

**Bewertung der rechtlichen Begrenzung von Mobil-
funkstrahlung unter Berücksichtigung umwelt- und
verbraucherschutzrechtlicher Aspekte**

B a c h e l o r a r b e i t

an der Hochschule für öffentliche Verwaltung und Rechtspflege (FH),
Fortbildungszentrum des Freistaates Sachsen
zum Erwerb des Hochschulgrades
Bachelor of Laws (LL.B.)

Vorgelegt von
Emily Kirsten
aus Geithain

Meißen, 31.03.2020

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	II
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	III
1 EINLEITUNG	1
2 GRENZWERTE BEIM MOBILFUNK.....	2
2.1 ARTEN ELEKTRISCHER UND MAGNETISCHER FELDER.....	2
2.2 MOBILFUNKSTRAHLUNG IN DER GESETZGEBUNG	3
2.2.1 <i>Europarechtliche Erfassung der Thematik</i>	4
2.2.2 <i>Darstellung der Regelungen der 26. BImSchV</i>	5
2.2.2.1 Anwendungsbereich.....	5
2.2.2.2 Zuständige Behörden	6
2.2.2.3 Grenzwertregelungen der 26. BImSchV	7
2.2.3 <i>Erfassung weiterer Rechtsgebiete</i>	8
2.2.3.1 Arbeitsschutz.....	9
2.2.3.2 Verbraucherschutz	10
2.3 PROBLEMPUNKT MOBILE ENDGERÄTE	12
3 RISIKEN DER MOBILFUNKSTRAHLUNG.....	13
3.1 GESUNDHEITLICHE RISIKEN	13
3.1.1 <i>Allgemeine gesundheitliche Risiken</i>	13
3.1.1.1 Thermische Effekte	14
3.1.1.2 Erhöhung des Krebsrisikos und der Tumorbildung	16
3.1.1.3 Beeinträchtigung der männlichen Reproduktionsorgane	18
3.1.1.4 Psychische Effekte.....	19
3.1.2 <i>Besondere Gruppen betroffener Personen</i>	20
3.1.2.1 Schwangere und Embryonen	21
3.1.2.2 Kinder und Jugendliche	22
3.1.2.3 Elektromagnetische Hypersensitivität.....	23
3.2 AUSWIRKUNGEN AUF FLORA UND FAUNA	24
4 VERMEIDUNGS- UND SCHUTZSTRATEGIEN DES BUNDES	27
4.1 VORSORGEMAßNAHMEN	27
4.2 SCHUTZSTRATEGIEN IM UMGANG MIT MOBILEN ENDGERÄTEN	29
4.3 UMWELTZEICHEN „BLAUER ENGEL“	30
4.4 SELBSTVERPFLICHTUNG DER MOBILFUNKNETZBETREIBER	31
5 AKTUELLE ENTWICKLUNG	33
5.1.1 <i>Die deutschen Mobilfunknetze im internationalen Vergleich</i>	33
5.1.2 <i>Aktueller Stand und gegenwärtige Netznutzung des deutschen Mobilfunknetzes</i>	35
5.1.2.1 LTE als Standard	36
5.1.2.2 Weitere Netze	37
5.1.2.3 5G als Zukunftsvision.....	38
a) Vorgehen im Ausbau	38
b) Stellungnahmen des BfS	40
c) Untersuchungen der Stiftung Warentest	40
6 ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG.....	43
KERNSÄTZE	46
ANHANGSVERZEICHNIS.....	V
LITERATURVERZEICHNIS	X
RECHTSQUELLENVERZEICHNIS	XVIII
EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG	V

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
°C	Grad Celsius
26. BImSchV	Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
4G	Mobilfunkstandards der vierten Generation
5G	Mobilfunkstandards der fünften Generation
a.a.O.	Am angegebenen Ort
ADHS	Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
AGImSchG	Ausführungsgesetz zum Bundes-Immissionsschutzgesetz und zum Benzinbleigesetz
A/m	Ampere pro Meter
Art.	Artikel
BEMFV	Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder
BfS	Bundesamt für Strahlungsschutz
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BRD	Bundesrepublik Deutschland
cm ²	Quadratcentimeter
DACH	Deutschland-Österreich-Schweiz
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V.
Dipl.-Ing.	Diplom-Ingenieur
Dr. rer. Pol.	doctor rerum politicarum (Doktor der Staatswissenschaften)
Ebd.	Ebenda
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EMFV	Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen

