

Mediziner in der Verantwortung

Mobilfunk-Risiken: An Erkenntnissen fehlt es nicht, aber am politischen Willen, sie zu beachten

Peter Hensinger

Die digitale Transformation der Gesellschaft ist das zentrale Projekt von Regierungen und Industrie, weltweit. Alles soll digital und mobil vernetzt werden, für Smart Citys, Smart Homes, Smart Mobility, Smart Factorys, Smart Schools und die digitale Medizin. Die Erziehungs-, Datenschutz-, Demokratie- und Ressourcenproblematiken dieser Wachstumsstrategie wurden in den letzten umg-Ausgaben behandelt (Hensinger 2017, 2018, Lankau 2016). „*Digital First. Bedenken Second*“, mit dieser Aufforderung zum Verzicht auf eine Technikfolgenabschätzung werden Erkenntnisse über Risiken entsorgt. Über sie wird in den Massenmedien spärlich berichtet, denn alle profitieren vom Milliardengeschäft: die Medien legen inzwischen ihren Schwerpunkt auf mobile Onlineangebote, die Daten sind der neue Treibstoff für Industrie und Konsum, „*Social Physics*“ wird Grundlage der datenbasierten politischen Steuerung der Gesellschaft. Die Geheimdienste praktizieren mit den digitalen Profilen des nun gläsernen Bürgers eine smarte Version Orwellscher Totalüberwachung, die Smart-City-Planungen bekamen den BigBrother Award 2018.

Schlüsselwörter: Mobilfunk, Gesundheitsrisiken nicht-ionisierender Strahlung, Stand der Forschung, WLAN/WiFi, 5-G-Frequenzen
Keywords: mobile communications, health hazards from non-ionizing radiation, state of research, WLAN/WiFi, 5-G-frequencies

Noch weniger berichtet wird über die Strahlungsrisiken von Smartphones, Tablet-PCs, DECT-Telefonen, Routern, WiFi-Spielen und Sendeanlagen, deren Beurteilung das Bundesamt für Strahlenschutz vornehmen sollte. Milliarden vernetzte Geräte des Internet of Things (IoT) werden permanent in den Mikrowellenfrequenzen WLAN und 5 G funkten, unser Lebensraum wird in eine immer mehr verdichtete Elektromogwolke gehüllt: „*Die 5G-Mobilfunktechnik soll möglichst auch den letzten Feldweg und Acker erreichen. Union und SPD wollen die Vergabe der neuen Funk-Frequenzen von extrem weit gehenden Versorgungsaufgaben abhängig machen und diese notfalls mit hohen Geldbußen und anderen Sanktionen durchsetzen*“ (FAZ, 25.06.2018). Damit soll offensichtlich die Forderung der Autoindustrie nach einer lückenlosen Infrastruktur für das autonome Fahren erfüllt werden. Der Staat nimmt seinen Strahlenschutzauftrag nicht wahr. Was tun? Dieser Artikel ist ein Appell: **Mediziner sollten sich über die Forschungslage zu den Auswirkungen der Mikrowellenstrahlung der digitalen Endgeräte und Sendeanlagen informieren und ihre Patienten darüber aufklären.**

Die österreichische und zyprische Ärztekammern haben sich positioniert und das Ergebnis in einer gemeinsamen Erklärung zusammengefasst: „*Zu den möglichen gesundheitlichen Auswirkungen nicht-ionisierender Strahlung von EMF/HF (elektromagnetischen Feldern/hochfrequenter Strahlung) von 30 KHz–300 GHz gehören Kanzerogenität (Gruppe 2B, IARC 2011), Entwicklungsneurotoxizität, Auswirkungen auf die DNA, die Fruchtbarkeit, Überempfindlichkeit und andere schwerwiegende Wirkungen. Diese sind in wissenschaftlich überprüften Studien gut dokumentiert. Hochfrequenzstrahlung kann oxidativen Stress in Zellen erhöhen und zu einer Zunahme entzündungsfördernder Zytokine führen sowie zu einer Verringerung der Fähigkeit, Einfach- und Doppelstrangbrüche der DNA zu reparieren. Kognitive Beeinträchtigungen beim Lernen und dem Gedächtnis wurden auch aufgezeigt. Diese Auswirkungen können bei Intensitäten*

auftreten, die weit unterhalb bestehender Grenzwerte der IC-NIRP liege ... Die Exposition gegenüber EMF/HF in einem frühen Entwicklungsstadium ist ein Grund besonderer Besorgnis. In dieser Phase nimmt nämlich der Körper mehr Strahlung auf, es kann Auswirkungen auf das sich entwickelnde Gehirn, Nervensystem und Fortpflanzungssystem geben. Es können beispielsweise Krebs oder Folgen für die Kognition ausgelöst werden“ (NIKOSIA-DEKLARATION 2017).

Bundesamt für Strahlenschutz: Krebspromovierende Wirkung muss als gesichert angesehen werden

Italienische Gerichte haben zum Krebsrisiko Urteile gesprochen. Die Medien berichteten im Jahr 2017 unter der Schlagzeile „Tumor durch Handy als Berufskrankheit anerkannt“ über ein Urteil vom 30.03.2017 in Italien. Der Geschädigte telefonierte 15 Jahre lang täglich mehr als 3 Stunden mit dem Handy. Er bekam eine monatliche Rente von 500 Euro von der Unfallversicherung zugesprochen. Gutachter vor dem italienischen Gericht waren der Epidemiologe Prof. Paolo Crosignani (Mailand) und der Toxikologe und Onkologe Prof. em. Angelo Gino Levis (Universität Padua), der sich auf die Untersuchungen von Prof. Lennart Hardell (Schweden) stützte. Es war nicht das erste Urteil mit diesem Ausgang in Italien. Das Kassationsgericht Rom, die höchste italienische Gerichtsinstanz, hat erstmals im Jahr 2012 den Gehirntumor eines Managers auf sein häufiges Mobiltelefonieren zurückgeführt. Der Kläger erhielt eine 80 % Berufsunfähigkeitsrente. In den USA werden derzeit vor dem Supreme-Court Millionen-Klagen wegen Gehirntumoren verhandelt. Hintergrund ist die brisante Studienlage zum Krebspotential der nicht-ionisierenden Strahlung:

- Die IARC (International Agency for Research on Cancer) der WHO hat im Jahr 2011 die EMF/HF als „möglicherweise karzinogene“ Agenzien eingestuft, in Gruppe 2B.

