

Studienüberblick / Review zu den Risiken des Mobilfunks

„Auswirkungen hochfrequenter Strahlung von Mobiltelefonen und anderen drahtlosen Geräten auf die Gesundheit und das Wohlbefinden“

Autoren: Miller AB, Sears ME, Morgan LL, Davis DL, Hardell L, Oremus M and Soskolne CL

Vorwort von diagnose:funk

Diagnose:funk veröffentlicht aus aktuellem Anlass in diesem Brennpunkt die Übersetzung des Reviews „Auswirkungen hochfrequenter Strahlung von Mobiltelefonen und anderen drahtlosen Geräten auf die Gesundheit und das Wohlbefinden“ mit Genehmigung des Autorenteam.¹ Die Debatte um die geplante Einführung der 5G-Technologie und ihre Risiken wurde und wird in allen Leitmedien geführt, eine Protestbewegung ist entstanden. Wieder wird heftig diskutiert, was die Forschung über gesundheitliche Risiken der Mobilfunk-Technologie aussagt. Der Review von Miller et al. gibt einen Überblick über 85 relevante Studien und Dokumente mit dem Focus auf gesundheits- und damit alltagsrelevante Ergebnisse. Es wird u.a. der Forschungsstand zu DNA-Schäden und Karzinogenität, Fruchtbarkeit, unspezifischen Symptomen und zur speziellen Sensibilität von Kindern besprochen. Die Autoren schlussfolgern, dass dringend eine Vorsorgepolitik eingeleitet und Verbraucherschutzregelungen von den Regierungen erlassen werden müssen. Der wissenschaftlich interessierte Bürger kann sich mit diesem Review selbstständig ein Bild vom Stand der Forschung verschaffen.

Die Studienlage rechtfertigt den Stopp von 5G

Appelle von Wissenschaftlern, Beschlüsse von Ärzteverbänden, in Deutschland von der IPPNW, und auch der BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland) fordern den Stopp von 5G. Wie berechtigt diese Forderung nach einem Moratorium und einer Technikfolgenabschätzung ist, zeigt der erste Review zu Millimeterwellen von Simko / Mattson (2019).² In ihm werden 94 Studien analysiert: „Achtzig Prozent der in vivo-Studien zeigten Reaktionen auf die Exposition, bei 58% der in vitro-Studien wurden Effekte nachgewiesen wurden.“ Es wurden sowohl thermische als auch nicht-thermische Effekte bei unterschiedlichsten Feldstärken nachgewiesen. Simko et al. schreiben: „Die verfügbaren Studien liefern keine ausreichenden und zufriedenstellenden Informationen für eine aussagekräftige Sicherheitsbewertung oder zu der Frage nach nicht-thermischen Effekten. Es besteht Forschungsbedarf zu folgenden Themen: lokale Wärmeentwicklung auf kleinen Oberflächen, z.B. Haut oder Auge, und zu anderen Umwelteinflüssen.“ Es wird auch dezidiert der Forschungsbedarf zur Wirkung auf Insekten angesprochen (S.8). In einer Analyse für die EU-Kommission zu 5G wird festgestellt, dass niemand gesichert wisse, wie sich die 5G-Installation auf die menschlichen Zellen, auf alle Lebewesen und die Natur auswirken werde.³ Und der beratende Ausschuss der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) der WHO hat empfohlen, mit hoher Priorität zu prüfen, ob nicht auf Grund neuer Studien eine Einstufung der mit der Hochfrequenz-Strahlung verbundenen Krebsrisiken in eine höhere Gefahrenkategorie als „möglicherweise krebserregend“ notwendig sei.⁴

Die Risikoentsorgung basiert auf einer Verfälschung der Studienlage

Ausführliche wissenschaftliche Analysen zu bisher nachgewiesenen Risiken liefern in Deutschland die Kompetenzinitiative e.V. und diagnose:funk. Eine regelrechte Entwar-

**brennpunkt**

AUSGABE OKTOBER 2019

Impressum

brennpunkt: Ausgabe Oktober 2019
Online Veröffentlichung auf www.EMFData.org

Bestellung Printausgabe:

shop.diagnose-funk.org/brennpunkt, Bestellnr. 237

Herausgeber und V.i.S.d.P

Diagnose-Funk e.V.
Postfach 15 04 48
D-70076 Stuttgart
www.diagnose-funk.org

Diagnose-Funk Schweiz
Heinrichsgasse 20 CH - 4055 Basel
kontakt@diagnose-funk.ch

Unterstützen Sie diagnose:funk als Förderer

Online spenden:
www.diagnose-funk.org/unterstuetzen

Spendenkonto

Diagnose-Funk e.V.
IBAN: DE39 4306 0967 7027 7638 00
BIC: GENODEM1GLS | GLS Bank

nungskampagne wird gegen diese Argumente inszeniert. Die Telekom geht in dem Fernsehwerbespot zu 5G auf die Kritik an psycho-sozialen Auswirkungen ein.⁵ Höhepunkt war ein Artikel der einflussreichen Stiftung Warentest in der Ausgabe September 2019 mit der Botschaft, es gäbe keine relevanten Risiken durch 5G und Handys. Der Industrieverband VATM (Verband für Telekommunikation und Mehrwertdienste) lobte den Artikel als „sachliche Analyse statt Panikmache“, eine Untersuchung, die zur richtigen Zeit käme.⁶ Wir konnten nachweisen, dass die Stiftung Warentest in keinster Weise die Gesamtstudienlage beurteilt hat und die Experten, die die Stiftung beraten haben, die Aussagen wichtiger Studien verfälschen. Wer allerdings diese Experten sind, wird von der Stiftung nicht bekanntgegeben.⁷ Im Petitionsausschuss des Bundestages am 23.09.2019 bekräftigte der zuständige Staatssekretär, die Bundesregierung betrachte die Mobilfunktechnologie als sicher und verlasse sich auf die Beurteilungen und Grenzwerte durch die ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) und die Ergebnisse des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms von 2008.⁸ Man beruft sich auf einen 12 Jahre alten Forschungsstand, der lobbyistisch beeinflusst war, und auf die Industrie - Lobbyorganisation ICNIRP.

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. Diese Auseinandersetzung dokumentiert diagnose:funk in dem Film „Video: WarGaming für den Profit. Mobilfunkstrahlung, Krebsgefahr & Industrielobbyismus. Strategien der Mobilfunk-Industrie gegen Wissenschaftler“. Beim Mobilfunk geht es um Milliarden-Umsätze, von denen auch der Staat direkt als Lizenzgeber und z.B. Mitunternehmer bei der Telekom profitiert. Die 5G-Infrastruktur soll die Hauptschlagader für die Datenerfassung, Überwachung, autonomes Fahren, das Internet der Dinge, die Anheizung des Konsums und die digitale Steuerung der Gesellschaft werden. Alle ökonomischen und politischen Profiteure, und das sind fast alle Industriezweige, der Staat, das Militär und die Sicherheitsbehörden, unterliegen einem Interessenskonflikt und versuchen, ihr Handeln mit Gefälligkeitsgutachten und verharmlosenden Textbausteinen zu legitimieren.

Die Studienlage bestätigt die Notwendigkeit einer Gefahrenabwehr

Diagnose:funk hat den Forschungsstand zu 5G in Artikeln auf der Homepage www.diagnose-funk.org dokumentiert.⁹ Die Online-Artikelserie „Behauptungen und Scheinargumente“ (15.08.2019) setzt sich mit den Entwarnungsargumenten auseinander.¹⁰ Gerade in den letzten Jahren sind bedeutende Reviews erschienen, die das Schädigungspotential der Mobil-

funkstrahlung bestätigen. Es sind z.B. die Reviews von Belpommes (2018), Bortkiewicz (2016), Davis (2013), Carlberg / Hardell (2017), Kocaman (2018), Miller (2019), Prasad (2017), der ATHEM-Report (2016) und der BioInitiativeReport (2012-2018), die ein komplett anderes Bild der Studienlage geben als die deutschen Behörden. Bemerkenswert ist, dass auch die Expertengruppe der Schweizer Regierung BERENIS die Ergebnisse der NTP- und Ramazzini-Studien zum Krebsrisiko anders als die Bundesregierung beurteilt und die Studien als Bekräftigung für die Notwendigkeit einer Vorsorgepolitik sieht.¹¹ Die Gesamtstudienlage erfordert aber bereits eine Gefahrenabwehr. Dafür werden im Review acht Forderungen formuliert.

Die Bürgerinnen und Bürger haben keinen Interessenskonflikt. Weil sie gesund leben wollen, haben sie einen Anspruch darauf, von Risiken zu erfahren und geschützt zu werden. Zum Glück gibt es industrieunabhängige Wissenschaftler, die es uns ermöglichen, durch ihre Reviews einen eigenen Standpunkt zu erarbeiten. Diagnose:funk dokumentiert diese Studienlage mit der Veröffentlichung der Arbeit von Miller et al. und fortlaufend auch auf der Datenbank www.EMFData.org.

Weitere aktuelle Reviews in Englisch:

- > ATHEM-2: Untersuchung athermischer Wirkungen elektromagnetischer Felder im Mobilfunkbereich, AUVA Report-Nr.70; Hrsg. Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, Österreich, 2016
- > Belpommes D et al. (2018): Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: An international perspective; *Environmental Pollution* 242 (2018) 643e658
- > BERENIS - Beratende Expertengruppe nicht-ionisierende Strahlung; Newsletter-Sonderausgabe November 2018: Evaluierung der NTP-Studie und der Ramazzini-Studie; <https://tinyurl.com/y33m3fxn>
- > Bioinitiative Report 2012: A Rationale for Biologically-based Public Exposure Standards for Electromagnetic Fields (ELF and RF), www.bioinitiative.org
- > Bortkiewicz A et al: (2016): 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/ijomeh.1896.00802>
- > 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>
- > Davis D et al. (2013): Swedish review strengthens

grounds for concluding that radiation from cellular and cordless phones is a probable human carcinogen, *Pathophysiology* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.pathophys.2013.03.001>.

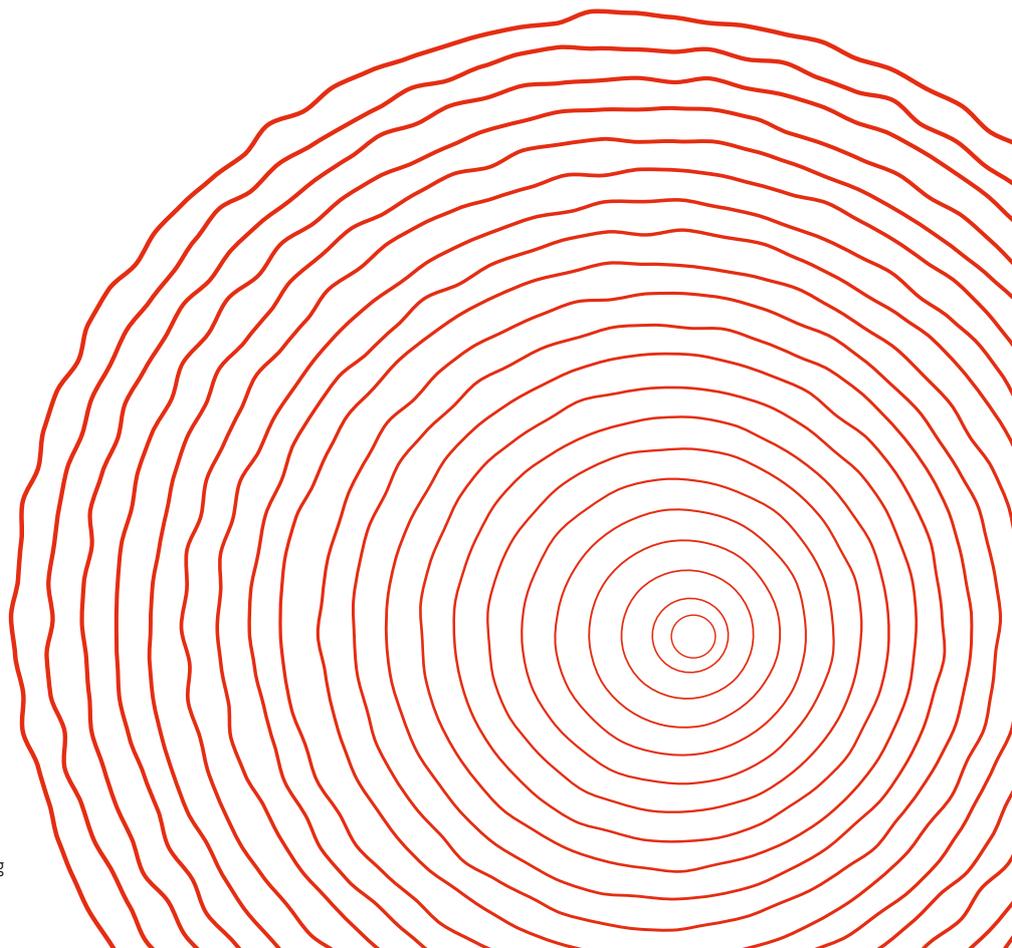
- > Kocaman A et al. (2018): Genotoxic and carcinogenic effects of non-ionizing electromagnetic fields, *Environmental Research* 163 (2018) 71-79. Rezension auf www.EMFData.org
- > Miller AB, Sears M, Hardell L, Oremus M and Soskolne CL(2019): Risks to health and well-being from radio-frequency radiation emitted by cell phones and other wireless devices. *Front. Public Health* 7:223. doi:10.3389/fpubh.2019.00223
- > 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