	durch elektromagnetische Felder
et al.	und andere
f	Frequenz
FDP	Freie Demokratische Partei
FUAG	Funkanlagen-gesetz
g	Gramm
GG	Grundgesetz
GHz	Gigahertz
GPRS	General Packet Radio Service
GS	Geprüfte Sicherheit
GSM	Global System for Mobile Communications
Hz	Hertz
IARC	International Agency for Research on Cancer
ICNIRP	International Commission on non-ionizing radiation protection
i.V.m.	in Verbindung mit
kHz	Kilohertz
kV/m	Kilovolt pro Meter
LTE	Long Term Evolution
m	Meter
MHz	Megahertz
MIMO	Multiple Input Multiple Output
min	Minute(n)
mW	Milliwatt
NTP	National Toxicology Program
ProdHaftG	Produkthaftungsgesetz
ProdSG	Produktsicherheitsgesetz
RKI	Robert Koch-Institut
S.	Seite
SAR	spezifische Absorptionsrate

SSK	Strahlenschutzkommission
T	Tesla
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
V/m	Volt pro Meter
Vgl.	Vergleiche
W	Watt
W/kg	Watt pro Kilogramm
WLAN	Wireless Local Area Network

1 Einleitung

Mobilfunk ist in unserer Gesellschaft eine nahezu allgegenwärtige Konstante geworden. Ob im beruflichen oder privaten Umfeld, mittlerweile nutzen rund 57 Millionen¹ Deutsche - das macht einen Prozentwert von 71,25% - ein sogenanntes Smartphone. Als Multifunktionsgeräte haben sie schon längst herkömmliche Kameras, MP3-Player und Computer abgelöst. Vor allem in jüngeren Altersgruppen - der Nutzeranteil in der Altersgruppe 14-49 liegt bei 95%² - sind sie kaum noch wegzudenken und lassen sich in nahezu jeder Hosen- und Handtasche finden.

Um all unsere Anfragen zu erfüllen und zu bewältigen, stehen Smartphones in einem kontinuierlichen Datenaustausch mit anderen mobilen Endgeräten und Sendemasten. Der Mensch befindet sich dadurch fast durchgängig innerhalb verschiedenster Strahlungsfelder. Dabei fordern wir immer mehr Schnelligkeit und bessere Verbindungen. Die Ergebnisse unserer Anfragen sollen uns, wenn möglich, sofort vorliegen und die Abwesenheit einer Internetverbindung wird, vor allem von Jugendlichen, als regelrechte Qual und Strafe empfunden. Selbst (Klein-)Kinder befinden sich nicht selten im unmittelbaren Besitz eines solchen Gerätes. Der kleine Sender ist fast immer und überall dabei. Doch birgt dies nicht auch Risiken?

Angesichts der steigenden Nutzerzahlen, dem kontinuierlichen Netzausbau und dem Fakt, dass Strahlung in den wenigsten Fällen gänzlich ungefährlich ist, hat auch die Bundesregierung den Regelungsbedarf erkannt. Seit 1997 gilt deswegen die 26. BImSchV, die im August 2013 novelliert wurde und die entsprechende Grenzwerte für Mobilfunkstrahlung fest schreibt.³

Allerdings ruft der aktuell angestrebte Netzausbau auf den Mobilfunkstandard der fünften Generation (5G) in einigen Teilen der Bevölkerung zu Diskussionen auf. Macht man sich allein die Mühe bei der mittlerweile ebenso allgegenwärtigen Suchmaschine „Google“ nach dem Stichwort „5G-Diskussion“ zu suchen, erhält man 888.000 Ergebnisse, die vor allem aus der Berichterstattung verschiedener lokaler und überregionaler Zeitungen und Zeitschriften bestehen. Oftmals wird hier die Frage nach möglichen gesundheitlichen Risiken gestellt. Doch warum ist dies so? Fehlt der Bevölkerung das Vertrauen in die gesetzlich geregelten Grenzwerte oder sind diese tatsächlich überholt und die Sorgen begründet. Diesen Aspekten soll unter Berücksichtigung amtlicher Stellungnahmen und verschiedener Studien im Verlauf dieser Bachelorarbeit nachgegangen werden.

¹ Vgl. Tenzer, Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland, 2018.

² Vgl. ebd.

³ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Grenzwerte für hochfrequente Felder, 2019.

2 Grenzwerte beim Mobilfunk

Sowohl die europäische Union (Vgl. Art. 3 I, V EUV, Art. 153 I a AEUV) als auch die Bundesrepublik Deutschland (Vgl. Art. 2 II GG, Recht auf körperliche Unversehrtheit) haben sich in gesetzlichen Regelungen dem Schutz ihrer Bürger und Einwohner, insbesondere der Arbeitnehmer verschrieben. Ein Teil dieser Vorsorge- und Schutzaufgabe ist dabei der Schutz vor gesundheitlichen Risiken wie sie beispielsweise auch durch elektromagnetische Felder auftreten können. Europarechtliche Richtlinien können dabei neue Maßstäbe setzen und die Mitgliedsstaaten zum Handeln zwingen, wobei diesen durchaus auch Spielraum für strengere gesetzliche Regelungen geboten wird. Um eine kritische Auseinandersetzung mit den derzeitigen Grenzwerten innerhalb der Bundesrepublik Deutschland zu ermöglichen, erfolgt dabei zunächst eine Betrachtung des Ist-Zustandes sowie eine Erläuterung der relevanten Fachbegriffe.

2.1 Arten elektrischer und magnetischer Felder

Die elektromagnetischen Felder sind Teil des sogenannten elektromagnetischen Spektrums (Vgl. Anhang 1: Abbildung „elektromagnetische Strahlung und Felder“) welches den gesamten Bereich der statischen und elektromagnetischen Felder sowie der optischen und sehr energiereichen Strahlung (Gammastrahlung, Röntgenstrahlung) umfasst. Der Oberbegriff „elektromagnetische Felder“ bezeichnet dabei den Teil des elektromagnetischen Spektrums zwischen den statischen elektrischen und magnetischen Feldern und der optischen Strahlung. Unter den Bezeichnungen elektrische und magnetische „Felder“ versteht man dabei „[...] die räumliche Verteilung einer Kraftwirkung, die auf elektrische Ladungen und Ströme ausgeübt werden kann.“⁴ Das elektrische Feld entsteht dabei durch die Anziehung zwischen zwei unterschiedlichen elektrischen Ladungen, welche positiv und negativ sein können, und ist in seiner Stärke abhängig von der anliegenden Spannung sowie dem Material der Körper und dem dazwischenliegenden Abstand. Elektrische Felder werden in Volt pro Meter (V/m) gemessen. Magnetische Felder können als Begleiterscheinung elektrischer Felder auftreten. Sie entstehen durch die Bewegung der elektrischen Ladung durch die Leitungen. Bei Erhöhung der Stromstärke erfolgt ebenfalls ein Anstieg der magnetischen Feldstärke. Diese wird üblicherweise in Tesla (T), der Einheit der magnetischen Flussdichte, angegeben.⁵ Elektrische und magnetische Felder sind Teil der nichtionisierenden Strahlung und können sowohl natürlich vorkommen, als auch auf künstliche Weise erzeugt werden. Der Unterschied zwischen nichtionisierender und ionisierender Strahlung besteht darin, dass die Photonen der nichtionisierenden Strahlung, anders als die Photonen

⁴ Bundesamt für Strahlenschutz, Was sind elektromagnetische Felder?, 2020.

⁵ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Elektrische und magnetische Felder der Stromversorgung, 2017.

der ionisierenden Strahlung, nicht genügend Energie aufweisen um Elektronen aus der Hülle von Molekülen und Atomen zu lösen und somit positiv geladene Teilchen, sogenannte Ionen, zu erzeugen.⁶