- Die von der EU finanzierten REFLEX – Studien hatten zum Ergebnis, dass die Mobilfunkstrahlung in isolierten menschlichen Fibroblasten und in transformierten Granulosazellen von Ratten DNA-Strangbrüche auslösen und damit ihre Gene schädigen (DIEM et al. 2005, SCHWARZ et al. 2008).
- Nach den Ergebnissen der INTERPHONE-Studie ist für die Gruppe der Vieltelefonierer (1640 Stunden/kumuliert) das Gehirntumorrisiko „signifikant“ erhöht (Interphone Study Group 2010).
- Die Studien der Gruppe um den Onkologen Lennart Hardell (Schweden) weisen erhöhte Risiken für Gliome und Akustikusneurinome nach (HARDELL 2011). Hardells Auswertungen ergaben für Gliome im Untersuchungszeitraum 1997–2009 für Vieltelefonierer ein 2,24-fach erhöhtes Risiko bei einer Nutzungsdauer länger als 10 Jahre, für Akustikusneurinome ein 2,6-fach erhöhtes Risiko. Die neuesten Auswertungen ergaben ein bis zu 5-fach erhöhtes Risiko bei einer Nutzungsdauer > 20 Jahre. Carlberg/Hardell (2017) fordern deshalb die Eingruppierung als krebserregende Substanz (CARLBERG 2017).
- Im März 2015 gab das deutsche Bundesamt für Strahlenschutz nach den Ergebnissen einer Replikationsstudie bekannt, dass eine krebspromovierende Wirkung unterhalb der Grenzwerte als gesichert (!) angesehen werden muss (LERCHL et al. 2015). Die Folgestudie (LERCHL 2018) kam wiederum zu diesem Ergebnis.
- Die Ergebnisse des zweiten ATHEM-Reports (2016) der österreichischen AUVA-Versicherungsanstalt sind eindeutig: Mobilfunkstrahlung schädigt das Erbgut (DNA) / der Schädigungsmechanismus ist oxidativer Zellstress / die Schädigungen sind athermische Wirkungen, vor denen die geltenden Grenzwerte nicht schützen (ATHEM 2016).
- Weit über 80 Einzelstudien weisen DNA-Strangbrüche (Erbgutveränderungen, Vorstufe zu Krebs) unterhalb der Grenzwerte nach (BIOINITIATIVE 2012, HARDELL 2013, 2014, RÜDIGER 2009).
- Die bisher größte Studie zu nicht-ionisierender Strahlung und Krebs wurde im National Toxicology Program (NTP) innerhalb des National Institute of Health der US-Regierung durchgeführt, finanziert von der Regierung der USA mit 25 Millionen Dollar. Das Ergebnis: Mobilfunkstrahlung kann zu Tumoren führen. Durch die Strahlung wurden zwei Krebsarten (Schwannom, Gliom) und bei einer zusätzlichen Anzahl von Ratten präkanzerogene Zellveränderungen (Hyperplasie von Gliazellen) ausgelöst (HARDELL 2018, NTP 2018a&b).
- Forscher des Ramazzini-Instituts (Bologna) haben an 2.500 männlichen und weiblichen Ratten nach lebenslanger Bestrahlung mit 1.800 MHz (2G-Netz) erhöhte Raten von Schwannomen des Herzens und von Gliomen festgestellt (FALCIONI et al. 2018). Bei weiblichen Tieren zeigte sich ein von der Strahlungsintensität abhängiger Trend. Die Studie wird als eine Bestätigung der NTP-Ergebnisse angesehen.
- Bortkiewicz et al. (2016) publizierten die Metaanalyse „Mobile Phones use and risk for intracranial tumors and salivary gland Tumors – a meta analysis“ mit der Schlussfolgerung: „Die Ergebnisse stützen die Hypothese, dass die langfristige Nutzung von Mobiltelefonen das Risiko von intrakraniellen Tumoren erhöht, insbesondere im Falle einer ipsilateralen Exposition.“
- Eine neuer Review der Gesamtstudienlage von Kocaman et al. (2018) kommt zu dem Schluss: „It is well documented that EMF exposure might cause indirect harmful effects via DNA damage, and DNA breaks, and oxidative stress. In very short duration and low frequencies of non-ionizing radiation exposure might be resulted in no effects. However, the average person living in a city is exposed to non-ionizing radiation whole day in different ways. Over time exposure might be resulted with the builds up ROS and creates indirect harmful effects. To summarize, in the light of the information gathered in this study, EMF shows its biological effects by acting indirectly on cellular fragments.“
- Die Metastudie von Prasad et al. (2017) arbeitet heraus, dass die Studien, die eine erhöhte Krebsinzidenz nachweisen, von hoher Qualität sind.

Ein Überblick zum Forschungsstand zu Krebs ist von Carlberg M, Hardell L (2017) unter dem Titel: „Evaluation of Mobile Phone and Cordless Phone Use and Glioma Risk Using the Bradford Hill Viewpoints from 1965 on Association or Causation“ erschienen. Dieser Überblick analysiert auch die lobbyistischen Verflechtungen von internationalen Gremien und Behörden, die dazu dienen, den Forschungsstand zu verschleiern. Bei diagnose:funk ist er auf Deutsch publiziert.

Epidemiologie und Krebsstatistik

Neue Krebsstatistiken stützen die Ergebnisse der Studien: das Krebsgeschehen entwickelt sich unter Strahlungseinwirkung schneller, v. a. bei Jugendlichen steigen die Fallzahlen. Dies wird durch die Auswertung der US-Krebsstatistik von Gittleman et al. (2015) bestätigt. Gittleman et al. weisen auf Studien hin, die einen möglichen Zusammenhang zur Handynutzung feststellen: „Some of these have worked to assess trends that may be associated with the popularization of cellular telephones“ (S. 109). 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“ (ebda. S. 111). Die neuesten USAuswertungen von Burkhamer et al. (2017) „The increasing toll of adolescent cancer incidence in the US“ bestätigen diesen Trend. Die Arbeit von Lim et al. (2017) „Trends in Thyroid Cancer Incidence and Mortality in the United States, 1974–2013“ und das Robert-Koch-Institut (Deutschland) (RKI 2015) bestätigen diese Anstiege für Schilddrüsenkrebs.