Reviews in Deutsch:

- > Hardell L, Carlberg M, Hedendahl L (2018): Mobilfunkstrahlung und Krebs: Die Ergebnisse der NTP-Studie und die Gesamtstudienlage, <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/diagnose-funk-publikationen/brennpunkt>
- > Carlberg M, Hardell L (2017): Bewertung des Gliom-Risikos im Zusammenhang mit der Nutzung von Mobil- und Schnurlostelefonen unter Verwendung

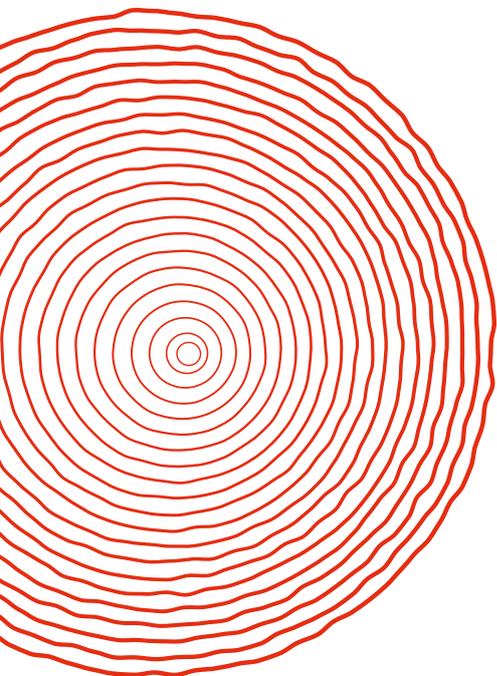
der Kriterien zur Assoziation oder Kausalität nach Bradford Hill von 1965; erschienen als *diagnose:funk Brennpunkt: Handystrahlung und Gehirntumore* 2017, <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/diagnose-funk-publikationen/brennpunkt>

- > Hensinger P, Wilke I (2016): Mobilfunk: Neue Studienergebnisse bestätigen Risiken der nicht-ionisierenden Strahlung. *Wireless communication technologies: New study findings confirm risks of nonionizing radiation. Studienüberblick, umwelt-medizin-gesellschaft* 3/2016. Download: <https://www.emfdata.org/de/dokumentationen/detail?id=104>
- > Hensinger P (2018): Risiko Mobilfunk. *Blick in die Forschung: Gesundheitsschäden durch WLAN und Mobilfunkstrahlung, Deutsche Heilpraktiker Zeitschrift* 8/2018, Thieme-Verlag. Download: <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=511>
- > Kundi M, Hutter HP (2019): Die Gefahrenbeurteilung der Exposition von Kindern gegenüber elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern. *Umwelt und Gesundheit - wie sind die Perspektiven? umwelt-medizin-gesellschaft* 32, 3/2019
- > Mutter J, Hensinger P (2019): Rückgang der Spermienqualität: Umweltmedizinische Ursachen, Autoren: Dr. J. Mutter, Peter Hensinger, *Zeitschrift für Komplementärmedizin*, 2019 / 1, Thieme - Verlag, Stuttgart. Download: <https://www.emfdata.org/de/studien/detail?id=512>



Literatur zum Vorwort

- 1 Miller AB, Sears ME, Morgan LL, Davis DL, Hardell L, Oremus M and Soskolne CL (2019) Risks to Health and Well-Being From Radio-Frequency Radiation Emitted by Cell Phones and Other Wireless Devices. *Front. Public Health* 7:223. doi: 10.3389/fpubh.2019.00223
- 2 Simkó M, Mattsson MO (2019): 5G Wireless Communication and Health Effects-A Pragmatic Review Based on Available Studies Regarding 6 to 100 GHz. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16 (18): E3406: „Abstract: The introduction of the fifth generation (5G) of wireless communication will increase the number of high-frequency-powered base stations and other devices. The question is if such higher frequencies (in this review, 6–100 GHz, millimeter waves, MMW) can have a health impact. This review analyzed 94 relevant publications performing in vivo or in vitro investigations. Each study was characterized for: study type (in vivo, in vitro), biological material (species, cell type, etc.), biological endpoint, exposure (frequency, exposure duration, power density), results, and certain quality criteria. Eighty percent of the in vivo studies showed responses to exposure, while 58% of the in vitro studies demonstrated effects. The responses affected all biological endpoints studied. There was no consistent relationship between power density, exposure duration, or frequency, and exposure effects. The available studies do not provide adequate and sufficient information for a meaningful safety assessment, or for the question about non-thermal effects. There is a need for research regarding local heat developments on small surfaces, e.g., skin or the eye, and on any environmental impact. Our quality analysis shows that for future studies to be useful for safety assessment, design and implementation need to be significantly improved.“
- 3 Blackman C, Forge S. (2019): 5G Deployment: State of Play in Europe, USA, and Asia. Study for the Committee on Industry, Research and Energy, Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, European Parliament, Luxembourg, 2019; diagnose:funk Homepage 12.04.2019, <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1388>
- 4 diagnose:funk Artikel 23.04.2019: Einstufung: „Wahrscheinlich krebserregend“ oder höher? IARC soll Hochfrequenz-Krebsrisiko überprüfen; www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1397
- 5 Telekom: Vorne #DABEL mit 5G, <https://www.youtube.com/watch?v=iSIRITsfbhg>
- 6 “Endlich eine sachliche Analyse statt Panikmache”, sagt VATM-Geschäftsführer Jürgen Grützner. Wissenschaftlich gibt es keinen Anlass zur Sorge durch die Nutzung von Handys. Dies ist das Ergebnis einer detaillierten Untersuchung von Stiftung Warentest, die alle Studien zu den möglichen Auswirkungen von Mobilfunkstrahlung auf den Menschen untersucht und mit Experten bewertet hat. Auch der neue Mobilfunkstandard 5G werde daran nichts ändern. „Diese wichtige Untersuchung kommt zur richtigen Zeit“, betont Grützner: „Aktuell stößt der geplante Ausbau von Mobilfunkmasten in vielen Kommunen auf Bedenken. Die Angst der Bürger vor möglichen Gesundheitsgefahren durch Strahlung ist groß – zum Glück aber unbegründet, wie die Analysen zeigen.“ Quelle: <https://www.vatm.de/2019/08/29/mobilfunkstrahlung-ist-kein-grund-zur-sorge-vatm-begrusst-aktuelle-bewertung-vorhandener-studien-durch-stiftung-warentest/>
- 7 Diagnose:Funk Homepage: Voll daneben oder wie bestellt? Stiftung Warentest zum Risiko Handy, 02.09.2019; <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1453>
- 8 Zum Deutschen Mobilfunkforschungsprogramm hat diagnose:funk am 12.04.2011 in einem Brennpunkt Stellung bezogen: www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail?newsid=354
- 9 Online Artikel zum Forschungsstand auf www.diagnose-funk.org:
 - Forschungsergebnisse zu Gesundheitsrisiken von 5G. Nichtssagende Floskeln und Rohrkreierer der Bundesämter, 01.03.2019, <https://t1p.de/kbq7>
 - 5G Versteigerung | die Krebsdebatte. Offenbarungseid des Bundesamtes für Strahlenschutz, 21.03.2019, <https://t1p.de/unlk>
 - Einstufung: „Wahrscheinlich krebserregend“ oder höher? IARC soll Hochfrequenz-Krebsrisiko überprüfen, 23.04.2019, <https://t1p.de/pya7>
 - Bundesamt für Strahlenschutz im Entwarnungsmodus. Wie das BfS versucht, wichtige Studien zu disqualifizieren, 20.07.2019, <https://t1p.de/t57n>
- 10 Online-Artikelserie 15.08.2019 auf diagnose-funk.org (<https://t1p.de/Sulb>):
 - Mobilfunk - zu wenig Energie für Zellschäden ... immer noch der Vergleich mit der Glühbirne?
 - Handystrahlung genauso krebserregend wie Kaffee und Saure Gurken ... jetzt auch noch wie Aloe Vera?
 - Die Grenzwerte werden eingehalten ... und wo ist jetzt der Beweis für die Schädlichkeit?
 - Es gibt über 25 000 Studien, die nichts gefunden haben ... wo sind die Quellen und warum wird weiter geforscht?
 - Bauernfängerei: „Direkt unter dem Sendemast ist man geschützt. Unterschreiben Sie den Pachtvertrag, sonst macht es der Nachbar und dann werden Sie bestrahlt!“ Die Leuchtturm-Theorie.
 - WLAN an Schulen senkt die Strahlenbelastung der Schüler!“ „Die Strahlung der Sonne und einer Deckenlampe hat mehr Watt als ein Mobilfunksender!“
- 11 Diagnose:Funk Homepage: Bundesamt für Strahlenschutz im Entwarnungsmodus. Wie das BfS versucht, wichtige Studien zu disqualifizieren, 20.07.2019; <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1431>



Review: Am 13. August 2019 veröffentlicht doi: 10.3389/fpubh.2019.00223

Auswirkungen hochfrequenter Strahlung von Mobiltelefonen und anderen drahtlosen Geräten auf die Gesundheit und das Wohlbefinden

Anthony B. Miller^{1*}, Margaret E. Sears², L. Lloyd Morgan³, Devra L. Davis³, Lennart Hardell⁴, Mark Oremus⁵ und Colin L. Soskolne^{6,7}

¹Dalla Lana School of Public Health, University of Toronto, Toronto, ON, Kanada, ²Ottawa Hospital Research Institute, Prevent Cancer Now, Ottawa, ON, Kanada, ³Environmental Health Trust, Teton Village, WY, Vereinigte Staaten, ⁴The Environment and Cancer Research Foundation, Örebro, Schweden, ⁵School of Public Health and Health Systems, University of Waterloo, Waterloo, ON, Kanada, ⁶School of Public Health, University of Alberta, Edmonton, AB, Kanada, ⁷Health Research Institute, University of Canberra, Canberra, ACT, Australien

Strahlenbelastungen sind schon seit Langem ein Anliegen der Öffentlichkeit sowie der politischen Entscheidungsträger und Wissenschaftler. Es fing mit der Radartechnologie im Zweiten Weltkrieg an und im Laufe der Zeit hat die Belastung durch die hochfrequente Strahlung¹ (HF) der Funktechnologien immer stärker zugenommen. Im Jahr 2011 wertete die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) die wissenschaftliche Literatur aus und stufte hochfrequente elektromagnetische Felder als „möglicherweise“ karzinogen für den Menschen (Gruppe 2B) ein. Seit diesem Review durch die IARC sind viele verschiedene negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit mit hochfrequenter Strahlung in Verbindung gebracht worden. Darüber hinaus zeigten drei groß angelegte Krebsstudien, in denen die hochfrequente Exposition der Nagetiere einer lebenslangen Exposition beim Menschen entsprach, eine signifikante Erhöhung bei Schwannomen und bösartigen Gliomen sowie chromosomalen DNA-Schäden. Die Auswirkungen hochfrequenter Strahlung auf die sich in der Entwicklung befindlichen Gehirne von Kindern sind besonders besorgniserregend. Im Vergleich zu einem ausgewachsenen Mann werden bei einem Kind viel tiefer gelegene Bereiche des Gehirns höheren Strahlungsintensitäten pro Gewebevolumen ausgesetzt, wenn ein Mobiltelefon an den Kopf gehalten wird. Außerdem ist die vom Knochenmark der dünneren Schädelknochen absorbierte Strahlendosis ungefähr 10 Mal höher. Experimentelle und beobachtende Studien deuten ebenfalls darauf hin, dass bei Männern, die ihr Mobiltelefon in der Hosentasche tragen, die Anzahl der Spermien wesentlich geringer ist, die Beweglichkeit und Morphologie der Spermien wesentlich beeinträchtigt werden und Schäden an der DNA der Mitochondrien auftreten. Aufgrund der sich häufenden Hinweise empfehlen wir, dass die IARC ihre Einstufung aus dem Jahr 2011 zur Karzinogenität hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf den Menschen erneut überprüft und dass die WHO ihre systematische Übersichtsarbeit, die auch zahlreiche andere Auswirkungen auf die Gesundheit wie zum Beispiel die Spermienqualität mit einbezieht, abschließt. Da bereits heute schon ausreichende Forschungsergebnisse vorliegen, sollten Regierungen, öffentliche Gesundheitsbehörden und Ärzte/ Gesundheitsexperten die Bevölkerung vor den gesundheitsschädlichen Risiken warnen, die mit dem Tragen eines Mobiltelefons direkt am Körper verbunden sind, und Maßnahmen zur Reduzierung aller hochfrequenten Belastungen unterstützen.