Der Bereich der elektromagnetischen Felder lässt sich weiter untergliedern in die Teilbereiche der niederfrequenten Felder, diese können an elektrischen Geräten und Leitungen vorliegen, und der hochfrequenten Felder, welche für die Datenübertragung im Mobilfunk oder WLAN verwendet werden. Der Bereich der niederfrequenten Felder findet sich dabei im Bereich einer Frequenz von 0 Hertz bis zu 100 Kilohertz (kHz) und der Bereich der hochfrequenten Felder zwischen 100 Kilohertz bis 300 Gigahertz (GHz). Wesentlich ist dabei, dass sowohl magnetische als auch elektrische Felder feste Bestandteile der beiden Teilbereiche sind. Der Unterschied liegt darin, dass im Bereich der niederfrequenten Felder eine separate Betrachtung der beiden Komponenten erfolgt, wohingegen diese im Bereich der hochfrequenten Felder so eng miteinander gekoppelt sind, dass eine einheitliche Betrachtung als „elektromagnetisches Feld“ vorgenommen wird. Ein weiterer Unterschied begründet sich in der Wirkung der Felder auf den menschlichen Organismus. Die Einwirkung niederfrequenter Felder erzeugt dabei elektrische Felder und Ströme im menschlichen Körper, wohingegen die hochfrequenten elektromagnetischen Felder die Freisetzung thermischer Energie und damit die Erwärmung biologischen Gewebes bedingen. Beide Feldarten sind dabei jedoch nicht energiereich genug, um eine direkte Schädigung des Erbmaterials zu erzeugen.⁷

2.2 Mobilfunkstrahlung in der Gesetzgebung

Wie bereits erwähnt, erkannte die Bundesregierung bereits in den 1990er Jahren den Handlungsbedarf und erließ die sogenannte „Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV)“ mit den darin enthaltenen Grenzwerten. Im Folgenden soll nun erläutert werden, in welcher Art und Weise die Regelungen ausgestaltet sind, auf welchen Grundlagen die Grenzwerte beruhen und welche Problematiken im Umgang mit diesen auftreten können.

⁶ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Was sind elektromagnetische Felder?, 2019.

⁷ Vgl. ebd.

2.2.1 Europarechtliche Erfassung der Thematik

Der Rat der Europäischen Union (EU) veröffentlichte zur entsprechenden Thematik bereits 1999 die „Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz - 300 GHz)“, sowie 2013 die „Richtlinie über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) (20. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/40/EG“. Unter Berücksichtigung bisher nachgewiesener Auswirkungen erfolgt dabei in beiden Empfehlungspapieren weitestgehend eine Übernahme der von der ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), ein „[...]interdisziplinär besetztes Gremium unabhängiger Expert*innen, die sich mit den Wirkungen und dem Schutz vor schädlichen Wirkungen elektromagnetischer Felder befassen und [...] als solches von der Weltgesundheitsorganisation formell anerkannt[...]“⁸ wurden, empfohlenen Basisgrenzwerte durch den wissenschaftlichen Lenkungsausschuss der Kommission.⁹

Den Mitgliedsstaaten steht es jedoch weiterhin zu, von den Empfehlungswerten des Rates und damit vom geschaffenen, gemeinsamen Rahmen abweichende, strengere und detailliertere Grenzwerte zu erlassen. Dabei soll jedoch eine kontinuierliche Abwägung gegenüber Vorteilen auf anderen Gebieten, beispielweise der Gesundheit und der öffentlichen Sicherheit sowie eine regelmäßige Überprüfung und Neubewertung der Grenzwerte erfolgen. Der gemeinsame Rahmen soll dabei vor allem dem Grundsatz des hohen Gesundheitsschutzniveaus, vor allem dem Schutz der Gesundheit der Arbeitnehmer und Verbraucher, Rechnung tragen. Jedoch erfolgt kein Ausschluss von Störproblemen bei medizinischen Geräten wie beispielsweise Herzschrittmachern, metallischen Prothesen oder ähnlichem.¹⁰

Um eine Vergleichbarkeit der von Mobilfunkgeräten ausgehenden Strahlungswerte zu ermöglichen, erließ die Kommission 2016 zudem einen Beschluss bezüglich der Abstandsregelung im Rahmen der Wertmessung der spezifischen Absorptionsrate (SAR). Der SAR-Wert gibt die Energieaufnahme des Körpers in Form der Umwandlung elektromagnetisch strahlender Felder in thermische Energie an (Vgl. 3.1.1.1 thermische Effekte) Dieser Beschluss bestimmt, dass der Abstand im Messvorgang zwischen Kör-

⁸ Open Knowledge Foundation Deutschland e.V., Grenzwerte Mobilfunk, 2019.

⁹ Vgl. RWTH Aachen, Grenzwerte im internationalen Bereich, 2019.