WLAN-Risiken durch mehr als 100 Studien belegt

Die öffentliche Diskussion wird unzulässigerweise auf das Krebsrisiko eingengt. Wir haben eine umfangreiche Studienlage, die pathologische Auswirkungen auf Spermien und Embryos nachweist, aber ebenso zu vielen unspezifischen Symptomen (HENSINGER/WILKE 2016). Beispielhaft für die Breite des Schädigungspotentials stehen die Studienergebnisse zu WLAN (2,45 GHz). Sie haben eine besondere Relevanz, da WLAN inzwischen eine der meistgenutzten Frequenzen ist.

Der bisher größte 2,45 GHz-Review „*Biologische und pathologische Wirkungen der Strahlung von 2,45 GHz auf Zellen, Kognition und Verhalten*“ (WILKE 2018) dokumentiert mehr als 100 Studien und kommt zu dem Schluss: „*Die geltenden Grenz- und SAR-Werte schützen nicht vor den gesundheitlichen Risiken der WLAN-Strahlung. Die negativen Auswirkungen auf Lernen, Aufmerksamkeit und Verhalten begründen für Bildungsinstitutionen aller Altersstufen einen Verzicht auf WLAN-Anwendungen. Auf Grund der zelltoxischen Wirkungen ist WLAN als Technologie in Krankenhäusern und für die Tele-Medizin nicht geeignet. WLAN sollte nicht in Schlafzimmern, an Arbeitsplätzen, in Aufenthaltsräumen, Krankenzimmern, Hörsälen, Klassenzimmern und in öffentlichen Verkehrsmitteln genutzt werden.*“ Der Review von Wilke dokumentiert schädigende Wirkungen auf das EEG und Gehirnfunktionen (12 Studien), auf die Fruchtbarkeit (18), die DNA und die Krebsentwicklung (29), auf das Herz (5), die Schilddrüse (3), die Genexpression (5), die Apoptose (9), die Leber (4) und das Zellwachstum (4). 41 Studien weisen als Schädigungsmechanismus oxidativen Zellstress nach, 22 Studien negative Wirkungen auf Kognition, Lernen, Aufmerksamkeit und Verhalten.

Lernen und WLAN: Auswirkungen auf Kognition und Verhalten

Bereits 2014 wurde im Springer-Reference-Book „*Systems Biology of Free Radicals and Antioxidants*“, also auf hoher wissenschaftlicher Ebene, die Metastudie von Naziroglu/Akman (2014) publiziert, die darauf hinweist, dass gerade auch schwache WLAN-Strahlung gesundheitsschädlich ist. Ein Schädigungsmechanismus wird bereits identifiziert. Der US-Wissenschaftler Prof. Martin Pall legte 2018 (PALL 2018) in der Zeitschrift *Environmental Research* einen Review zu WLAN vor, der nachweist, „*dass gepulste und dazu polarisierte Strahlung stärkere biologische Wirkung hat, die Dosis-Reaktion oft sowohl nicht-linear als auch nicht-monoton ist, die EMF-Wirkungen oft kumulativ und irreversibel sind, WLAN und andere EMFs besonders schädlich für junge Menschen sein können.*“ So fasst der Fachinformationsdienst *ElektrosmogReport* das Studienergebnis zusammen.

Ein aktuelles Studienergebnis, das den Einsatz in KiTas und Schulen konterkariert, veröffentlichte der *ElektrosmogReport* im April 2018. Zwei Studien von Shahin et al. (2015, 2018) konnten für WLAN nachweisen: „(1) *Verschlechtertes Lern- und Erinnerungsvermögen bei männlichen erwachsenen Mäusen, welche mit 2,45 GHz Mikrowellen bestrahlt wurden.* (2) *Erhöhtes hippocampisches Stresslevel.* (3) *Beeinträchtigte synaptische Plastizität.* (4) *Verringerte Expression von Signalwegskomponenten, welche für Lern- und Gedächtnisprozesse von hoher Bedeutung sind. Alle oben aufgezählten Wirkungen sind abhängig von der Bestrahlungsdauer, je länger die Bestrahlung desto drastischer die Wirkung. Nach Meinung der Autoren wurde der grundlegende Mechanismus, wie 2,45-GHz-Mikrowellen das Lern- und Erinnerungsvermögen von Mäusen negativ beeinflussen, identifiziert.*“

Auch der Review von Wilke zeigt, dass viele Studien Auswirkungen auf Gehirnfunktionen und damit unmittelbare negative Wirkungen auf Lernen und Verhalten nachweisen. Einige Beispiele:

- Aggarwal et al. (2013) konnten zeigen, dass niedrige, chronisch einwirkende Feldstärken von 2,45 GHz psychopathophysiologische Störungen nach sich ziehen, weil die Elektrophysiologie der Nervenzellen verändert wird. Es erfolgt eine Änderung der Synchronisation/Desynchronisation der feuernenden Nervenzellen, die Auswirkungen auf die Blut-Hirn-Schranke und die Konzentration der Neurotransmitter an den Synapsen hat, so die Forscher.
- Lai und Wang fanden heraus, dass sowohl cholinerge als auch endogene Opioid-Neurotransmittersysteme im Gehirn am Defizit des räumlichen Lernens und des Gedächtnisses nach Einwirken geringer Felder von 2,45 GHz betroffen sind. Die Cholin-Aufnahme (als Maß für cholinerge Aktivität) im Hippocampus war signifikant vermindert. Räumliches Lernen und Gedächtnis waren beeinträchtigt (LAI 2004, WANG 2000).
- Yang et al. (2012) liefern direkte Beweise dafür, dass die 2,45-GHz-Strahlung Stressreaktionen im Hippocampus von Ratten auslöst.
- Chaturvedi et al. (2011) haben bei männlichen Mäusen das Verhalten nach Bestrahlung beobachtet. Im Laufrad und Wasserlabyrinth verhielten sich die Mäuse nach 30 Minuten Bestrahlung signifikant verschieden von den unbestrahlten Tieren. Das räumliche Gedächtnis war beeinträchtigt.
- Deshmukh et al. (2015) verwendeten die Frequenzen 900, 1.800 und 2.450 MHz zur Untersuchung der Frage, welche Wirkungen chronische Mikrowellenbestrahlung geringer Intensität auf Lernfähigkeit, Gedächtnis, Hitzeschockproteine (HSP) und DNA-Schädigung in Rattenhirnen haben. 180 Tage lang wurden männliche Tiere mit sehr geringen Feldstärken bestrahlt. Räumliche Orientierung, Lern- und Gedächtnisleistung waren bei allen 3 Frequenzen beeinträchtigt. In den Gehirnen waren HSP70-Gehalt und DNA-Strangbrüche signifikant erhöht. Dasselbe fanden Li et al. (2008) heraus.
- Sinha (2008) hat neben dem veränderten Verhalten der Ratten und des EEGs durch 2,45 GHz auch Beeinträchtigungen der Schilddrüsenhormone gefunden. Das Verhalten der bestrahlten Tiere unterschied sich signifikant von dem der unbestrahlten: Die bestrahlten Tiere erwiesen sich als hyperaktiv.
- Shahin et al. (2015, 2017) zeigen, dass kontinuierliche WLAN-Bestrahlung oxidativen/nitrosativen Stress im Hippocampus verursacht und zu Zellveränderungen führt, die Lernen und Erinnern beeinträchtigen.
- Hecht (2018) schreibt in seinem Artikel „Die Wirkung der 10-Hz-Pulsation der elektromagnetischen Strahlungen von WLAN auf den Menschen“: „*Die 10-Hz-Pulsation der WLAN-EMF-Strahlung vermag bei permanenter Langzeitwirkung ein WLAN-EMF-Stressgedächtnis zu bilden. Das ist eine ungeheuerliche Gefahr für die menschliche Gesundheit, besonders für die Kinder. Die Ausstattung der Schulen mit WLAN-Systemen ist gesetzlich zu verbieten.*“