Schlüsselwörter: Akustikusneurinom, elektromagnetische Hypersensitivität, gesundheitspolitische Empfehlungen, Gliom, Hirntumor, hochfrequente elektromagnetische Felder, hochfrequente Strahlung, kindliche Entwicklung, nicht karzinogene Wirkungen

Herausgeber:

Dariusz Leszczynski, Universität von Helsinki, Finnland

Gutachter:

Lorenzo Manti, Universität Neapel Federico II, Italien Sareesh Naduvil Narayanan, Ras al-Khaimah Medizin- und Gesundheitswissenschaftliche Universität, Vereinigte Arabische Emirate *Korrespondenz an: Anthony B. Miller ab.miller@utoronto.ca

Fachrichtung:

Dieser Artikel wurde bei „Radiation and Health“, einem Fachbereich der Zeitschrift „Frontiers in Public Health“, eingereicht.

Eingegangen am: 10. April 2019

Angenommen am: 25. Juli 2019

Veröffentlicht am: 13. August 2019

Übersetzung:

Katharina Gustavs für diagnose:funk, mit freundlicher Genehmigung der Autoren.

Es gilt der englische Originaltext.

Alle Rechte der Übersetzung bei diagnose:funk.

Diesen Artikel so zitieren:

Miller AB, Sears ME, Morgan LL, Davis DL, Hardell L, Oremus M and Soskolne CL (2019)

Risks to Health and Well-Being from Radio-Frequency Radiation Emitted by Cell Phones and Other Wireless Devices. *Front. Public Health* 7:223. doi: 10.3389/fpubh.2019.00223

EINFÜHRUNG

Wir leben in einer Generation, die sich in hohem Maße auf die Technik verlässt. Ob zu Hause oder auf Arbeit, drahtlose Geräte wie zum Beispiel Mobiltelefone werden überall auf der Welt benutzt und die Belastung durch hochfrequente Strahlung (HF) ist dementsprechend weit verbreitet, auch im öffentlichen Raum (1, 2).

In diesem Review befassen wir uns mit dem aktuellen Stand der wissenschaftlichen Forschung zu den Gesundheitsrisiken, die mit der Exposition gegenüber nicht ionisierender hochfrequenter Strahlung verbunden sind. Unser Schwerpunkt liegt hierbei auf den Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, aber wir verweisen auch auf Beobachtungen, bei denen hochfrequente Strahlung physiologische und/oder morphologische Wirkungen bei Bienen, Pflanzen und Bäumen hervorrufen kann (3–5).

Wir erkennen an, dass zu den möglichen negativen Auswirkungen hochfrequenter Strahlung von Mobiltelefonen und anderen drahtlosen Geräten, einschließlich Schnurlostelefone und WLAN, verschiedene Meinungen bestehen. Wir wenden hier den in der Krebsepidemiologie üblichen paradigmatischen Ansatz an und ziehen die Gesamtheit der epidemiologischen, toxikologischen und mechanistischen/zellulären Befunde zur Beurteilung der Kausalität heran.

KARZINOGENITÄT

Seit 1998 hält die Internationale Kommission für den Schutz vor nicht ionisierender Strahlung (ICNIRP) daran fest, dass es keine anderen Hinweise auf schädliche biologische Wirkungen hochfrequenter Strahlung gibt als die Erwärmung des Gewebes oberhalb bestimmter Schwellenwerte (6).

Im Gegensatz dazu hat eine Expertengruppe der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) im Jahr 2011 die von Mobiltelefonen und anderen drahtlosen Geräten ausgehenden hochfrequenten elektromagnetischen Felder als „möglicherweise“ krebserregend für den Menschen in die Gruppe 2B eingestuft (7).

Seit dieser Einstufung durch die IARC haben die Analysen der großen internationalen Interphone-Studie, einer Reihe von Studien der Hardell-Gruppe aus Schweden sowie der CERENAT Fall-Kontroll-Studien aus Frankreich ein erhöhtes Hirntumorrisiko signalisiert, insbesondere bei ipsilateraler Nutzung (8).

Die umfangreichsten Fall-Kontroll-Studien zu Gliomen und Akustikusneurinomen und der Exposition durch Mobiltelefone ergaben ein signifikant erhöhtes Tumorrisiko, das mit zunehmender Latenzzeit, zunehmender kumulativer Nutzungsdauer und ipsilateraler Nutzung sowie bei einer Erstexposition im jungen Alter tendenziell anstieg. Gepoolte Analysen der Hardell-Gruppe zum Risiko von Gliomen und Akustikusneurinomen, die das Alter zu Beginn der Mobiltelefonnutzung berücksichtigen, zeigten, dass diejenigen, die vor dem 20. Lebensjahr das erste Mal exponiert wurden, die höchste

Odds Ratio besaßen (9–11). Bei den Gliomen betrug die Odds Ratio (OR) in der Gruppe mit dem Nutzungsbeginn vor dem 20. Lebensjahr 1,8 (95 %-Konfidenzintervall [KI] 1,2–2,8). Bei ipsilateraler Nutzung betrug die Odds Ratio 2,3 (KI 1,3–4,2) und bei kontralateraler Nutzung 1,9 (KI 0,9–3,7). Die Nutzung von Schnurlostelefonen vor dem 20. Lebensjahr ergab eine Odds Ratio von 2,3 (KI 1,4–3,9), bei ipsilateraler Nutzung betrug die Odds Ratio 3,1 (KI 1,6–6,3) und bei kontralateraler Nutzung 1,5 (KI 0,6–3,8) (9).

Karipidis et al. (12) und Nilsson et al. (13) konnten weder in Australien noch in Schweden irgendwelche Hinweise auf eine erhöhte Inzidenz von Gliomen in den letzten Jahren beobachten. Karipidis et al. (12) legten nur die Daten zu Hirntumoren in der Altersgruppe von 20 bis 59 Jahren vor und Nilsson et al. (13) machten keine Angaben zu hochgradigen Gliomen. Im Gegensatz dazu haben andere Forscher dokumentiert, dass in Laboruntersuchungen in Großbritannien und in den Vereinigten Staaten ein Anstieg bei bestimmten Arten von Hirntumoren beobachtet wurde:

- > Die Inzidenz neuroepithelialer Hirntumoren ist in den Vereinigten Staaten bei allen Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen von der Geburt bis zum 24. Lebensjahr signifikant angestiegen (14, 15).
- > In Großbritannien wurde in allen Altersgruppen ein anhaltender und statistisch signifikanter Anstieg bei Glioblastoma multiforme verzeichnet.

Laut Datenerhebung des zentralen Hirntumorregisters in den Vereinigten Staaten (Central Brain Tumor Registry of the U.S. – CBTRUS) von 2010 bis 2017 steigt derzeit die Inzidenz von mehreren Hirntumoren statistisch signifikant an (17).

- > Von 2006 bis 2012 kam es zu einem signifikanten Anstieg bei der Inzidenz von radiologisch diagnostizierten Tumoren der Hypophyse (APC = 7,3 % [95 %-KI: 4,1 %, 10,5 %]), von 2012 bis 2015 hat sich die Inzidenz nicht signifikant verändert (18).
- > Die Meningeomraten sind in allen Altersgruppen von 15 bis 85+ Jahren angestiegen.
- > Die Nervenscheidentumoren (Schwannome) sind in allen Altersgruppen von 20 bis 84+ Jahren angestiegen.
- > Die Vestibularis-Schwannomraten, als ein Teil der Nervenscheidentumoren, sind ebenfalls von 58 % im Jahr 2004 auf 95 % in den Jahren von 2010 bis 2014 angestiegen.

Die epidemiologischen Befunde wurden daraufhin von Rösli et al. überprüft und in eine Metaanalyse eingearbeitet (19). Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass aufs Ganze gesehen die epidemiologischen Forschungsergebnisse auf kein erhöhtes Risiko von Hirntumoren oder Speicheldrüsentumoren bei Mobiltelefonnutzung hindeuten, obgleich die Autoren einräumten, dass noch gewisse Unsicherheiten bei langen

Latenzzeiten (>15 Jahre), seltenen Unterarten von Hirntumoren und der Nutzung von Mobiltelefonen im Kindesalter bestehen würden. Zu beachten ist aber, dass bei diesen Analysen Kohortenstudien mit einfließen, die eine schlechte Klassifikation der Exposition aufweisen (20).

In epidemiologischen Studien kann die Fehleinschätzung bei der Angabe von Belastungen (Recall-Bias) eine wesentliche Rolle dabei spielen, dass ein möglicher Zusammenhang abgeschwächt wird und die Odds Ratios gegen eins tendieren. Die Datenanalyse einer großen multizentrischen Fall-Kontroll-Studie zur Exposition gegenüber hochfrequenter Strahlung ergab, dass der Recall-Bias kein Problem darstellte (21). In einer anderen multizentrischen Studie wurde beobachtet, dass sich junge Menschen einigermaßen gut an die Nutzung ihres Mobiltelefons erinnern können, wobei das Erinnerungsvermögen von der Häufigkeit der Mobiltelefonnutzung und den Eigenschaften der Teilnehmer abhing (22). Prospektive Kohortenstudien, bei denen die Befragung wenig sorgfältig durchgeführt wird, sind leider recht anfällig dafür, die tatsächliche Exposition falsch und das Risiko seltener Erkrankungen ungenau einzuschätzen, was wiederum dazu führen kann, dass die negativen Ergebnisse solcher Studien irreführend sind (8, 23).

Ein weiteres Beispiel für abweichende Ergebnisse findet man in Studien, in denen sich das Studiendesign auf die Prognose für Patienten mit Gliomen in Abhängigkeit von der Mobiltelefonnutzung konzentriert. In einer schwedischen Studie zu Gliomen hatten diejenigen Patienten mit Glioblastoma multiforme, die sowohl Mobil- als auch Schnurlostelefone über einen langen Zeitraum benutzt hatten, eine niedrigere Überlebensrate (24). Die Studie von Ollson et al. (25) berichtete jedoch von keiner niedrigeren Überlebensrate bei Patienten mit Glioblastoma multiforme in Dänemark, Finnland und Schweden. Dabei wurden Patienten, die noch nie ein Mobiltelefon benutzt hatten oder nicht regelmäßig, mit denjenigen Patienten verglichen, die ein Mobiltelefon benutzt hatten (jemals regelmäßig benutzt; Zeitpunkt, zu dem die regelmäßige Nutzung begann; kumulative Gesprächsdauer insgesamt oder in den letzten 12 Monaten). Die Studie von Olsson et al. (25) unterschied sich von jener von Carlberg und Hardell (24) vor allem darin, dass die Nutzung von Schnurlostelefonen nicht berücksichtigt wurde sowie kürzere Latenzzeiten untersucht und Patienten über 69 Jahren ausgeschlossen wurden. Und ein ganz besonders großer Schwachpunkt war, dass die Patienten mit der schlechtesten Prognose zudem ausgeschlossen wurden. Für den finnischen Teil der Studie wurden zum Beispiel die nicht operierbaren Fälle ausgeschlossen. Das alles führt natürlich dazu, dass die Risikoeinschätzung in Richtung eins verzerrt wird.

Inzwischen unterstützen drei groß angelegte toxikologische Tierstudien zur Karzinogenität die Beobachtungen am Menschen, ebenso wie Modellierungs-, Zell- und DNA-

Studien, die empfindliche Untergruppen in der Bevölkerung ermittelt haben. In groß angelegten Tierstudien zur Karzinogenität beobachtete das National Toxicology Program (NTP) (26, 27) eine signifikant erhöhte Inzidenz von Gliomen und bösartigen Schwannomen (vorwiegend an den Nerven und dem Herzen, aber auch an weiteren Organen), und zwar bei hochfrequenten Strahlungsintensitäten, die Gewebe nicht wesentlich erwärmen. Verschiedene Organe (z. B. Gehirn, Herz) wiesen ebenfalls DNA-Schäden auf. Diese Befunde wurden von der ICNIRP (28) abgewiesen. Einer der Initiatoren der NTP-Studie hat diese Kritik zurückgewiesen (29).

