; 15 (1-2): 33-76
- Panagopoulos DJ, Margaritis LH: The effect of exposure duration on the biological activity of mobile telephony radiation. *Die Mutat Res* 2010; 699 (1-2): 17 22
- Panagopoulos DJ: Effect of Microwave Exposure on the Ovarian Development of *Drosophila melanogaster*. *Cell Biochem Biophys* 2012, *Cell Biochem Biophys* 63 (2): 121-132
- Panagopoulos DJ et al.: Polarization: a key difference between man-made and natural electromagnetic fields, in regard to biological activity. *Sci Rep* 2015; 5 : 14914-1 – 14914-10
- Rago R et al.: The semen quality of the mobile phone users. *J Endocrinol Invest* 2013; 36 (11): 970-974
- Rea WJ: History of chemical sensitivity and diagnosis; *Rev Environ Health* 2016; aop
- RKI (Robert-Koch-Institut): Krebs in Deutschland, 2015
- Roggeveen S et al.: EEG Changes Due to Experimentally Induced 3G Mobile Phone Radiation. *PLoS One* 2015; 10 (6): e0129496-1-e0129496-13
- Ruediger HW: Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields. *Pathophysiology* (2009),doi:10.1016/j.pathophys.2008.11.004
- Sadetzki S et al.: Cellular phone use and risk of benign and malignant parotid gland tumors – a nationwide case-control study. *Am J Epidemiol* 2008; 167 (4): 457-467
- Saikhedkar N et al.: Effects of mobile phone radiation (900 MHz radiofrequency) on structure and functions of rat brain. *Neurol Res* 2014; 36 (12): 1072-1079
- Saili L et al.: Effects of acute exposure to WIFI signals (2.45 GHz) on heart variability and blood pressure in Albinos rabbit. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2015; 40 (2): 600-5
- Salford LG et al.: Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to micro-waves from GSM mobile phones. *Environ Health Perspect* 2003; 111 (7): 881-3
- Sangun O et al.: The effects of long-term exposure to a 2450 MHz electromagnetic field on growth and pubertal development in female Wistar rats. *Electromagn Biol Med* 2015; 34 (1): 63-71
- Sauer R: Strahlentherapie und Onkologie, 1993
- Scheler K: Die Polarisation: Ein wesentlicher Faktor für das Verständnis biologischer Effekte von gepulsten elektromagnetischen Wellen niedriger Intensität, umwelt · medizin · gesellschaft, 3/2016, Beilage
- Schliephake E: Arbeitsergebnisse auf dem Kurzwellengebiet; Deutsche medizinische Wochenschrift, Nr. 32, 1932
- Schliephake E: Kurzwellentherapie – Die medizinische Anwendung elektrischer Höchsfrequenzen, Fischer-Verlag, Stuttgart, 1960
- Schoeni A et al.: Memory performance, wireless communication and exposure to radiofrequency electromagnetic fields: A prospective cohort study in adolescents. *Environ Int* 2015; 85: 343-351
- Scholkmann F: Long range physical cell-to-cell signalling via mitochondria inside membrane nanotubes: a hypothesis. *Theoretical Biology and Medical Modelling*, 2016, 13 (1)
- Schwarz C et al.: Radiofrequency electromagnetic fields (UMTS, 1,950 MHz) induce genotoxic effects in vitro in human fibroblasts but not in lymphocytes. *Int Arch Occup Environ Health* 2008; 81 (6): 755-767

Shahbazi-Gahrouei D et al.: Health effects of living near mobile phone base transceiver station (BTS) antennae: a report from Isfahan, Iran. *Electromagn Biol Med* 2014; 33 (3): 206-210

Shahin S et al.: 2.45 GHz Microwave Irradiation-Induced Oxidative Stress Affects Implantation or Pregnancy in Mice, *Mus musculus*. *Appl Biochem Biotechnol* 2013, 169 (5): 1727-1751

Shahin S et al.: 2.45 GHz Microwave Radiation Impairs Learning and Spatial Memory via Oxidative/Nitrosative Stress Induced p53-Dependent/Independent Hippocampal Apoptosis: Molecular Basis and Underlying Mechanism. *Toxicological Sciences* 2015, 148 (2): 380-399.

Sies H: Oxidants and Antioxidants, *Experimental Physiology*(1997), 82, 291-295

Sies H: Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine, *RedoxBiology* 4(2015)180-183

Sirav B, Seyhan N: Blood-Brain Barrier Disruption by Continuous-Wave Radio Frequency Radiation. *Electromagn Biol Med* 2009; 28 (2): 215-222

Sirav B, Seyhan N: Effects of radiofrequency radiation exposure on blood-brain barrier permeability in male and female rats. *Electromagn Biol Med* 2011; 30 (4): 253-260

Sirav B, Seyhan N: Effects of GSM modulated radio-frequency electromagnetic radiation on permeability of blood-brain barrier in male & female rats. *J. Chem. Neuroanat.* (2016)

Steneck NH: *The Microwave Debate*. 1984, MIT

Tang J et al.: Exposure to 900 MHz electromagnetic fields activates the mcp-1/ERK pathway and causes blood-brain barrier damage and cognitive impairment in rats. *Brain Res* 2015; 1601: 92-101

Tas M et al.: Long-term effects of 900 MHz radiofrequency radiation emitted from mobile phone on testicular tissue and epididymal semen quality. *Electromagn Biol Med* 2014; 33 (3): 216-222

Türedi S et al.: The effects of prenatal exposure to a 900-MHz electromagnetic field on the 21-day-old male rat heart. *Electromagn Biol Med* 2015; 34 (4): 390-397

Umur AS et al.: Evaluation of the effects of mobile phones on the neural tube development of chick embryos. *Turk Neurosurg* 2013; 23 (6): 742-752

Varga A: „Elektromog“. Molekularbiologischer Nachweis über die biologische Wirkung elektromagnetischer Felder und Strahlen, Heidelberg, 1995

Warnke U: Ein initialer Mechanismus zu Schädigungseffekten durch Magnetfelder bei gleichzeitig einwirkender Hochfrequenz des Mobil- und Kommunikationsfunks, *umwelt · medizin · gesellschaft*, 3/2009

Warnke U, Hensinger P: Steigende „Burn-out“- Inzidenz durch technisch erzeugte magnetische und elektromagnetische Felder des Mobil- und Kommunikationsfunks, *umwelt · medizin · gesellschaft*, 1/2013

Warnke U: Schädigung des Organismus durch Mobil- und Kommunikationsfunks; Expertenpapier für die Anhörung im bayerischen Landtag, http://www.diagnose-funk.org/downloads/by-anh-2012_warnke.pdf

Weber M: Im Notfall greift dann der Chef ein, *Stuttgarter Zeitung* vom 01.07.2016

Wenzel KP: Die Problematik des Einflusses von Mikrowellen auf den Gesundheitszustand des Funkmesspersonals der Nationalen Volksarmee, Greifswald 1967, Nationale Volksarmee, Vertrauliche Verschlussache Nr.C 13937, Institut für Luftfahrtmedizin, Militärhygiene und Feldepidemiologie, Ernst-Moritz-Armdt-Universität

Wyde ME et al.: 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). 26.06.2016 <http://biorxiv.org/content/biorxiv/early/2016/05/26/055699.full.pdf>

Yakymenko I et al.: Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagn Biol Med* 2016; 35 (2): 186-202

Younes M: Freie Radikale und reaktive Sauerstoffspezies, in: Marquardt/Schäfer: *Lehrbuch der Toxikologie*, 1994, Mannheim