Das breite Potential an unspezifischen Symptomen zeigen Mortazavi et al. (2011). Sie untersuchten 469 Schüler auf die Folgen der Mobiltelefon-Nutzung. Es gab einen statistisch signifikanten

Zusammenhang zwischen Gesprächsdauer und der Häufigkeit von Kopf- und Muskelschmerzen, Herzklopfen, Müdigkeit, Tinnitus, Schwindel und Schlafproblemen. Auch Probleme mit Aufmerksamkeit, Konzentrationsfähigkeit und Nervosität waren bei den Vielnutzern größer als erwartet.

5-G Ausbau trotz alarmierender Studienergebnisse

Die neue 5-G-Technik, die derzeit flächendeckend aufgebaut wird, ist die Hauptstruktur für die Smart Citys, das autonome Fahren und das IoT. Der Fachinformationsdienst Elektromog-Report bespricht in seiner Ausgabe Mai 2018 die ersten zwei Studien, die Auswirkungen der 5-G-Strahlung auf den menschlichen Organismus untersuchen. Beide Studien fordern ein Moratorium für den Ausbau von 5-G. Die Studie von Betzalel et al. (2018) „The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not?“ belegt, dass die Hautstrukturen als Antenne für 5G-Strahlung wirken. Der ElektromogReport schreibt: *„Die Kanäle unserer Schweißdrüsen funktionieren durch ihre Spiralstruktur im Sub-THz-Bereich wie kleine Antennen. Diese Wirkung wird durch aktuelle Modelle, die potenzielle Schäden durch 5G-Technologie ermitteln sollen, nicht berücksichtigt ... Die Autoren des hier vorgestellten Artikels formulieren eine These, warum der 5G-Standard für Menschen bedenklicher scheint als bisher angenommen. Grundlegend für diese These ist die Spiralstruktur der Schweißkanäle unserer Schweißdrüsen.“* Im Versuch konnten biologische Effekte nachgewiesen werden: *„Die Arbeitsgruppe schließt durch diese Fakten auf eine wichtige Rolle von helikalen Schweißkanälen bei der Reaktion unseres Körpers auf elektromagnetische Wellen im Sub-THz-Bereich ... Ihrer Meinung nach gäbe es genug Hinweise auf mögliche nicht-thermische Wirkungen.“*

Die 5-G-Überblicksstudie von Russell (2018) kommt zu ähnlichen Ergebnissen. Der ElektromogReport schreibt: *„2020 soll die 5G-Technik voraussichtlich starten, dann wird ein Mix aus verschiedenen Frequenzen zwischen 6 und 100 GHz hinzukommen, mit hohen Datenraten überall und jederzeit, mehr als 1000-mal schneller als heute. Da kürzere Wellenlängen nur über kurze Strecken von einigen hundert Metern übertragen können, muss ein dichtes Netzwerk von Antennen mit vielen Frequenzen errichtet werden mit Nutzung der vorhandenen Frequenzen (ein Netzwerk von Netzwerken) ... Wegen der geringen Eindringtiefe sind Augen und Haut besonders betroffen. Beim Menschen werden über 90 % der Strahlung in Epidermis- und Dermis-schichten absorbiert ... 5G ist als schädliche Einwirkung auf biologische Systeme anzusehen und man kann deutliche negative Folgen für das Ökosystem erwarten. Deshalb sollte die Einführung der Technik aufgeschoben werden. Es müssen unabhängige Institutionen installiert werden mit unabhängigen Wissenschaftlern, deren Forschung zu biologischen Wirkungen und Feldstärken der Mikrowellen Grundlage für Grenzwerte und Vorsorge sind ... Das Problem mit der Strahlenbelastung und anderen Umweltschädigungen hat viel mit dem Rauchen gemeinsam: Leugnen und Verwirrung stiften von Seiten der Industrie, bis Gesetze erlassen werden.“*

Wechselwirkungen noch nicht untersucht

In den meisten Studien wird die Wirkung nur einer Frequenz untersucht, doch real sind alle Organismen einem Frequenzmix ausgesetzt. Auch 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. Die Verwirklichung des Internets der Dinge, u.a. mit Smart Homes und dem autonomen Auto, wird die flächendeckende Strahlungsdichte enorm erhöhen. Das selbstfahrende Auto z.B. soll sich über eine Kombination von Radar, LTE, 5 G, WLAN, Bluetooth und GPS steuern. Daraus ergeben sich neue Kombinationswirkungen. Zu wenig beachtet wird der Radarbericht des Otto-Hug-Institutes „Unterschätzte Gesundheitsgefahren durch Radioaktivität am Beispiel der Radarsoldaten“ (MÄMPEL et al. (2015)), den u.a. Prof. Sebastian Pflugpfeil und Prof. Inge Schmitz-Feuerhake mit verfasst haben. Er stellt fest, dass die Kombinationswirkung von ionisierender und nicht-ionisierender Strahlung eine mögliche Ursache multipler Krankheitsphänomene sein kann: *„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.“* (S. 9)