Eine Studie am Ramazzini-Institut untersuchte bei Ratten die lebenslange Fernfeldexposition gegenüber hochfrequenter Strahlung von Mobilfunkbasisstationen, die durch eine GSM-Antenne (1,8 GHz) generiert wurde. Obwohl die Befeldungsstärken in dieser Studie 60- bis 6000-fach geringer waren als in der NTP-Studie, wurde in der Gruppe der männlichen Ratten mit der höchsten Exposition ein statistisch signifikanter Anstieg von Schwannomen des Herzens beobachtet und bei den Ratten beiderlei Geschlechts wurde eine Zunahme von Schwann-Zellen-Hyperplasie des Herzens beobachtet (30). Bei den weiblichen Ratten wurde ebenfalls ein Anstieg von bösartigen glialen Tumoren verzeichnet, der jedoch nicht statistische Signifikanz erreichte. Diese Ergebnisse zur Fernfeldexposition sind mit den Ergebnissen der NTP-Studie zur Nahfeldexposition konsistent und bekräftigen diese. In beiden Hochfrequenzstudien wurde von einer Zunahme der Inzidenz von Hirn- und Herztumoren bei Sprague-Dawley Ratten berichtet, wobei es sich histologisch um dieselben Tumorarten handelt, die bei Mobiltelefonnutzern in epidemiologischen Studien beobachtet wurden.

Darüber hinaus wurde in einer Tierstudie zur Karzinogenität aus dem Jahr 2015 gezeigt, dass bei Mäusen die Befeldung mit hochfrequenter Strahlung unterhalb der Grenzwerte für Menschen zur Promotion von Tumoren führte. Die Co-Karzinogenität hochfrequenter Strahlung wurde auch von Soffritti und Giuliani (32) dokumentiert. Sie untersuchten sowohl magnetische Wechselfelder der Stromnetzfrequenz als auch hochfrequente Strahlung mit einer Modulationsfrequenz von 1,8 GHz. Sie beobachteten, dass die Exposition gegenüber sinusförmigen 50-Hz-Magnetfeldern in Kombination mit einer akuten Exposition gegenüber Gammastrahlung oder einer chronischen Verabreichung von Formaldehyd im Trinkwasser zu einer signifikant erhöhten Zunahme von bösartigen Tumoren bei sowohl männlichen als auch weiblichen Sprague Dawley-Ratten führte. In demselben Bericht weisen vorläufige Ergebnisse auf eine erhöhte Inzidenz von bösartigen Schwannomen des Herzens bei männlichen Ratten hin, die nach der Exposition durch hochfrequente Strahlung zu beobachten war. Wenn man bedenkt, dass viele dieser Co-Karzinogene allgegenwärtig sind, liefert das einen weiteren Beweis dafür, dass Empfehlungen zur Reduzierung hochfrequenter Belastungen der

Bevölkerung unterstützt werden sollten, und zwar auf der Grundlage des ALARA-Prinzips, d. h. so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar.

Hier soll auch noch eine Fallserie vorgestellt werden, die das mögliche Krebsrisiko hervorhebt, wenn Mobiltelefone direkt am Körper getragen werden. West et al. (33) berichteten von vier „außergewöhnlichen“ Fällen, bei denen ein multifokaler Brustkrebs direkt an der Stelle entstand, wo die Frauen gewöhnlich ihr Mobiltelefon im BH getragen hatten, und zwar auf der dem Brustbein zugewandten Seite (und nicht auf der Außenseite der Brust, die üblicherweise benutzt wird). Es sei hier darauf hingewiesen, dass Fallbeispiele natürlich auf große und unerkannte Gefahren aufmerksam machen und den Anstoß für weitere Untersuchungen geben können, auch wenn sie gewöhnlich keinen direkten Kausalzusammenhang belegen.

In einer Studie mit vier Expositionsgruppen, wobei die Männer der einen Gruppe gar keine Mobiltelefone benutzten, wurde beobachtet, dass die Indikatoren für DNA-Schäden in den Haarfollikelzellen des Gehörgangs der hochfrequent exponierten Gruppen höher waren als in der Kontrollgruppe. Außerdem nahmen die DNA-Schäden mit zunehmender täglichen Exposition zu (34).

Viele behaupten, dass hochfrequente Strahlung nicht karzinogen sein könne, da diese Strahlung nicht über genügend Energie verfüge, um direkte DNA-Schäden hervorzurufen zu können. In einer Übersichtsarbeit stellten Vijayalaxmi und Prihoda (35) fest, dass in einigen Studien hochfrequent exponierte Zellen signifikant erhöhte Schäden im Vergleich zu den Zellen aus den nicht exponierten und/oder scheinexponierten Gruppen aufwiesen und in anderen Studien nicht. Leider haben diese Autoren bei ihrer Beurteilung der Forschungsergebnisse jedoch versäumt, den Ausgangszustand der DNA zu berücksichtigen oder die Tatsache, dass Studien mit Gewebekulturen sich nur bedingt zur Vorhersage von Genotoxizität eignen (36). Darüber hinaus wurde auch die Finanzierung der Studien, die in diesem Forschungsbereich zu starken Verzerrungen führen kann, nicht berücksichtigt (37).

KINDER UND FORTPFLANZUNG

Infolge des rapiden Wachstums und der größeren Empfindlichkeit des sich in der Entwicklung befindlichen Nervensystems geht man davon aus, dass das Langzeitrisiko der Exposition gegenüber hochfrequenter Strahlung von Mobiltelefonen und anderen drahtlosen Geräten für Kinder größer ist als für Erwachsene (38). Im Vergleich zu anderen Karzinogenen könnte die regelmäßige und sich über einen langen Zeitraum erstreckende Exposition aufgrund der frühen Nutzung von Mobiltelefonen und anderen drahtlosen Geräten mit einem größeren Krebsrisiko später im Leben verbunden sein.

Berechnungsmodelle zur Absorption hochfrequenter Energie können ein Indikator für mögliche Expositionen sein. Eine

Studie zum Berechnungsmodell für hochfrequente Belastungen bei Kindern im Alter von 3 bis 14 Jahren zeigte, dass, wenn ein Kind ein Mobiltelefon an den Kopf hält, viel tiefer gelegene Bereiche des Gehirns einer ungefähr doppelt so hohen Strahlungsintensität (einschließlich der veränderlichen elektrischen und magnetischen Felder) pro Gewebevolumen ausgesetzt werden als bei Erwachsenen und auch dass das Knochenmark der jungen, dünnen Schädelknochen ungefähr eine 10 Mal höhere Dosis absorbiert als das Knochenmark eines erwachsenen Mannes (39). Im Hinblick auf hochfrequente Strahlung gehören pädiatrische Bevölkerungsgruppen zu den am meisten gefährdeten Gruppen.

Es wurde gezeigt, dass die zunehmende Nutzung von Mobiltelefonen durch Kinder, die als eine Art Suchtverhalten betrachtet werden kann (40), mit emotionalen und Verhaltensstörungen in Zusammenhang steht. Bei einer Untersuchung an 13.000 Müttern und Kindern stellten Divan et al. (41) fest, dass die pränatale Exposition mit Mobiltelefonstrahlung später bei den Kindern mit Verhaltensstörungen und Hyperaktivität verbunden war. Eine darauffolgende dänische Studie mit 24.499 Kindern beobachtete, dass sich die Wahrscheinlichkeit für emotionale und Verhaltensschwierigkeiten bei Kindern im Alter von 11 Jahren um 23 % erhöhte, wenn deren Mütter angaben, dass sie ein Mobiltelefon benutzt hatten, als ihr Kind 7 Jahre alt war, im Vergleich zu den Kindern, deren Mütter angaben, in diesem Alter kein Mobiltelefon benutzt zu haben (42). Eine Querschnittsstudie aus den Vereinigten Staaten mit 4524 Kindern an 20 Standorten im Alter von 8 bis 11 Jahren zeigte, dass kürzere Bildschirmzeiten und längere Schlafperioden unabhängig voneinander die kognitiven Fähigkeiten verbesserten, wobei mit kurzen Bildschirmzeiten und altersgerechten Schlafzeiten der größte Nutzen erzielt werden konnte (43). In ähnlicher Weise deutete eine Kohortenstudie Schweizer Jugendlicher auf eine mögliche schädliche Wirkung hochfrequenter Strahlung hin, die in denjenigen Hirnregionen auftrat, die während der Nutzung eines Mobiltelefons exponiert werden (44). Sage and Burgio et al. (45) postulieren, dass epigenetische Treiber und DNA-Schäden für die schädlichen Wirkungen drahtloser Geräte während der kindlichen Entwicklung verantwortlich sind.

Die Exposition gegenüber hochfrequenter Strahlung vollzieht sich im Kontext von anderen Expositionen, sowohl positiven (z. B. Ernährung) als auch negativen (z. B. Giftstoffen oder Stress). In zwei Studien wurde beobachtet, dass hochfrequente Strahlung die negativen Auswirkungen von Blei auf die Entwicklung des Nervensystems verstärkt: bei Kindern, deren Mütter während der Schwangerschaft häufig ein Mobiltelefon benutzten [1198 Mutter-Kind Paare, (46)] und bei Kindern mit Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörungen (ADHS), die häufiger ein Mobiltelefon benutzten und einen höheren Bleispiegel im Blut hatten [2422 Grundschüler/-innen, (47)].

Eine Studie zu Mobilfunkbasisstationen in der Nähe von

Schulgebäuden zeigte, dass, im Vergleich zu denjenigen Schülern, die geringeren Strahlungsintensitäten ausgesetzt waren, bei den männlichen Jugendlichen mit einer hohen Exposition gegenüber der Mobilfunkstrahlung eine Verzögerung bei der Entwicklung der fein- und grobmotorischen Fähigkeiten, des räumlichen Arbeitsgedächtnisses und der Aufmerksamkeit zu beobachten war (48). Eine erst kürzlich erschienene Kohortenstudie dokumentierte mögliche schädliche Auswirkung auf die kognitiven Funktionen bei Jugendlichen, einschließlich des räumlichen Gedächtnisses, dessen Hirnregionen während des mobilen Telefonierens hochfrequente Strahlung absorbieren (44).

In einer Übersichtsarbeit kam Pall (49) zu dem Schluss, dass verschiedene nicht thermische Expositionen gegenüber Mikrowellenstrahlung vielfältige neuropsychiatrische Wirkungen hervorrufen. Sowohl Tierstudien (50–52) als auch bildgebende Hirnstudien am Menschen (53–56) deuten darauf hin, dass hochfrequente Strahlung an diesen Wirkungen möglicherweise beteiligt ist.

In Querschnittsstudien wurde die Fruchtbarkeit von Männern untersucht. Es wurden Zusammenhänge zwischen dem Tragen des Mobiltelefons in der Hosentasche und einer geringeren Anzahl und schlechteren Qualität von Spermien beobachtet (57). Sowohl in vivo-Studien als auch in vitro-Studien am menschlichen Sperma bestätigen schädliche Auswirkungen hochfrequenter Strahlung auf das Proteom der Hoden und andere Indikatoren des reproduktiven Gesundheitszustandes bei Männern (57, 58), einschließlich Unfruchtbarkeit (59). Rago et al. (60) beobachteten eine signifikant veränderte DNA-Fragmentierung im Sperma von Probanden, die ihr Mobiltelefon länger als 4 Stunden pro Tag benutzt hatten und insbesondere bei denjenigen, die das Mobiltelefon in der Hosentasche getragen hatten. In einer Kohortenstudie zeigten Zhang et al. (61), dass die Nutzung von Mobiltelefonen die Spermienqualität von Männern negativ beeinflussen kann, indem das Ejakulatvolumen, die Spermienkonzentration oder die Spermiengesamtzahl abnimmt, was wiederum die männliche Fruchtbarkeit beeinträchtigt. Gautam et al. (62) untersuchten die Auswirkungen von 3G-Mobiltelefonstrahlung (1,8–2,5 GHz) auf das Fortpflanzungssystem männlicher Wistar-Ratten. Sie beobachteten, dass die Exposition gegenüber Mobiltelefonstrahlung bei den Ratten oxidativen Stress auslöste, der zu Veränderungen bei den Spermienparametern führen kann und somit die Fruchtbarkeit beeinflusst.

RELEVANTE BEOBACHTUNGEN, IMPLIKATIONEN UND AKTUELLE EVIDENZSTÄRKE

Eine umfangreiche Überprüfung zahlreicher veröffentlichter Studien bestätigt die Existenz von nicht thermisch induzierten biologischen Wirkungen oder Schäden (z. B. oxidativer Stress, DNA-Schäden, Gen- und Proteinexpression, Öffnung der Blut-Hirn-Schranke) (63) sowie schädliche (chronische)

Auswirkungen auf die Gesundheit bei Langzeitexpositionen (64). Biologische Wirkungen infolge von hochfrequenten Strahlungsintensitäten, denen die Bevölkerung üblicherweise ausgesetzt ist, werden größtenteils veränderlichen elektrischen und magnetischen Feldern zugeschrieben (65–67).