¹⁰ Vgl. Europäische Union, Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern (0Hz – 300 GHz), 1999.

per und Endgerät auf wenige Millimeter reduziert sein muss. Diese Regelung führte zu einem einheitlichen Abstand von 0,5cm.¹¹

Um im europäischen Kontext neben der Erfassung der Basisstationen in Form von Mobilfunksendern auch eine Erfassung mobiler Endgeräte, sogenannter Funksender, zu gewährleisten, trat 2016 die Funkanlagen-Richtlinie RED 2014/53/EU in Kraft und ersetzte damit die vorrangegangene Richtlinie RTTED 1999/5/EG. Die neue Funkanlagenrichtlinie erhöht dabei die „[...]Anforderungen an Funkanlagen wie Rundfunkempfänger für digitales Fernsehen und Radio, Mobiltelefone, Satellitenempfänger und jegliche Geräte, die WLAN, Bluetooth oder ZigBee verwenden.“¹² Durch die Regelung werden auch Funkempfängern regulatorische Mindestleistungsanforderungen, die diese zu erfüllen haben, sowie die Verpflichtung zum Test dieser auferlegt.¹³

2.2.2 Darstellung der Regelungen der 26. BImSchV

Die 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) enthält Grenzwerte die den Schutz der Bevölkerung vor, von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern ausgehenden, gesundheitlichen Risiken sicherstellen soll. Sie stützt sich auf die Empfehlungen der ICNIRP, der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK) und der EU und wurde zuletzt im August 2013 novelliert.¹⁴

2.2.2.1 Anwendungsbereich

Die Regelungen zur Thematik des Mobilfunks finden sich in der „Sechszwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)“. Sie gilt, gemäß § 1 I S. 1 26. BImSchV „[...] für die Errichtung und den Betrieb von Hochfrequenzanlagen, Niederfrequenzanlagen und Gleichstromanlagen nach Absatz 2“. Wie bereits unter Punkt 2.1 „Arten elektrischer und magnetischer Felder“ erfasst, handelt es sich im Bereich der Mobilfunkstrahlung um elektromagnetische Felder, die Frequenzen in den Bereichen zwischen 700 MHz und 3,6 GHz nutzen und sich somit den hochfrequenten Feldern zurechnen lassen.¹⁵ Weiterhin müsste zur Eröffnung des Geltungsbereichs das Tatbestandsmerkmal der ortsfesten Anlage gegeben sein. Da Mobilfunkmasten und Sendestationen im Regelfall fest mit dem Boden verankert sind, ist das Merkmal der Ortsfestigkeit als gegeben anzunehmen.

¹¹ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Blauer Engel: so viele Mobiltelefone könnten damit ausgezeichnet werden, 2019.

¹² Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, Ready for Red?, 2020.

¹³ Vgl. ebd.

¹⁴ Bundesamt für Strahlenschutz, Grenzwerte für hochfrequente Felder, 2019.

¹⁵ Vgl. Lichtblick Kommunikation, Welche Frequenzen nutzt der Mobilfunk in Deutschland?.

Der Anlagenbegriff findet sich in § 3 V BImSchG. Dieser umfasst „Betriebsstätten und sonstige ortsfeste Einrichtungen“ (Nr. 1), „Maschinen, Geräte und sonstige ortsveränderliche technische Einrichtungen sowie Fahrzeuge, soweit sie nicht der Vorschrift des § 38 unterliegen“ (Nr. 2) und ebenso „Grundstücke, auf denen Stoffe gelagert oder abgelagert oder Arbeiten durchgeführt werden, die Emissionen verursachen können, ausgenommen öffentliche Verkehrswege“ (Nr. 3). Da es sich im Falle der Mobilfunkmasten und Sendestationen um ortsfeste Einrichtungen handelt, ist lediglich Nr. 1 des § 3 V BImSchG als einschlägig anzusehen. Um den Anlagenbegriff des BImSchG zu erfüllen, muss jedoch weiterhin das ungeschriebene Tatbestandsmerkmal des Betreibers gegeben sein. Auch dieses ist hier zu unterstellen, da die entsprechenden Sendestationen im Regelfall von den betreibenden Mobilfunkgesellschaften errichtet werden.

2.2.2.2 Zuständige Behörden

Die zuständigen Behörden im betrachteten Themengebiet lassen sich nach ihren Aufgaben und damit auch ihren Zuständigkeitsgebieten in zwei Kategorien unterteilen.