Verwirrende Debatten werden initiiert

Die Industrie versucht, über diese Studienlage Verwirrung zu stiften. Nachdem 2011 die IARC der WHO den Mobilfunk als „möglicherweise krebserregend“ in die Gruppe 2 B einstuft, konterte sie mit weltweit einheitlich genutzten Textbausteinen, in dieser Kategorie seien auch Kaffee, Gurken und eingelegtes Gemüse. Das beten bis heute Medien nach. Bei der Klassifizierung von Kaffee als „möglicherweise krebserregend“ durch die WHO ging es um signifikante Auffälligkeiten vor allem bei Instant-Kaffee – und bei Versuchstieren, denen ausschließlich Kaffee zur Nahrungsaufnahme verabreicht wurde. Es geht um die Wirkung von Koffeinsäure. Ihre Wirkung führte in einem Tierexperiment zu Blasenkrebs. In den Medien wird aus Koffeinsäure einfach Kaffee. Das Gemüse- und Gurken-Argument ist ebenso eine Verharmlosung. Es handelt sich nicht um Gemüse und Gurken an sich, sondern um Fermentierungsprozesse in asiatischen Ländern, bei denen krebserregende Substanzen entstehen. Diese verharmlosenden Formulierungen sind einkalkuliert. Die Normalisierung manipuliert die Gedanken. Als Reaktion auf die WLAN-Reviews, deren Ergebnisse v.a. WLAN an Schulen, ein Rückgrat der „Digitalen Bildung“, infrage stellen, wird nun argumentiert, es gäbe mehr als 2.500 WLAN-Studien, im Review von Wilke seien willkürlich 100 Studien ausgewählt. Es gibt in der Referenzdatenbank EMF-Portal zu allen (!) Frequenzen (GSM, UMTS, LTE, 5 G, TETRA, Bluetooth und WLAN) zum Stand November 2017 eine Gesamtzahl von 1.430 Studien, das dokumentiert das EMF-Portal selbst. Zu WLAN stehen im EMF-Portal je nach Kategorisierung zwischen 130 und 200 Studien. Wilke hat mehr als 150 Studien analysiert, nach Kriterien wie Studiendesign, Verblindung, Reproduzierbarkeit und ca. 100 in den Review aufgenommen. Es existiert derzeit weltweit kein umfangreicherer Review zu WLAN.

Ein letztes Rückzugsgefecht deutscher Behörden ist das Argument, es gäbe keinen nachgewiesenen Wirkmechanismus. Der Wirkmechanismus Oxidativer Zellstress wird als biologisch nicht relevant angezweifelt. Die WHO-Referenzdatenbank EMF-Portal definiert dagegen in ihrem Glossar: „Oxidativer Stress entsteht, wenn oxidative Vorgänge durch freie Radikale (z.B. Wasserstoffperoxid) die Fähigkeit der antioxidativen Prozesse zur Neutralisation übersteigen und das Gleichgewicht zugunsten der Oxidation verschoben wird. Verschiedene Schädigungen in den Zellen können hervorgerufen werden, z.B. Oxidation von ungesättigten Fettsäuren, Proteinen und DNA.“ Oxidativer Zellstress entsteht durch sauerstoffhaltige Moleküle (ROS, Reaktive Sauerstoffspezies, Reactive Oxygen Species), die sehr instabil und hochreaktiv sind. Die hohe Reaktivität entsteht durch die instabile Elektronenkonfiguration der Radikale. Sie extrahieren schnell Elektronen aus anderen Molekülen, die dann selbst zu freien Radikalen werden. So wird eine Kettenreaktion ausgelöst und Zellschädigungen durch oxidativen Stress verursacht. Zu den ROS gehören die aggressiven Superoxide, Peroxide und Hydroxylradikale, die zu Schäden an den Basenpaaren der DNA führen können, ein krebsauslösender Faktor. Oxidativer Stress ist Ausgangspunkt entzündlicher Erkrankungen (HECHT 2015, OHLENSCHLÄGER 1995, SIES 1997, 2015, WARNKE 2009, YOUNES 1994). Zu diesem Wirkmechanismus gibt es in den letzten Jahren plausible Modelle und Ergebnisse aus Zell- und Tierstudien:

- Der ATHEM-Report der AUVA-Versicherung bestätigt den Wirkmechanismus Oxidativer Zellstress.
- Reviews von Yakymenko (2016), Dasdag (2016), Houston (2016) und Kivrak (2017) bestätigen den Wirkmechanismus Oxidativer Zellstress. Im bisher größten Review mit dem Titel „Oxidative Mechanismen der biologischen Aktivität bei schwachen hochfrequenten Feldern“ hat eine renommierte internationale Forschergruppe um Prof. Igor Yakymenko (Kiew) 100 Studien aller Mobilfunk-Frequenzbereiche ausgewertet. Davon weisen 93 (!) eine EMF-bedingte Überproduktion von reaktiven Sauerstoffspezies nach. Die Forschergruppe schreibt: „Schlussfolgernd zeigt unsere Analyse, dass Hochfrequenzstrahlung niedriger Intensität ein starker oxidativer Wirkungsfaktor für lebende Zellen ist, mit einem hohen krankheitserregenden Potenzial.“ Die oxidativen Schädigungen treten, so Yakymenko et al., schon tausendfach unterhalb der Grenzwerte auf. Die Wissenschaftler um Prof. Igor Yakymenko (Kiew) gehören zu den führenden Forschern auf dem Gebiet Strahlung und Krebs, auch zur ionisierenden Strahlung. Die Studie liegt in deutscher Übersetzung von diagnose:funk vor.
- Diesen Wirkmechanismus beschreiben auch die 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“ und Neitzke (2012) in seinem Artikel „Einfluss schwacher Magnetfelder auf Biologische Systeme: Biophysikalische und biochemische Wirkungsmechanismen“.
- 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.“ (S. 272)

- Die Studie von Panagopoulos et al. (2015) in den Scientific Reports zur Rolle der Polarisation, herausgegeben von der Nature-Gruppe, weist einen weiteren Wirkmechanismus nach. Die WLAN-Frequenz führt bei einer „niedrigen“ Strahlungsbelastung von 8.000 $\mu\text{Watt}/\text{m}^2$ bereits nach 4,8 Minuten Einwirkung zu irregulären Reaktionen an der Zellmembran, verursacht durch die leistungsunabhängige Polarisation der Strahlung (SCHELER 2016).