Es gibt tatsächlich eine zunehmende Anzahl von Menschen mit einer Symptomatik, die durch hochfrequente Belastungen ausgelöst wird (z. B. Kopfschmerzen, Erschöpfung, Appetitlosigkeit, Schlafstörungen). Dieses Syndrom wird als Mikrowellensyndrom oder Elektromagnetische Hypersensitivität (EHS) bezeichnet (68–70).

Ein ursächlicher Zusammenhang wird durch die Konsistenz der epidemiologischen Studien zu den Wirkungen hochfrequenter Strahlung bei Krebsinduktion, insbesondere bei Gliomen und Vestibularis-Schwannomen, und durch die Ergebnisse aus Tierstudien gestützt (8). Wenn man die Evidenzstärke der verschiedenen Studienarten zur Verbindung zwischen hochfrequenter Strahlung und Gesundheitsrisiken für die Bevölkerung zusammen betrachtet, zeichnet sich ein breites Spektrum an Ergebnissen ab: Belege zu nicht thermischen Wirkungen hochfrequenter Strahlung aus experimentellen biologischen Studien; Übereinstimmung der Belege bezüglich der Karzinogenität hochfrequenter Strahlung; Belege aus Humanstudien zu Schäden der männlichen Fruchtbarkeit; Belege aus Human- und Tierstudien zu Schäden während der Entwicklung und begrenzte Belege aus Human- und Tierstudien zur Wirkungsverstärkung durch chemische Giftstoffe. Diese vielfältigen, unabhängigen Beweise einer möglicherweise sehr bedenklichen und eskalierenden Problematik rechtfertigen somit den Einsatz politischer Maßnahmen.

HERAUSFORDERUNGEN AN DIE FORSCHUNG AUFGRUND DES RASANTEN TECHNISCHEN FORTSCHRITTS

Die Entwicklung der Mobilfunktechnologie ging und geht weiterhin sehr schnell voran. Die veränderten Trägerfrequenzen und die zunehmende Komplexität der Modulationstechnik lassen die Technologien von „gestern“ im Handumdrehen veraltet erscheinen. Durch diese schnelle Obsoleszenz wird die mögliche Datenmenge zur menschlichen Exposition gegenüber bestimmten Frequenzen und Modulationen hochfrequenter Strahlung und den entsprechenden gesundheitlichen Auswirkungen sehr begrenzt, die über den Anwendungszeitraum einer betreffenden Technologie erhoben werden kann.

Epidemiologische Studien mit ausreichender statistischer Aussagekraft benötigen eine große Anzahl von Studienteilnehmern, die für bestimmte Technologien ausreichend lange Latenzzeiten und Strahlungsintensitäten aufweisen. Wenn es also keine epidemiologischen Beweise gibt, bedeutet das aber noch lange nicht, dass es keine entsprechenden Wirkungen gäbe, vielmehr dass es keine Gelegenheit gab, eine Exposition für den notwendigen Zeitraum mit der angemessenen Stichprobengröße und einer nicht exponierten Vergleichsgruppe

zu untersuchen, um eindeutige Schlüsse ziehen zu können. Zum Beispiel gibt es keine Fall-Kontroll-Studien zur vierten Mobilfunkgeneration Long-term Evolution (LTE) (4G; 2–8 GHz), auch wenn diese Modulation bereits im Jahr 2010 eingeführt wurde und im Jahr 2018 weltweit einen Marktanteil von 39 % erreichte (71).

Aufgrund dieser Ermangelung an Nachweisen aus Studien am Menschen müssen die Regierungen zu groß angelegten Tierstudien greifen, um vor der Markteinführung beurteilen zu können, ob die neueste Modulation der Mobilfunktechnik Risiken birgt. Regierungen sollten auch kurzfristig auftretende Auswirkungen untersuchen wie zum Beispiel die Auswirkungen auf die Schlafqualität, das Erinnerungsvermögen, die Reaktionszeit sowie das Hör- und Sehvermögen, insbesondere wenn sie bei Kindern und Jugendlichen auftreten, da die Nutzung von drahtlosen Geräten bei Kindern in den letzten Jahren rasant zugenommen hat.

Bei der fünften Generation (5G) der Mobilfunktechnik müssen die Netzbetreiber wesentlich mehr Small Cell-Antennen in der Nähe der Netzteilnehmer installieren, da die Ausbreitung der entsprechenden Millimeterwellen durch feste Objekte, Regen und Blattwerk blockiert wird. Die Frequenzbänder des 5G-Standards werden in zwei unterschiedliche Frequenzbereiche unterteilt. Der Frequenzbereich 1 (Frequency Range 1 – FR1) umfasst Frequenzen unterhalb von 6 GHz, von denen einige bereits von früheren Standards verwendet wurden, aber der Bereich wurde auch erweitert, um neue Bereiche des Spektrums von 410 bis 7125 MHz zugänglich zu machen. Der Frequenzbereich 2 (Frequency Range 2 – FR2) umfasst höhere Frequenzbänder von 24,25 bis 52,6 GHz. Im FR2-Bereich handelt es sich vorwiegend um Millimeterwellen, die zwar eine kürzere Reichweite besitzen, dafür aber über eine viel höhere Bandbreite verfügen als die Bänder im FR1-Bereich. Kaum ist die 5G-Technologie entwickelt, wird sie auch schon eingesetzt, und zwar mit großen Antennenarrays, die elektronisch steuerbar auf spezifische Sektoren ausgerichtet in verschiedene Richtungen schwenken (Beamforming) können, wobei die Signalstärken höher sind als bei Vorgängertechnologien. 5G steht nicht für sich alleine: dieser Standard ist mit anderen Frequenzen (einschließlich 3G und 4G) und Modulationen vernetzt, um den Bau verschiedener Geräte zu ermöglichen, die für das „Internet der Dinge“, das autonome Fahren und vieles mehr ständig weiterentwickelt werden (72).

Die neue 5G-Technologie wird in mehreren dicht besiedelten Städten schon heute eingeführt, obgleich die möglichen langfristigen Umwelt- und Gesundheitsfolgen vorher nicht abgeschätzt wurden und nicht weiter untersucht werden. Die mit 5G verbundenen höhere Frequenzen (mit kurzer Wellenlänge) dringen nicht so tief in den Körper ein wie die Frequenzen der älteren Mobilfunkgenerationen, aber sie könnten systemische Wirkungen hervorrufen (73, 74). Das Spektrum und Ausmaß der möglichen Auswirkungen der 5G-Techno-

logien werden viel zu wenig erforscht, obgleich wichtige biologische Wirkungen auch als Folge der Exposition gegenüber Millimeterwellen beobachtet wurden. Zu diesen Wirkungen zählen oxidativer Stress und eine veränderte Genexpression, Auswirkungen auf die Haut und systemische Wirkungen wie zum Beispiel auf die Immunfunktion (74). In vivo-Studien, die über Resonanzerscheinungen an menschlichen Schweißdrüsenkanälen (73), eine schnellere Replikation bei Bakterien und Viren und weitere Endpunkte berichten, deuten in diesem Frequenzbereich auf mögliche neuartige sowie eher allgemein anerkannte biologische Auswirkungen hin und machen damit deutlich, dass wir vor dem weiteren Ausbau flächendeckender Mobilfunknetze und Belastungen mehr Forschung benötigen.

LÜCKEN IN DER ANWENDUNG AKTUELLER FORSCHUNGSERGEBNISSE

Aktuelle Grenzwerte beruhen auf der Annahme, dass die einzige schädliche Wirkung hochfrequenter Strahlung darin besteht, dass kurzzeitige (akute), zeitlich gemittelte Expositionen eine Erwärmung verursachen (75). In einigen Ländern, insbesondere in den Vereinigten Staaten, wurden die Forschungsergebnisse über mögliche Gefahren hochfrequenter Strahlung weitgehend zurückgewiesen. Forschungsergebnisse bezüglich Karzinogenität, Unfruchtbarkeit und Zellschäden, die unter alltäglichen Expositionsbedingungen – unterhalb der aktuellen Grenzwerte – auftreten, zeigen, dass gegenwärtige Richtlinien die öffentliche Gesundheit nicht hinreichend schützen. Alleine die Forschungsergebnisse zur Karzinogenität, wie sie zum Beispiel in der NTP-Studie vorgelegt wurden, sollten als Nachweis ausreichen, dass die aktuellen Grenzwerte unzureichend sind.

An vielen Orten haben die obersten Gesundheitsbehörden die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse aus der in den Vereinigten Staaten durchgeführten NTP-Studie oder aus Studien von anderen Forschergruppen noch nicht berücksichtigt. Viele von ihnen zitieren 28 Jahre alte Richtlinien des Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), das behauptet, dass „Forschungen zur Langzeitexposition und Spekulationen über die biologische Signifikanz nicht thermischer Wechselwirkungen bisher noch keine aussagekräftiges Fundament für eine Änderung des Standards ergeben haben (77)².

Im Gegensatz dazu haben einige Behörden gezielte Maßnahmen ergriffen, um die hochfrequente Belastung ihrer Bevölkerung zu reduzieren (78), einschließlich Konformitätstests und Rückruf von Mobiltelefonen, die die geltenden Grenzwerte überschreiten.

Obwohl wir nicht wissen, inwieweit die Risiken des Einzelnen, die mit der Nutzung von Mobiltelefonen verbunden sind, durch den Nutzen für die öffentliche Gesundheit aufgrund der zeitnahen Erreichbarkeit von Rettungsdiensten wie Krankenhaus, Feuerwehr und Polizei ausgeglichen werden, machen die vorstehenden Forschungsergebnisse deutlich, wie wichtig es

ist, mögliche schädliche Auswirkungen hochfrequenter Strahlung auf die Gesundheit auszuwerten und pragmatische und praktische Maßnahmen zu ergreifen, diese Belastungen zu minimieren.

Wir möchten die folgenden Vorschläge unterbreiten, um die Lücken im aktuellen Stand der Forschung anzugehen:

- > Da viele behaupten, dass inzwischen ein Anstieg bei der Inzidenz von Hirntumoren zu verzeichnen sein müsste, wenn hochfrequente Strahlung diese verursachen kann, während gleichzeitig die vorstehende Zusammenfassung über die Zunahme der Hirntumoren ignoriert wird, ist es wichtig, alters- und standortspezifische Trends der Gliomrate in vielen Ländern ausführlich auszuwerten.
- > Entsprechende Studien sollten so angelegt werden, dass der größtmögliche Nachweis auf die effizienteste Art und Weise gewonnen werden kann.
 - Im Gegensatz zu Kohortenstudien können bevölkerungsbasierte Fall-Kontroll-Studien eine größere statistische Aussagekraft liefern, um Zusammenhänge bei seltenen Erkrankungen wie zum Beispiel Gliom zu ermitteln. Diese Studien sollten den Zusammenhang zwischen Energieabsorption (SAR²) im Körper, Expositionsdauer und schädlichen Auswirkungen untersuchen, insbesondere Hirntumoren, Kardiomyopathien und Herzrhythmusstörungen, Blutkrebskrankungen und Schilddrüsenkrebs.
 - Kohortenstudien sind für die Erforschung von seltenen Erkrankungen mit langen Latenzzeiten wie zum Beispiel Gliomen unwirtschaftlich, da der mit den Nachfolgeuntersuchungen verbundene Kostenfaktor bei sehr großen Kohorten, die für die Erforschung von seltenen Erkrankungen notwendig sind, beträchtlich ist. Außerdem ist es ohne ressourcenintensive Nachfolgeuntersuchungen in kurzen Abständen nicht möglich, Informationen zu den sich ständig ändernden Technologien, Nutzungsgewohnheiten (z. B. Telefonieren im Gegensatz zum Texten oder Zugreifen auf das Internet) und/oder Expositionsbedingungen zu erhalten.
 - Mit Querschnittsstudien, bei denen die Probanden nach hohen, durchschnittlichen und niedrigen Expositionen eingeteilt werden, kann man Erkenntnisse gewinnen, die dazu geeignet sind, Hypothesen zu einer breite Palette von Parametern zu generieren, einschließlich Gedächtnisleistung, Seh- und Hörvermögen, Reaktionszeit, Schmerzen, Fruchtbarkeit und Schlafmuster.
- > Auf diesem Forschungsgebiet ist die Qualität der Expositionsabschätzung schlecht, oft fehlen detaillierte Informationen zu Frequenzen und Modulationen, Dosis und Dosisleistung sowie Spitzenexpositionen, und vor allem bei

Langzeitbelastungen. Lösungen wie zum Beispiel tragbare Messgeräte und Smartphone-Apps wurden bisher bei groß angelegten Forschungsprojekten noch nicht eingesetzt.