Die Zuständigkeit für den Vollzug der Aufgaben richtet sich innerhalb des Freistaates Sachsen nach den Regelungen des AGImSchG. Gemäß § 1 AGImSchG sind Immissionsschutzbehörden

1. „das Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft als oberste Immissionsschutzbehörde,
2. die Landesdirektion Sachsen als obere Immissionsschutzbehörde,
3. die Landkreise und Kreisfreien Städte als untere Immissionsschutzbehörden,
4. das Sächsische Oberbergamt in Angelegenheiten, die der Bergaufsicht unterliegen,
5. das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie als besondere Immissionsschutzbehörde.“

Ihnen obliegt gemäß § 2 I S. 1 AGImSchG die Ausführung der Regelungen des BImSchG und der auf dessen Grundlage erlassenen Verordnungen. Wie bereits erörtert sind die Tatbestandsmerkmale zur Eröffnung des Anwendungsbereiches, das Vorliegen einer ortsfesten Hochfrequenzanlage und eines Betreibers, gegeben. Somit sind sowohl die Voraussetzungen des § 3 V BImSchG als auch des § 1 II Nr. 1 und I S. 1 26. BImSchV erfüllt. Der Anwendungsbereich ist eröffnet und die eingangs genannten Behörden sind für den Vollzug der Aufgaben zuständig.

Die zweite Gruppe der zuständigen Behörden ergibt sich aus der Gesetzgebungskompetenz und ist für die Erlassung der entsprechenden Grenzwerte zuständig.

Gemäß §48 a I BImSchG ist hierbei die Bundesregierung dazu ermächtigt, entsprechende Immissions- und Emissionswerte, damit verbundene Ermittlungs- und Messverfahren sowie Maßnahmen zur Werteeinhaltung zu erlassen, sofern diese dem Schutz des in §1 BImSchG genannten Zweckes dienen. Zum Erlass entsprechender allgemeiner Verwaltungsvorschriften sind zudem nach §48 I Nr. 1, 2, 6 i.V.m. §51 BImSchG die beteiligten Kreise anzuhören und die Zustimmung des Bundesrates einzuholen. Im Rahmen der Anhörung ist dabei gemäß § 51 BImSchG „[...]ein jeweils auszuwählender Kreis von Vertretern der Wissenschaft, der Betroffenen, der beteiligten Wirtschaft, des beteiligten Verkehrswesens und der für den Immissionsschutz zuständigen obersten Landesbehörden zu hören.“

2.2.2.3 Grenzwertregelungen der 26. BImSchV

Die 26. BImSchV legt Grenzwerte für Hochfrequenz-, Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen fest. Da Mobilfunkanlagen den Hochfrequenzanlagen zuzuordnen sind, werden sowohl Niederfrequenz- als auch Gleichstromanlagen im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Hochfrequenzanlagen, die eine äquivalente isotrope Strahlungsleistung von mind. 10 Watt (W) aufweisen, sind gemäß § 2 26. BImSchV, zur Eindämmung der Gefahr schädlicher Umwelteinwirkungen, an Orten die dem dauerhaften oder temporären Aufenthalt von Menschen dienen so zu errichten, dass die maximale betriebliche Anlagenauslastung nicht zu einer Überschreitung der in Anhang 1a und 1b 26. BImSchV geregelten Grenzwerte führt. Ebenso ist in dieser Hinsicht das Hinzukommen weiterer Immissionsbeiträge durch andere Hoch- und Niederfrequenzanlagen, geregelt im Anhang 2 26. BImSchV, zu berücksichtigen. Dieser betrifft Hochfrequenzanlagen, deren äquivalente isotrope Strahlungsleistung weniger als 10 W beträgt, die aber an einem Standort im Sinne des § 2 Nr. 3 BEMFV, „[...]ein Installationsort, an dem eine ortsfeste Funkanlage errichtet wurde oder errichtet werden soll; zum Standort gehören alle Funkanlagen, die auf demselben Mast oder in unmittelbarer Nähe (die Sicherheitsabstände der einzelnen Antennen überschneiden sich) voneinander betrieben werden[...]“ errichtet werden sollen, wenn die Möglichkeit besteht, dass die dortige Gesamtstrahlungsleistung bereits mehr als 10 W betragen könnte, oder dieser Wert nach Installation der zusätzlichen Anlage erreicht, oder sogar überschritten werden könnte. Ausgenommen von der Regelung sind Hochfrequenzanlagen, deren äquivalente isotrope Strahlungsleistung weniger als 100 Milliwatt (mW) beträgt. Gepulste elektromag-

netische Felder richten sich hingegen nach den Regelungen des Anhangs 3 26. BImSchV.¹⁶