Die Studienlage erfordert zwingend eine Vorsorgepolitik zum Verbraucherschutz

Studien zu den Folgen der Mobilfunknutzung zeigen also zusammengefasst u.a.:

- dass die Strahlung sowohl Krebs initiieren als auch promovieren kann (DIAGNOSE:FUNK 2017).
- dass die Strahlung durch oxidativen Stress die Blut-Hirn-schranke öffnet und dadurch Giftstoffe ins Gehirn gelangen (BELPOMME 2018:648,652) und damit einen signifikanten Zusammenhang mit Kopfschmerzen und Erschöpfung (CHIU 2015, CHO 2016, REDMAYNE 2013, WANG 2017).
- dass die Strahlung die Spermien schädigt und sich negativ auf die Embryonalentwicklung auswirkt. Über 130 Studien umfasst die Recherche, die diagnose:funk vorgelegt hat (DIAGNOSE:FUNK 2016).
- dass die Strahlung zu oxidativem Zellstress und zur Reduzierung der körpereigenen Antioxidantien führt. Entzündliche Erkrankungen und eine Schwächung des Immunsystems können die Folge sein (DIAGNOSE:FUNK 2015).
- dass die Exposition zur Elektrohypersensibilität führen kann (IRIGARAY 2018). Die Studienlage dazu ist in den ärztlichen EMF-Leitlinien der EUROPAEM (European Academy for Environmental Medicine) dokumentiert (EUROPAEM 2016).

Diese negativen Wirkungen treten im Normalbetrieb auf, also in der Regel unterhalb der Grenzwerte. Die geltenden ICNIRP-Grenzwerte schützen nicht, weil sie nur thermische Wirkungen erfassen. Sie beziehen weder nicht-thermische Wirkungen noch Langzeitexpositionen ein und sind nicht auf die besondere Verletzlichkeit von Kindern und Jugendlichen ausgelegt (GANDHI 2011). Das bestätigt die ICNIRP ausdrücklich: „Verschiedene Gruppen in einer Bevölkerung können Unterschiede in ihrer Fähigkeit haben, eine bestimmte NIR-Exposition zu tolerieren. Zum Beispiel können Kinder, ältere Menschen und einige chronisch kranke Menschen eine geringere Toleranz für eine oder mehrere Formen der NIR-Exposition haben als der Rest der Bevölkerung. Unter solchen Umständen kann es sinnvoll oder notwendig sein,

für verschiedene Gruppen innerhalb der Allgemeinbevölkerung getrennte Richtwerte zu entwickeln, aber es wäre effektiver, die Richtwerte für die Allgemeinbevölkerung so anzupassen, dass sie solche Gruppen einbeziehen“ (ICNIRP 2002). Damit ist dem Argument, die Einhaltung des Grenzwertes rechtfertige den unkontrollierten WLAN-Einsatz, auch an Schulen, die Berechtigung entzogen. Ein Medikament würde bei dieser Studienlage sofort vom Markt genommen, doch WLAN, so will es der Koalitionsvertrag, soll v. a. in den Städten und Schulen massiv ausgebaut werden. Es hat handfeste Gründe, warum Industrie und Staat ein lücken- und kostenloses (!) WLAN-Netz finanzieren. Der Nutzer zahlt mit seinen Daten. Sein digitales Profil ist Grundlage für die Konditionierung zum Konsum und zur digitalen Machtausübung. Der Gesundheitsaspekt hat für die Profiteure von Big-Data keine Bedeutung.

Es liegt eine Vielzahl starker Hinweise bis Beweise vor, dass die nicht-ionisierende Strahlung gesundheitsschädlich ist, aber es fehlt am politischen Willen, sie zu beachten. Sie stehen einem weltweiten Milliardengeschäft im Weg. Bei der Frage der gesundheitlichen Risiken durch die Mobilfunkstrahlung handelt es sich nicht um einen Wissenschaftsstreit, sondern um den Gegensatz zwischen wirtschaftlichen Interessen von Industrie und Staat einerseits und gesundheitlichen Interessen der Bevölkerung andererseits. Deshalb sind Mediziner besonders herausgefordert.

Die Studienlage erfordert zwingend eine Vorsorgepolitik zum Schutz der Verbraucher (BELPOMME 2018). Die Vermeidung elektromagnetischer Felder durch Verkabelung muss Vorrang

haben. Maßnahmen zur Strahlungsminimierung können und müssen sofort umgesetzt und Alternativen in der Technik in der Forschung gefördert und realisiert werden. Möglichkeiten sofortiger Strahlungsminimierung sind z. B. in der Indoor-Versorgung durch optische Technologien (Visible Light Communication, VLC), leistungsgeregeltes WLAN und die Trennung der Indoor- und Outdoor-Versorgung realisierbar. diagnose:funk fordert, dass auf allen Endgeräten (Smartphones, Tablets, DECT-Telefone, Babyphones, WLAN-Router) Warnhinweise angebracht werden, dass alle Endgeräte über Kabelanschlüsse verfügen müssen und für jedes verkaufte Gerät eine Ein-Euro-Abgabe an einen Fond abgeführt wird, aus dem Aufklärungskampagnen und unabhängige Forschung finanziert werden. Der Gesetzgeber muss gesetzliche Schutz- und Monitoringmaßnahmen wie in Frankreich erlassen. Mediziner sollten in ihrer täglichen Arbeit die Patienten über Risiken aufklären. Überfällig sind Positionierungen der deutschen Landesärztekammern und der Bundesärztekammer.

Die Verbraucherschutzorganisation diagnose:funk stellt zu allen Fragen informative Faltblätter, Ratgeber und wissenschaftliche Informationen bereit. Sie können sich informieren auf der Studiendatenbank www.EMFData.org und auf der Homepage www.diagnose-funk.org.

Autor:

Peter Hensinger, M.A., Mitglied im Vorstand von diagnose:funk
www.diagnose-funk.org
 Mitinitiator Bündnis für humane Bildung
www.aufwach-s-en.de
 E-Mail: peter.hensinger@diagnose-funk.de

Literatur

Aggarwal Y, Singh SS, Sinha RK (2013): Chronic exposure of low power radio frequency changes the EEG signals of rats: low power radio frequency alters EEG. *Advances in Biomedical Engineering Research (ABER)* 1 (2), issuu.com/sep2011--now/docs/1_f638df8a07237f, www.seipub.org/ABER/paperInfo.aspx?ID=3562

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

Barnes F, Greenebaum B (2016): 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.