- > Systematische Übersichtsarbeiten zu diesem Thema könnten bestehende wissenschaftliche Datenbanken zur Literaturrecherche benutzen, wie zum Beispiel die Datenbank der Oceania Radiofrequency Science Advisory Association (79) oder das EMF-Portal der Uniklinik RWTH Aachen (80).
- > Es sollten Studien durchgeführt werden, die angemessene Standorte für Antennen und andere Sendeanlagen ermitteln; diese Studien sollten auch Biomarker zu Entzündungen, Genotoxizität und anderen Gesundheitsindikatoren beim Menschen überprüfen, die in bestimmten Abständen zu solchen Sendeanlagen wohnen. Es ist schwierig, diese Parameter in der allgemeinen Bevölkerung zu untersuchen, da für viele Menschen die größte Exposition durch ihre persönlichen Geräte erfolgt.
- > Es bedarf zusätzlicher Forschung, um zu ermitteln, welcher Abstand zu Sendeantennen eine angemessene Sicherheit für die Menschen gewährleisten würde, wobei zwischen den vielen verschiedenen Strahlungsquellen zu unterscheiden ist (z. B. von kommerziellen Sendern bis hin zu Bluetooth-Geräten) und die Tatsache zu berücksichtigen ist, dass die Belastung mit dem Quadrat des Abstandes zur Strahlungsquelle abnimmt. (Das Abstandsgesetz besagt, dass die Intensität umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstands zur Strahlungsquelle ist.) Die äquivalente Strahlungsleistung der Mobilfunkmasten muss regelmäßig gemessen und überwacht werden.

GESUNDHEITSPOLITISCHE EMPFEHLUNGEN AUFGRUND DER BISHERIGEN FORSCHUNGSERGEBNISSE

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit gab es insgesamt 32 Länder oder Regierungsbehörden in diesen Ländern⁴, die Richtlinien und Gesundheitsempfehlungen zur Exposition gegenüber hochfrequenter Strahlung veröffentlicht haben (78). Drei US-Bundesstaaten (81–83) haben Hinweise zur Begrenzung der Exposition gegenüber hochfrequenter Strahlung veröffentlicht und die Worcester Massachusetts Public Schools (84) haben darüber abgestimmt, Vorsorgerichtlinien zur WLAN-Strahlung auf ihrer Website zu veröffentlichen. In Frankreich wurde das WLAN aus den Kindergärten entfernt und in Grundschulen muss das WLAN abgeschaltet werden, wenn es nicht aktiv genutzt wird. Darüber hinaus dürfen Kinder im Alter von 16 Jahren und darunter kein Mobiltelefon in die Schule mitbringen (85). Da bei einer Überprüfungsmessung der französischen Funknetzagentur 9 von 10 Mobiltelefonen die zulässigen Grenzwerte überschritten hatten, wies Frankreich den Rückruf von mehreren Millionen Mobiltelefonen an.

Wir sprechen daher die folgenden Empfehlungen aus:

1. Unterstützung durch Regierungen und Institutionen bei der Datenerhebung und -analyse, um mögliche Zusammenhänge zwischen Technologien, die hochfrequente Strahlung aussenden, und Endpunkten zu überwachen, z. B. Krebs-erkrankungen, Sperma, Herz, Nervensystem, Schlaf, Seh- und Hörvermögen und Auswirkungen auf Kinder.
2. Informationen zu den möglichen Gesundheitsrisiken, die auf den drahtlosen Geräten und in deren Bedienungsanleitungen zu finden sind, müssen weiter verbreitet werden, um die Informationsrechte der Verbraucher zu achten. Warnhinweise und Vorsichtsmaßnahmen sollten sowohl auf der Verpackung als auch am Ort des Verkaufs platziert werden. Regierungen sollten dem Beispiel Frankreichs, Israels und Belgiens folgen und Verpackungsrichtlinien wie für Tabakwaren und Alkohol anordnen.
3. Verordnungen sollten regeln, dass alle drahtlosen Geräte, die direkt am Körper mit Hautkontakt (z. B. Mobiltelefone) oder in unmittelbarer Nähe des Körpers (z. B. ein Gerät im Schoß eines kleinen Kindes) benutzt oder getragen werden können, entsprechend getestet werden, und dass diese Informationen gut sichtbar am Ort des Verkaufs, auf der Verpackung und sowohl in als auch auf dem Gerät kenntlich gemacht werden.
4. Die IARC sollte eine neue Arbeitsgruppe einberufen, um die Einstufung zu hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf den neuesten Stand zu bringen, und zwar unter Berücksichtigung der neuesten wissenschaftlichen Forschungsergebnisse, die insbesondere die Risiken von Kindern und Jugendlichen und spätere Krebserkrankungen betreffen. Es sei hier erwähnt, dass eine Beratungsgruppe der IARC kürzlich empfohlen hat, dass hochfrequente elektromagnetische Felder im Rahmen des Monografie-Programms der IARC erneut begutachtet werden sollten und dass das oberste Priorität hätte.
5. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) sollte endlich ihr langjähriges Projekt zur systematischen Begutachtung hochfrequenter elektromagnetischer Felder unter Zuhilfenahme von modernen wissenschaftlichen Methoden abschließen. Ebenso müssen nationale und regionale Gesundheitsbehörden ihre Kenntnisse auf den neuesten Stand bringen und angemessene Vorsorgerichtlinien für die Bevölkerung zur Verfügung stellen, um mögliche Gesundheitsrisiken zu minimieren.
6. Es gibt zunehmend Belege aus Studien am Menschen, die die Erkenntnisse aus den Tierstudien zu Entwicklungsstörungen während der Schwangerschaft infolge hochfrequenter Belastungen bestätigen. werdende Mütter sollten hochfrequente Strahlungsquellen meiden und einen entsprechenden Abstand halten, wie das von Ärzten und Wissenschaftlern empfohlen wird (babysafeproject.org).
7. Andere Länder sollten Frankreichs Beispiel folgen und die

hochfrequente Exposition von Kindern unter 16 Jahren begrenzen.

8. Mobilfunkmasten sollten mit ausreichendem Abstand zu Orten mit empfindlicher Nutzung aufgestellt werden, dazu gehören Wohnhäuser, Kitas und Schulen sowie Orte, wo sich Schwangere und Männer, die Väter von gesunden Kindern werden möchten, häufig aufhalten.

Konkrete Beispiele, wie die auf dem Vorsorgeprinzip beruhenden gesundheitspolitischen Empfehlungen praktisch zum Schutz der Bevölkerung umgesetzt werden können, finden sich im **Anhang**.

BEITRAG DER AUTOREN

Alle genannten Autoren haben einen wesentlichen, direkten und intellektuellen Beitrag zu dieser Arbeit geleistet und der Veröffentlichung zugestimmt.

DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich bei Ali Siddiqui für seinen Beitrag zur Erarbeitung der „Gesundheitspolitischen Empfehlungen“ und auch bei den Mitgliedern des Vorstands des International Network for Epidemiology in Policy (INEP), die an früheren Versionen dieses Manuskripts mitgewirkt haben. Wir bedanken uns bei den externen Gutachtern für ihre umfassende Kritik, die sowohl die Genauigkeit als auch die Darstellung der Arbeit verbessert hat. Anfänglich hatten die Autoren dieses Manuskript als einen Entwurf für eine Stellungnahme der INEP erarbeitet. Es bestand dann die Möglichkeit, dass die 23 Mitgliedsorganisationen der INEP diese von dem INEP-Vorstand empfohlene Stellungnahme unterstützen konnten, aber 12 der Mitgliedsorganisationen nahmen an der Wahl nicht teil. Von den 11 Organisationen, die eine Stimme abgaben, befürworteten 3 die Stellungnahme, 2 stimmten dagegen und 6 enthielten sich der Stimme. Letztendlich entschloss sich der Vorstand, von diesem Thema, das seiner Meinung nach zu Spaltungen führte, Abstand zu nehmen. Daraufhin entschieden sich die Autoren im Interesse der Öffentlichkeit, dass das Dokument unabhängig von der INEP veröffentlicht werden sollte.

ANMERKUNGEN

1. Nach IEEE C95.1-1991 reichen die Frequenzen der nicht ionisierenden hochfrequenten Strahlung von 3 kHz bis 300 GHz.
2. Die FCC [US-amerikanische Regulierungsbehörde] hat den Standard IEEE C95.1 1991 im Jahr 1996 übernommen.
3. Wenn nötig, sollten die SAR-Werte dem Alter des Kindes in W/kg angepasst werden.
4. Argentinien, Australien, Belgien, Chile, Dänemark, Deutschland, Europäisches Parlament, Europäische Umweltagentur, Finnland, Frankreich, Französisch Polynesien, Griechenland, Großbritannien, Indien, Italien, Irland, Israel, Kanada, Namibia, Neuseeland, Österreich, Polen, Rumänien, Russland, Schweiz, Singapur, Spanien, Taiwan, Tansania, Türkei, Vereinigte Staaten von Amerika, Zypern.

LITERATUR

1. Carlberg M, Hedendahl L, Koppel T, Hardell L. High ambient radio-frequency radiation in Stockholm city, Sweden. *Oncol Lett.* (2019) 17:1777–83. doi: 10.3892/ol.2018.9789
2. Hardell L, Carlberg M, Hedendahl LK. Radiofrequency radiation from nearby base stations gives high levels in an apartment in Stockholm, Sweden: a case report. *Oncol Lett.* (2018) 15:7871–83. doi: 10.3892/ol.2018.8285
3. Halgamuge MN. Review: weak radiofrequency radiation exposure from mobile phone radiation on plants. *Electromagn Biol Med.* (2017) 36:213–35. doi: 10.1080/15368378.2016.1220389
4. Odemer R, Odemer F. Effects of radiofrequency electromagnetic radiation (RF-EMF) on honey bee queen development and mating success. *Sci Total Environ.* (2019) 661:553–62. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.154
5. Waldmann-Selsam C, Balmori-de la Plante A, Breunig H, Balmori A. Radiofrequency radiation injures trees around mobile phone base stations. *Sci Total Environ.* (2016) 572:554–69. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.08.045
6. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). International Commission on Non-ionizing Radiation Protection. *Health Phys.* 1998 74:494–522.
7. IARC. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. Lyon: International Agency for Research on Cancer (2013). S. 102.
8. Miller AB, Morgan LL, Udasin I, Davis DL. Cancer epidemiology update, following the 2011 IARC evaluation of radiofrequency electromagnetic fields (Monograph 102). *Environ Res.* (2018) 167:673–83. doi: 10.1016/j.envres.2018.06.043
9. Hardell L, Carlberg M. Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma – analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997–2003 and 2007–2009. *Pathophysiology.* (2015) 22:1–13. doi: 10.1016/j.pathophys.2014.10.001
10. Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Kjell HM. Pooled analysis of case-control studies on acoustic neuroma diagnosed 1997–2003 and 2007–2009 and use of mobile and cordless phones. *Int J Oncol.* (2013) 43:1036–44. doi: 10.3892/ijo.2013.2025
11. Hardell L, Carlberg M, Gee D. Chapter 21: Mobile phone use and brain tumour risk: early warnings, early actions? In: *Late Lessons From Early Warnings, Part 2.* European Environment Agency, Copenhagen. Denmark (2013). Online verfügbar unter: <https://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2/late-lessons-chapters/late-lessons-ii-chapter-21/view> (letzter Zugriff am 25. August 2018)
Hardell L, Carlberg M, Gee D. Kapitel 21: Mobiltelefone und Hirntumorrisiko: Frühe Warnungen, frühe Maßnahmen? In: *Späte Lehren aus frühen Warnungen, Teil 2.* Europäische Umweltagentur, Kopenhagen. Dänemark (2013). Online verfügbar unter: <https://www.eea.europa.eu/de/publications/late-lessons-2-de> (letzter Zugriff am 16. September 2019)
12. Karipidis K, Elwood M, Benke G, Sanagou M, Tjong L, Croft RJ. Mobile phone use and incidence of brain tumour histological types, grading or anatomical location: a population-based ecological study. *BMJ Open.* (2018) 8:e024489. doi: 10.1136/bmjopen-2018-024489
13. Nilsson J, Järås J, Henriksson R, Holgersson G, Bergström S, Estenberg J. No evidence for increased brain tumour incidence in the Swedish national cancer register between years 1980–2012. *Anticancer Res.* (2019) 39:791–6. doi: 10.21873/anticancer.13176
14. Gittleman HR, Ostrom QT, Rouse CD, Dowling JA, de Blank PM, Kruchko CA, 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.* (2015) 121:102–12. doi: 10.1002/cncr.29015
15. Ostrom QT, Gittleman H, de Blank PM, Finlay JL, Gurney JG, McKean-Cowdin R, et al. Adolescent and young adult primary brain and central nervous system tumors diagnosed in the United States in 2008–2012. *Neuro-Oncology.* (2016) 18 (Suppl. 1):1–50. doi: 10.1093/neuonc/nov297
16. Philips A, Henshaw DL, Lamburn G, O'Carroll MJ. Brain tumours: rise in glioblastoma multiforme incidence in England 1995–2015 suggests an adverse environmental or lifestyle factor. *J Public Health Environ.* (2018) 2018:7910754. doi: 10.1155/2018.2170208
17. Central Brain Tumor Registry of the United States. Primary Brain and Other Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States. Annual Reports. 2007–2017. (2017)
18. Ostrom QT, Gittleman H, Truitt G, Boscia A, Kruchko C, Barnholtz-Sloan JS. CBTRUS statistical report: primary brain and other central nervous system tumors diagnosed in the United States in 2011–2015. *Neuro-Oncology.* (2018) 20:1–86. doi: 10.1093/neuonc/noy131
19. Rööslä M, Lagorio S, Schoemaker MJ, Schüz J, Feychting M. Brain and salivary gland tumors and mobile phone use: evaluating the evidence from various epidemiological study designs. *Annu Rev Public Health.* (2019) 40:221–38. doi: 10.1146/annurev-publhealth-040218-044037
20. Söderqvist F, Carlberg M, Hardell L. Review of four publications on the Danish cohort study on mobile phone subscribers and risk of brain tumours. *Rev Environ Health.* (2012) 27:51–8. doi: 10.1515/reveh-2012-0004
21. Vrijheid M, Deltour I, Krewski D, Sanchez M, Cardis E. The effects of recall errors and of selection bias in epidemiologic studies of mobile phone use and cancer risk. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* (2006) 16:371–84. doi: 10.1038/sj.jes.7500509
22. Goedhart G, van Wel L, Langer CE, de Llobet Viladoms P, Wiart J, Hours M, et al. Recall of mobile phone usage and laterality in young people: the multinational Mobi-Expo study. *Environ Res.* (2018) 165:150–7. doi: 10.1016/j.envres.2018.04.018
23. Brzozek C, Benke KK, Zeleke BM, Abramson MJ, Benke G. Radiofrequency electromagnetic radiation and memory performance: sources of uncertainty in epidemiological cohort studies. *Int J Environ Res Public Health.* (2018) 15:E592. doi: 10.3390/ijerph15040592
24. 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. *Int J Environ Res Public Health.* (2014) 11:10790–805. doi: 10.3390/ijerph111010790
25. Olsson A, Bouaoun L, Auvinen A, Feychting M, Johansen C, Mathiesen T, et al. Survival of glioma patients in relation to mobile phone use in Denmark, Finland and Sweden. *J Neurooncol.* (2019) 141:139–49. doi: 10.1007/s11060-018-03019-5
26. National Toxicology Program. NTP Technical Report on 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 Cell Phones. NTP TR 595. (2018). Online verfügbar unter: https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/about_ntp/trpanel/2018/march/tr595peerdraft.pdf (letzter Zugriff am 25. August 2018).
27. National Toxicology Program. NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies in Hsd:Sprague-Dawley SD Rats Exposed to Whole-Body Radio Frequency Radiation at a Frequency (1800 MHz) and Modulations (GSM and CDMA) Used by Cell Phones. NTP TR 596. (2018). Online verfügbar unter: https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/about_ntp/trpanel/2018/march/tr596peerdraft.pdf (letzter Zugriff am 25. August 2018).
28. ICNIRP. ICNIRP Note on Recent Animal Carcinogenesis Studies. München (2018). Online verfügbar unter: <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPnote2018.pdf> (letzter Zugriff am 29. September 2018).
29. Melnick RL. Commentary on the utility of the National Toxicology Program study on cellphone radiofrequency radiation data for assessing human health risks despite unfounded criticisms aimed at minimizing the findings of adverse health effects. *Environ Res.* (2019) 168:1–6. doi: 10.1016/j.envres.2018.09.010
30. Falconi L, Bua L, Tibaldi E, Lauriola M, De Angelis L, Gnudi F, et al. Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone

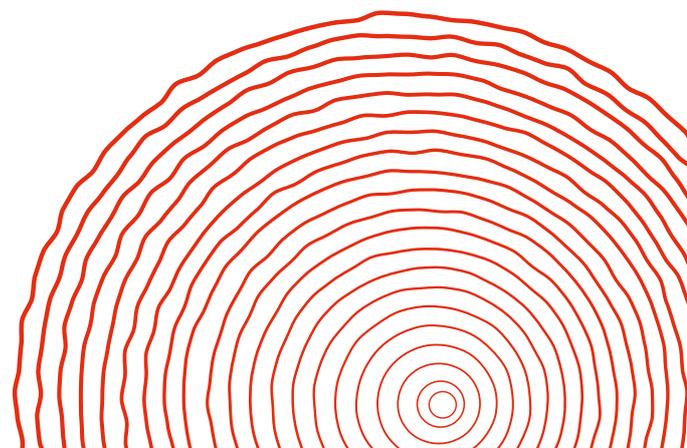
- radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission. *Environ Res.* (2018) 165:496–503. doi: 10.1016/j.envres.2018.01.037
31. Lerchl A, Klose M, Grote K, Wilhelm AF, Spathmann O, Fiedler T, et al. Tumor promotion by exposure to radiofrequency electromagnetic fields below exposure limits for humans. *Biochem Biophys Res Commun.* (2015) 459:585–90. doi: 10.1016/j.bbrc.2015.02.151
 32. Soffritti M, Giuliani L. The carcinogenic potential of non-ionizing radiations: the cases of S-50 Hz MF, and 1.8 GHz GSM radiofrequency radiation. *Basic Clin Pharmacol Toxicol.* (2019). doi: 10.1111/bcpt.13215
 33. West JG, Kapoor NS, Liao SY, Chen JW, Bailey L, Nagourney RA. Multifocal breast cancer in young women with prolonged contact between their breasts and their cellular phones. *Case Rep Med.* (2013) 2013:354682. doi: 10.1155/2013/354682
 34. Akdag M, Dasdag S, Canturk F, Akdag MZ. Exposure to non-ionizing electromagnetic fields emitted from mobile phones induced DNA damage in human ear canal hair follicle cells. *Electromagn Biol Med.* (2018) 37:66–75. doi: 10.1080/15368378.2018.1463246
 35. Vijayalaxmi, Prihoda TJ. Comprehensive review of quality of publications and meta-analysis of genetic damage in mammalian cells exposed to non-ionizing radiofrequency fields. *Radiat Res.* (2019) 191:20–30. doi: 10.1667/RR151171
 36. Corvi R, Madia F. In vitro genotoxicity testing—can the performance be enhanced? *Food Chem Toxicol.* (2017) 106:600–8. doi: 10.1016/j.fct.2016.08.024
 37. Huss A, Egger M, Hug K, Huwiler-Müntener K, Rössli M. Source of funding and results of studies of health effects of mobile phone use: systematic review of experimental studies. *Environ Health Perspect.* (2007) 115:1–4. doi: 10.1289/ehp.9149
 38. Redmayne M, Smith E, Abramson MJ. The relationship between adolescents' well-being and their wireless phone use: a cross-sectional study. *Environ Health.* (2013) 12:90. doi: 10.1186/1476-069X-12-90
 39. Fernández C, de Salles AA, Sears ME, Morris RD, Davis DL. Absorption of wireless radiation in the child versus adult brain and eye from cell phone conversation or virtual reality. *Environ Res.* (2018) 167:694–9. doi: 10.1016/j.envres.2018.05.013
 40. De-Sola Gutiérrez J, Rodríguez de Fonseca F, Rubio G. Cell-phone addiction: a review. *Front Psychiatry.* (2016) 7:175. doi: 10.3389/fpsy.2016.00175
 41. Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J. Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children. *Epidemiology.* (2008) 19:523–9. doi: 10.1097/EDE.0b013e318175dd47
 42. Sudan M, Olsen J, Arah OA, Obel C, Kheifets L. Prospective cohort analysis of cellphone use and emotional and behavioural difficulties in children. *J Epidemiol Community Health.* (2016) 70:1207–13. doi: 10.1136/jech-2016-207419
 43. Walsh JJ, Barnes JD, Cameron JD, Goldfield GS, Chaput JP, Gunnell KE, et al. Associations between 24 hour movement behaviours and global cognition in US children: a cross-sectional observational study. *Lancet Child Adolesc Health.* (2018) 2:783–91. doi: 10.1016/S2352-4642(18)30278-5
 44. Foerster M, Thielens A, Joseph W, Eeftens M, Rössli M. A prospective cohort study of adolescents' memory performance and individual brain dose of microwave radiation from wireless communication. *Environ Health Perspect.* (2018) 126:077007. doi: 10.1289/EHP2427
 45. Sage C, Burgio E. Electromagnetic fields, pulsed radiofrequency radiation, and epigenetics: how wireless technologies may affect childhood development. *Child Dev.* (2018) 89:129–36. doi: 10.1111/cdev.12824
 46. Choi KH, Ha M, Ha EH, Park H, Kim Y, Hong YC, et al. Neurodevelopment for the first three years following prenatal mobile phone use, radio frequency radiation and lead exposure. *Environ Res.* (2017) 156:810–17. doi: 10.1016/j.envres.2017.04.029
 47. Byun YH, Ha M, Kwon HJ, Hong YC, Leem JH, Sakong J, et al. Mobile phone use, blood lead levels, and attention deficit hyperactivity symptoms in children: a longitudinal study. *PLoS ONE.* (2013) 8:e59742. doi: 10.1371/journal.pone.0059742
 48. Meo SA, Almahmoud M, Alsultan Q, Alotaibi N, Alnajashi I, Hajjar WM. Mobile phone base station tower settings adjacent to school buildings: impact on students' cognitive health. *Am J Mens Health.* (2018) 13:1557988318816914. doi: 10.1177/1557988318816914
 49. Pall ML. Microwave frequency electromagnetic fields (EMFs) produce widespread neuropsychiatric effects including depression. *J Chem Neuroanat.* (2016) 75:43–51. doi: 10.1016/j.jchemneu.2015.08.001
 50. Deniz OG, Suleyman K, Mustafa BS, Terzi M, Altun G, Yurt KK, et al. Effects of short and long term electromagnetic fields exposure on the human hippocampus. *J Microsc Ultrastruct.* (2017) 5:191–7. doi: 10.1016/j.jmau.2017.07.001
 51. Eghlidospour M, Amir G, Seyyed MJM, Hassan A. Effects of radiofrequency exposure emitted from a GSM mobile phone on proliferation, differentiation, and apoptosis of neural stem cells. *Anatomy Cell Biol.* (2017) 50:115–23. doi: 10.5115/acb.2017.50.2.115
 52. Aldad TS, Gan G, Gao XB, Taylor HS. Fetal radiofrequency radiation from 800–1900 MHz-rated cellular telephone affects neurodevelopment and behavior in mice. *Sci Rep.* (2012) 2:312. doi: 10.1038/srep00312
 53. Huber R, Treyer V, Borbély AA, Schuderer J, Gottselig JM, Landolt HP, et al. Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG. *J Sleep Res.* (2002) 11:289–95. doi: 10.1046/j.1365-2869.2002.00314.x
 54. Huber R, Treyer V, Schuderer J, Berthold T, Buck A, Kuster N, et al. Exposure to pulse-modulated radio frequency electromagnetic fields affects regional cerebral blood flow. *Eur J Neurosci.* (2005) 21:1000–6. doi: 10.1111/j.1460-9568.2005.03929.x
 55. Volkow ND, Tomasi D, Wang GJ, Vaska P, Fowler JS, Telang F, et al. Effects of cell phone radiofrequency signal exposure on brain glucose metabolism. *JAMA.* (2011) 305:808–13. doi: 10.1001/jama.2011.186
 56. Kostoff RN, Lau CGY. Combined biological and health effects of electromagnetic fields and other agents in the published literature. *Technol Forecast Soc Change.* (2013) 80:1331–49. doi: 10.1016/j.techfore.2012.12.006
 57. Adams JA, Galloway TS, Mondal D, Esteves SC, Mathews F. Effect of mobile telephones on sperm 421 quality: a systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* (2014) 70:106–12. doi: 10.1016/j.envint.2014.04.015
 58. Houston BJ, Nixon B, King BV, De Iulius GN, Aitken RJ. The effects of radiofrequency electromagnetic radiation on sperm function. *Reproduction.* (2016) 152:R263–76. doi: 10.1530/REP-16-0126
 59. Kesari KK, Agarwal A, Henkel R. Radiations and male fertility. *Reprod Biol Endocrinol.* (2018) 16:118. doi: 10.1186/s12958-018-0431-1
 60. Rago R, Salacone P, Caponecchia L, Sebastianelli A, Marcucci I, Calogero AE, et al. The semen quality of the mobile phone users. *J Endocrinol Invest.* (2013) 36:970–4. doi: 10.3275/8996
 61. Zhang G, Yan H, Chen Q, Liu K, Ling X, Sun L, et al. Effects of cell phone use on semen parameters: results from the MARHCS cohort study in Chongqing, China. *Environ Int.* (2016) 91:116–21. doi:10.1016/j.envint.2016.02.028
 62. Gautam R, Singh KV, Nirala J, Murmu NN, Meena R, Rajamani P. Oxidative stress-mediated alterations on sperm parameters in male Wistar rats exposed to 3G mobile phone radiation. *Andrologia.* (2019) 51:e13201. doi: 10.1111/and.13201
 63. BioInitiative Working Group. A Rationale for Biologically-Based Exposure Standards for Low-Intensity Electromagnetic Radiation. BioInitiative. (2012) Online verfügbar unter: <https://www.bioinitiative.org/> (letzter Zugriff am 25. August 2018).
 64. Belyaev I. Dependence of non-thermal biological effects of microwaves on physical and biological variables: implications for reproducibility and safety standards. In: Giuliani L, Soffritti M, Hrsg. *Non-Thermal Effects and Mechanisms of Interaction Between Electromagnetic Fields and Living Matter*, Vol. 5. Bologna: Ramazzini Institute (2010). S. 187–218.
 65. Barnes F, Greenebaum B. Some effects of weak magnetic fields on biological systems: RF fields can change radical concentrations and cancer cell growth rates. In: *IEEE Power Electronics Magazine* 3, (März) (2016). S. 60–8.