Belpomme D et al. (2018): Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: An international perspective, *Environmental Pollution*, 242 (2018) 643-658

Betzalel N, Paul Ben Ishai PB, Feldman Y (2018): The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not? *Environmental Research* 163, 208–216

Bioinitiative Report (2012): A Rationale for Biologically-based Public Exposure Standards for Electromagnetic Fields (ELF and RF), www.bioinitiative.org

Bortkiewicz A et al. (2017): Mobile phone use and risk for intracranial tumors and salivary gland tumors – a meta-analysis, *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2017;30(1):27 – 43, <https://doi.org/10.13075/ijomh.1896.00802>

British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC): Radiofrequency Toolkit for Environmental Health Practitioners, 2013

Burkhamer J, Kriebel D, Clapp R (2017): The increasing toll of adolescent cancer incidence in the US. *PLoS ONE* 12(2): e0172986. doi:10.1371/journal.pone.0172986.

Cardis E et al. (2011): Risk of brain tumours in relation to estimated RF dose from mobile phones: results from five Interphone countries. *Occup Environ Med* 2011; 68(9):631-640

Carlberg M, Hardell L (2017): Evaluation of Mobile Phone and Cordless Phone Use and Glioma Risk Using the Bradford Hill Viewpoints from 1965 on Association or Causation, *Review Article BioMed Research International*, Volume 2017, Article ID 9218486, <https://doi.org/10.1155/2017/9218486>

Chaturvedi CM et al. (2011): 2.45 GHz (CW) microwave irradiation alters circadian organization, spatial memory, DNA structure in the brain cells and blood cell counts of male mice, *mus musculus*. *Progr Electromagn Res B* 29, 23–42

Chiu CT et al.: Mobile phone use and health symptoms in children. *J Formos Med Assoc* 2015; 114 (7): 598-604

Cho YM et al: A cross-sectional study of the association between mobile phone use and symptoms of ill health. *Environ Health Toxicol* 2016; 31: e2016022

Dasdag S, Akdag MZ (2016): The link between radiofrequencies emitted from wireless technologies and oxidative stress. *J Chem Neuroanat* 2016; 75 Pt B: 85-93.

Deshmukh PS et al. (2015): Cognitive impairment and neurogenotoxic effects in rats exposed to low-intensity microwave radiation. *Int J Toxicol* 34 (3), 284–290.

diagnose:funk Brennpunkt (2015): Ukrainische Forschergruppe legt Review vor. Mobilfunkstrahlung weit unterhalb der Grenzwerte führt zu oxidativem Stress in Zelle, Stuttgart

diagnose:funk Brennpunkt (2016): 130 Studienergebnisse. Smartphones & Tablets schädigen Hoden, Spermien und Embryos, Stuttgart

diagnose:funk Brennpunkt (2017): Handystrahlung und Gehirntumore. Stand der Forschung, Stuttgart

Diem E et al.: Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1.800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro. *Erschienen in: Mutat Res* 2005; 583 (2): 178-183

EUROPAEM: EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. Download Deutsch und Englisch: <https://europaem.eu/de/bibliothek/blog-de/98-europaem-emf-leitlinie-2016>

Falcioni et al.(2018): Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission. *Environmental Research*, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.037>

Gandhi Om P. et al. (2011): Exposure Limits: The underestimation of absorbed cell phone radiation, especially in children; *Electromagnetic Biology and Medicine*, Early Online: 1–18, 2011; in deutscher Übersetzung als diagnose:funk Brennpunkt erschienen.

- Gittleman HR et al. (2015): 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
- Hardell L et al. (2011): 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 et al (2013): 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, Carlberg M (2014): Das Hirntumorrisiko im Zusammenhang mit der Nutzung von Mobil- und Schnurlostelefonen, in: Langzeitriskien des Mobil- und Kommunikationsfunks, Hrsg. Kompetenzinitiative e.V., 2014;
- Hardell L, Carlberg M (2018): Analyse und Kommentar zum NTP Report, erschienen als diagnose:funk Brennpunkt, 2018
- Hecht K (2015): Ist die Unterteilung in ionisierende und nichtionisierende Strahlung noch aktuell?, Forschungsbericht der Kompetenzinitiative e.V., 2015
- Hensinger P (2018): Die Ideologie der Digitalisierung. Auf dem Weg ins Digi-Tal: der Hype der digitalen Selbstentmündigung und einige Auswirkungen auf die Psyche, *umwelt · medizin · gesellschaft* 2/2018
- Hensinger P (2017): iDisorder: Auswirkungen der Digitalisierung des Erziehungswesens auf die Entwicklung von Kindern und Jugendlichen *umwelt · medizin · gesellschaft*, 4/2017
- Hensinger P, Wilke I (2016): Mobilfunk: Neue Studienergebnisse bestätigen Risiken der nicht-ionisierenden Strahlung, *umwelt · medizin · gesellschaft*, 3/2016; <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1141>
- Houston BJ et al.: (2016): The effects of radiofrequency electromagnetic radiation on sperm function; *Reproduction* 2016; 152 (6): R263-R2762
- ICNIRP (2002): ICNIRP statement, general approach to protection against non-ionizing radiation, *Health Phys.* 82, 540-548 (S. 546)
- Interphone Study Group (2010): Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiol* 2010; 39:675-694.
- Irigaray P et al. (2018): Oxidative stress in electrohypersensitivity self reporting patients: Results of a prospective in vivo investigation with comprehensive molecular analysis, *International Journal of Molecular Medicine*, DOI: 10.3892/ijmm.2018.3774
- Kivrak EG et al. (2017): Effects of electromagnetic fields exposure on the antioxidant defense system, *Journal of Microscopy an Ultrastructure* 5 (2017) 167-176
- Kocaman A, Altun G, Kaplan AA, Deniz ÖG, Yurt KK, Kaplan S. (2018): Genotoxic and carcinogenic effects of non-ionizing electromagnetic fields. *Environ Res.* 2018 May;163:71-79. doi: 10.1016/j.envres.2018.01.034.
- Lai H (2004): Interaction of microwaves and a temporally incoherent magnetic field on spatial learning in the rat. *Physiol & Behav* 82 (5), 785-789
- Lankau R (2016): Die Verdinglichung des Menschen: Mit Gesundheitskarte, Selftracking und eHealth zum homo digitalis, *umwelt · medizin · gesellschaft*, 3/2016
- Lerchl A et al. (2015): Tumor promotion by exposure to radiofrequency electromagnetic fields below exposure limits for humans. *Biochem Biophys Res Commun* 2015; 459 (4): 585 - 590.
- Lerchl A (2018): Synergistische Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder in Kombination mit kanzerogenen Substanzen – Kokanzergenität oder Tumorpromotion? - Vorhaben 3615S82431; <https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2018011014465>
- Li M et al. (2008): Elevation of plasma corticosterone levels and hippocampal glucocorticoid receptor translocation in rats: a potential mechanism for cognition impairment following chronic low-powerdensity microwave exposure. *J Radiat Res* 49 (2), 163-70
- Lim H et al. (2017): Trends in Thyroid Cancer Incidence and Mortality in the United States, 1974-2013, *JAMA*. doi:10.1001/jama.2017.2719 , Published online March 31, 2017
- Mämpel W et al. (2015): Unterschätzte Gesundheitsgefahren durch Radioaktivität am Beispiel der Radarsoldaten Hrsg: Otto-Hug-Strahleninstitut, 2015
- Mortazavi SM et al (2011): 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
- Naziroglu M, Akman H (2014): Effects of Cellular Phone - and Wi-Fi - Induced Electromagnetic Radiation on Oxidative Stress and Molecular Pathways in Brain, in: I. Laher (ed): *Systems Biology of Free Radicals and Antioxidants*, Springer Berlin Heidelberg, 106, S. 2431-2449
- Neitzke HP (2012): Einfluss schwacher Magnetfelder auf Biologische Systeme: Biophysikalische und biochemische Wirkungsmechanismen, *EMF Monitor* 4/2012
- Nikosia-Deklaration (2017): <https://www.diagnosefunk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1242>
- NTP (2018a): NTP Technical Report in the Toxicology and Carcinogenesis Studies in Hsd: Sprague Dawley SD Rats exposed to Whole-Body Radio Frequency Radiation at a Frequency (900 MHz) and Modulations (GSM and CDMA) used by Cellphones. https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/about_ntp/trpanel/2018/march/tr595peerdraft.pdf
- NTP (2018b): NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies in B6C3F1/N MICE Exposed to Whole-Body Radio Frequency Radiation at a Frequency (1,900 MHz) and Modulations (GSM AND CDMA) used by Cellphone; https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/about_ntp/trpanel/2018/march/tr596peerdraft.pdf
- Ohlenschläger G (1995): *Freie Radikale, Oxidativer Stress und Antioxidantien*, 1995
- Pall ML (2018): Wi-Fi is an important threat to human health. *Environmental Research* 164, 405-416
- Panagopoulos DJ et al. (2015): Polarization: a key difference between man-made and natural electromagnetic fields, in regard to biological activity. *Sci Rep* 2015; 5: 14914-1 - 14914-10
- Prasad M et al. (2017): Mobile phone use and risk of brain tumours: a systematic review of association between study quality, source of funding, and research outcomes. *Neurol Sci* 2017; 38 (5): 797-810
- Redmayne M et al. (2013): The relationship between adolescents' well-being and their wireless phone use: a cross-sectional study. *epidem. Environ Health* 2013; 12: 90
- RKI (2015): *Krebs in Deutschland*, 2015, S. 114
- Ruediger HW (2009): Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields. *Pathophysiology* (2009), doi:10.1016/j.pathophys.2008.11.004
- Russell CL (2018): 5 G wireless telecommunications expansion: Public health and environmental implications. *Environmental Research*, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.016>
- Scheler K (2016): Polarisation: Ein wesentlicher Faktor für das Verständnis biologischer Effekte von gepulsten elektromagnetischen Wellen niedriger Intensität, 12-seitige Beilage in *umwelt-medizin-gesellschaft*, 3/2016
- 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
- Shahin S, Banerjee S, Singh SP, Chaturvedi CM (2015): 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* 148 (2), 380-399
- Shahin S et al. (2018): 2.45-GHz Microwave Radiation Impairs Hippocampal Learning and Spatial Memory: Involvement of Local Stress Mechanism-Induced Suppression of iGluR/ERK/CREB Signaling. *Toxicological Sciences* 161 (2), 349-374
- Sies H (1997): Oxidants and Antioxidants, *Experimental Physiology* (1997), 82, 291-295
- Sies H (2015): Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine, *RedoxBiology* 4(2015)180-183
- Sinha RK et al. (2008): Neural network-based evaluation of chronic non-thermal effects of modulated 2.450 MHz microwave radiation on electroencephalogram. *Ann Biomed Eng* 36 (5), 839-851
- Wang B, Lai H (2000): Acute exposure to pulsed 2.450 MHz microwaves affects water-maze performance of rats. *Bioelectromagnetics* 21 (1), 52-56
- Wang J et al. (2017): Mobile Phone Use and The Risk of Headache: A Systematic Review and Meta-analysis of Cross-sectional Studies. *Sci Rep* 2017; 7 (1): 12595
- Warnke U (2009): Ein initialer Mechanismus zu Schädigungseffekten durch Magnetfelder bei gleichzeitig einwirkender Hochfrequenz des Mobil- und Kommunikationsfunks, *umwelt · medizin · gesellschaft*, 3/2009.
- Warnke / Hensinger (2013): Steigende „Burn-out“- Inzidenz durch technisch erzeugte magnetische und elektromagnetische Felder des Mobil- und Kommunikationsfunks, *umwelt · medizin · gesellschaft*, 1-2013
- Wilke I (2018): Biologische und pathologische Wirkungen der Strahlung von 2,45 GHz auf Zellen, Fruchtbarkeit, Gehirn und Verhalten. *Review: umwelt · medizin · gesellschaft* 2018 Feb 31(1)
- Yakymenko I et al. (2016): Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagn Biol Med* 2016; 35 (2): 186-202. In deutscher Übersetzung als diagnose:funk Brennpunkt erschienen.
- Yang XS et al. (2012): Exposure to 2.45 GHz electromagnetic fields elicits an HSP-related stress response in rat hippocampus. *Brain Res Bull* 88 (4), 371-378
- Younes M (1994): *Freie Radikale und reaktive Sauerstoffspezies*, in: Marquardt/Schäfer: *Lehrbuch der Toxikologie*, 1994, Mannheim