66. Panagopoulos DJ, Johansson O, Carlo GL. Evaluation of specific absorption rate as a dosimetric quantity for electromagnetic fields bioeffects. *PLoS ONE*. (2013) 8:e62663. doi: 10.1371/journal.pone.0062663
67. Ying L, Héroux P. Extra-low-frequency magnetic fields alter cancer cells through metabolic restriction. *Electromagn Biol Med* (2013) 33:264–75. doi: 10.3109/15368378.2013.817334
68. Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M, et al. EUROPAEM EMF guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. *Rev Environ Health*. (2016) 31:363–97. doi: 10.1515/reveh-2016-0011
69. Heuser G, Heuser SA. Functional brain MRI in patients complaining of electrohypersensitivity after long term exposure to electromagnetic fields. *Rev Environ Health*. (2017) 32:291–9. doi: 10.1515/reveh-2017-0014
70. Belpomme D, Hardell L, Belyaev I, Burgio E, Carpenter DO. Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: an international perspective. *Environ Pollut*. (2018) 242:643–58. doi: 10.1016/j.envpol.2018.07.019
71. Anonym. LTE Achieves 39% Market Share Worldwide. (2018). Online verfügbar unter: <http://www.microwavejournal.com/articles/30603-lte-achieves> (letzter Zugriff am 29. September 2018).
72. Rappaport TS, Sun S, Mayzus R, Zhao H, Azar Y, Wang K, et al. Millimeter wave mobile communications for 5G cellular: it will work! *IEEE Access*. (2013) 1:335–49. doi: 10.1109/ACCESS.2013.2260813
73. Beltzalel N, Ben Ishai P, Feldman Y. The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not? *Environ Res*. (2018) 163:208–16. doi: 10.1016/j.envres.2018.01.032
74. Russell CL. 5G wireless telecommunications expansion: public health and environmental implications. *Environ Res*. (2018) 165:484–95. doi: 10.1016/j.envres.2018.01.016
75. Federal Communication Commission. Radio Frequency Safety 13–39 Section 112.37. First Report and Order March 29, 2013 (2013). Online verfügbar unter: https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-13-39A1.pdf (letzter Zugriff am 25. August 2018).
76. Alster N. Captured Agency: How the Federal Communications Commission Is Dominated by the Industries It Presumably Regulates [Eine Behörde ist gefangen: wie die Federal Communications Commission durch die Industriezweige beherrscht wird, die sie angeblich regulieren soll]. Cambridge, MA: Edmond J. Safra Center for Ethics Harvard University (2015).
77. Institute of Electrical and Electronic Engineers. (IEEE) IEEE c95.1 IEEE Standard for Safety Levels with respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz. (1991) Online verfügbar unter: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1626482/> (letzter Zugriff am 25. August 2018).
78. Environmental Health Trust. Database of Worldwide Policies on Cell Phones, Wireless and Health (2018) Online verfügbar unter: <https://ehtrust.org/policy/international-policy-actions-on-wireless/> (letzter Zugriff am 25. August 2018).
79. Leach V, Weller S, Redmayne M. Database of bio-effects from non-ionizing radiation. A novel database of bio-effects from non-ionizing radiation. *Rev Environ Health*. (2018) 33:273–80. doi: 10.1515/reveh-2018-0017
80. EMF Portal der Universitätsklinik RWTH Aachen. (2018). Online verfügbar unter: <https://www.emf-portal.org> (letzter Zugriff am 10. Oktober 2018).
81. CDPH. CDPH Issues Guidelines on How to Reduce Exposure to Radio Frequency Energy from Cell Phones. (2017) Online verfügbar unter: <https://www.cdph.ca.gov/Programs/OPA/Pages/NR17-086.aspx> (letzter Zugriff am 25. August 2018).
82. Connecticut Department of Public Health. Cell Phones: Questions and Answers about Safety. (2017) Online verfügbar unter: https://portal.ct.gov/-/media/Departments-and-Agencies/DPH/dph/environmental_health/eoha/Toxicology_Risk_Assessment/050815CellPhonesFINAL.pdf?la=en (letzter Zugriff am 25. August 2018).
83. Massachusetts, United States of America. Legislative Update on Bills on Wireless and Health. (2017) Online verfügbar unter: <https://ehtrust.org/massachusetts-2017-bills-wireless-health/> (letzter Zugriff am 25. August 2018).
84. Worcester School Committee Precautionary Option on Radiofrequency Exposure. (2017). Online verfügbar unter: http://wpsweb.com/sites/default/files/www/school_safety/radio_frequency.pdf (letzter Zugriff am 25. August 2018).
85. Samuel H. The Telegraph. France to Impose Total Ban on Mobile Phones in Schools. (2018). Online verfügbar unter: <https://www.telegraph.co.uk/news/2017/12/11/france-impose-total-ban-mobile-phones-schools/> (letzter Zugriff am 25. August 2018).
86. Moskowitz JM. Berkeley Cell Phone “Right to Know” Ordinance. (2014). Online verfügbar unter: <https://ehtrust.org/policy/the-berkeley-cell-phone-right-to-know-ordinance> und unter: <https://www.saferemr.com/2014/11/berkeley-cell-phone-right-to-know.html> (letzter Zugriff am 29. September 2018).

Angaben zum Interessenkonflikt:

Die Autoren erklären hiermit, dass diese Arbeit ohne kommerzielle oder finanzielle Beziehungen entstanden ist, die als ein möglicher Interessenkonflikt ausgelegt werden könnten, obgleich im Anschluss an die Ausarbeitung dieser Arbeit Devra Davis eine beratende Tätigkeit für eine Rechtsvertretung aufgenommen hat, die Personen vertritt, die ihr Gliom der Strahlung von Mobiltelefonen zuschreiben.

Copyright © 2019 Miller, Sears, Morgan, Davis, Hardell, Oremus und Soskolne. Dies ist ein Open Access-Artikel, dessen Verbreitung unter die Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution-Lizenz (CC BY) fällt. Die uneingeschränkte Nutzung, Verbreitung oder Vervielfältigung in anderen Foren ist unter der Voraussetzung erlaubt, dass die ursprünglichen Autoren und Urheberrechtsinhaber benannt werden und die Originalveröffentlichung dieser Fachzeitschrift in Übereinstimmung mit anerkannten akademischen Standards richtig zitiert wird. Die Nutzung, Verbreitung oder Vervielfältigung ist nicht erlaubt, wenn die oben genannten Bedingungen nicht eingehalten werden.



ANHANG: BEISPIELE FÜR MAßNAHMEN ZUR REDUZIERUNG HOCHFREQUENTER STRAHLUNG

1. Mit Maßnahmen zur Reduzierung hochfrequenter Strahlung sollte man sich auf Schwangere, Säuglinge, Kinder, Jugendliche sowie auf Männer, die Vater werden möchten, konzentrieren.
2. Dabei soll die Exposition von Säuglingen und Kleinkindern gegenüber hochfrequenter Strahlung so viel wie möglich reduziert werden, vor allem bei den Geräten, die mit WLAN ausgestattet sind, wie zum Beispiel Babyphone, tragbare Geräte, Mobiltelefone, Tablets, etc.
3. Mobilfunkmasten und Small Cell-Antennen sollen möglichst nicht in der Nähe von Schulen und Wohnhäusern errichtet werden, so lange wie weitere Forschungsergebnisse und die Überarbeitung der bestehenden Grenzwerte noch ausstehen. In der Schule, zu Hause und am Arbeitsplatz ist der kabelgebundene Internetzugang zu bevorzugen. Es ist dringend davon abzuraten, WLAN-Router in Schulen, Vorschulen und Kitas einzusetzen, vielmehr sollten Netzwerke installiert werden, die den Internetzugang per Kabel oder Glasfaser gewährleisten.
4. Die Einstellungen der drahtlosen Geräte sollte so gewählt werden, dass sie nur strahlen wenn tatsächlich nötig, damit die Strahlenbelastung so gering wie möglich gehalten werden kann. Zum Beispiel sollte ein drahtloses Gerät nur als Erwiderung auf ein Funksignal Strahlung aussenden, z. B. wenn auf einen Router oder ein anderes Gerät zugegriffen, das Mobilteil eines Schnurlostelefon eingeschaltet oder die Sprach- oder Bewegungssteuerung aktiviert wird. Gut sichtbare Schalter sind hilfreich, um die drahtlosen Geräte leicht einschalten zu können, wenn man sie benötigt, und ebenso leicht ausschalten zu können, wenn man sie nicht mehr benötigt (z. B. WLAN während der Schlafenszeit).
5. Zulässige Strahlungsintensitäten in unmittelbarer Nähe von festen Sendeantennen sollten sich nach den Grenzwerten für die allgemeine Bevölkerung und nicht nach jenen am Arbeitsplatz richten.
6. Geltende Grenzwerte sollten dahingehend aktualisiert werden, dass sie auch vor nicht thermischen Wirkungen hochfrequenter Strahlung schützen. Diese Maßnahme sollte von allen Gesundheitsministerien und öffentliche Gesundheitsbehörden sowie den Regulierungsbehörden der Industrie umgesetzt werden. Die Festlegung von Grenzwerten sollte auf Messungen hochfrequenter Strahlung beruhen, die mit biologischen Wirkungen in Verbindung gebracht wurden (2).
7. Man sollte dafür sorgen, dass Empfehlungen bezüglich der Nutzung von Mobiltelefonen für Verbraucher leicht zu finden sind, zum Beispiel so wie sie in der Verordnung zum Informationsrecht vor Gefahren der Mobiltelefonstrahlung [Cell Phone „Right to Know“ Ordinance] der Stadt Berkeley, Kalifornien, verankert sind (86).
8. Die Bevölkerung sollte darauf hingewiesen werden, dass man, anstatt das Mobiltelefon an den Kopf zu halten, vorzugsweise die Textübertragung und auch die Freisprecheinrichtung nutzen sollte. Alternativ kann man das Mobiltelefon auch ohne Hände mit entsprechendem Zubehör bedienen. Ein Headset mit Luftschlauch zum Beispiel ermöglicht einen größeren Abstand zur Sendeantenne.
9. Wenn möglich sollten Mobiltelefone nicht direkt am Körper getragen werden (z. B. auf den Schreibtisch legen, in eine Handtasche oder einen Beutel oder in eine Halterung im Auto).
10. Der flächendeckende Ausbau von 5G (und allen anderen neuen Technologien) sollte hinausgeschoben werden, bis entsprechende Studien zur Unbedenklichkeit dieser Technologien durchgeführt werden konnten. Diese Technologien umfassen ein breites Spektrum an drahtlosen Geräten in Privathaushalten und öffentlichen Einrichtungen und selbstfahrenden Autos sowie die Installation der 5G-Antennen.
11. Ein Glasfaseranschluss fürs Internet sollte für alle zugänglich gemacht werden, wann und wo immer dies möglich ist – ob zu Hause, im Büro, in der Schule, im Warenhaus oder in der Fabrik.

GLOSSAR

ALARA	As Low a level As Reasonably Achievable (so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar)
APC	Annual percent change
CBTRUS	Central Brain Tumor Registry of the United States [zentrales Hirntumorregister in den Vereinigten Staaten]
EMF	elektromagnetische Felder
HF	hochfrequente Strahlung
IARC	International Agency for Research on Cancer (Internationale Agentur für Krebsforschung)
ICNIRP	International Commission on Non-ionizing Radiation (Internationale Kommission für den Schutz vor nicht ionisierender Strahlung)
INEP	International Network for Epidemiology in Policy (Internationales Netzwerk für Epidemiologie in der Politik)
KI	Konfidenzintervall
LTE	Long-Term Evolution
NTP	U.S. National Toxicology Program
OR	Odds Ratio
SAR	spezifische Absorptionsrate