Gängige Mobilfunkstandards wie Long Term Evolution (LTE), Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) und Global System for Mobile Communications (GSM), aber auch zukünftig Mobilfunkstandards der fünften Generation (5G) senden regulär mit Frequenzen (f) ab ca. 800 MHz.¹⁷ Die Grenzwerte nach Anhang 1a betragen entsprechend für die elektrische Feldstärke 0,083 Kilovolt pro Meter (kV/m) sowie 27 Mikrottesla für die magnetische Flussdichte. Bei einer quadratischen Ermittlung der Grenzwerte über 6-Minuten-Intervalle, entsprechend Anhang 1b, ergeben sich dabei für Frequenzen im Bereich von 400-2000 MHz ein Grenzwert für die elektrische Feldstärke von $1,375 f^{1/2}$ Volt pro Meter (V/m) sowie ein Grenzwert für die magnetische Feldstärke in Höhe von $0,0037 f^{1/2}$ Ampere pro Meter (A/m). Senden die Anlagen in einem Bereich ab 2000 bis 300 000 Mhz, steigen die Grenzwerte auf 61 V/m für die elektrische Feldstärke und auf 0,16 A/m für die magnetische Feldstärke an.¹⁸

Sind die betrachteten hochfrequenten Felder jedoch gepulst, so sind weiterhin die Regelungen des Anhangs 3 26. BImSchV zu beachten. Demnach dürfen gepulste elektromagnetische Felder mit einer Frequenz im Bereich von 10 MHz bis 300 GHz - dieser Bereich betrifft die für den Mobilfunk gängigen Frequenzbänder - die Spitzenwerte des Anhangs 1b 26. BImSchV sowohl für die elektrische, als auch für die magnetische Feldstärke maximal um das 32-fache des Ausgangswertes überschreiten.¹⁹

2.2.3 Erfassung weiterer Rechtsgebiete

Als Bestandteil des täglichen Lebens sind hochfrequente elektromagnetische Felder nicht nur rein umweltrechtlich zu betrachten. Durch die alltägliche Nutzung durch die Bevölkerung ist beispielsweise der Verbraucherschutz zu bemühen. Ebenso finden sich an diversen Arbeitsplätzen teilweise erhöhte Strahlungsexpositionen, wodurch eine Berücksichtigung in den Regelungen des Arbeitsschutzes notwendig wird.

¹⁶ Vgl. §2 I 26. BImSchV.

¹⁷ Vgl. Lichtblick Kommunikation, Welche Frequenzen nutzt der Mobilfunk in Deutschland?.

¹⁸ Vgl. Anhang 1a, 1b 26. BImSchV.

¹⁹ Vgl. Anhang 3 26. BImSchV.

2.2.3.1 Arbeitsschutz

Zur Umsetzung der europäischen Arbeitsschutzrichtlinie vom 23. Juni 2013 trat am 19.11.2016 die Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch elektromagnetische Felder (Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern - EMFV) in Kraft.²⁰ Sie gilt „[...]zum Schutz der Beschäftigten bei der Arbeit vor tatsächlichen oder möglichen Gefährdungen ihrer Gesundheit und Sicherheit durch Einwirkung von elektromagnetischen Feldern.“²¹ Jedoch gilt diese Schutzvorschrift nur für die durch Kurzeiteinwirkung hervorgerufenen Schäden und nicht für die bislang noch unbekanntes Folgen der Langzeiteinwirkung.²²

Sind die Arbeitnehmer hochfrequenten elektromagnetischen Feldern innerhalb des Frequenzbereiches von 100 kHz bis 300 GHz ausgesetzt, so ist gemäß §§ 15 ff EMFV durch den Arbeitgeber zu gewährleisten, dass die Expositionsgrenzwerte der spezifischen Absorptionsrate und der Leistungsdichte eingehalten und die nach § 6 EMFV vorgeschriebenen Maßnahmen zur Gefährdungseindämmung und –ausschließung umgesetzt sind. Ebenso ist vorab eine Gefährdungsbeurteilung nach § 3 EMFV durchzuführen.

Die Grenzwerte für die spezifische Absorptionsrate liegen dabei bei 0,4 Watt pro Kilogramm (W/kg) für den Ganzkörpermittelwert, bei 10 W/kg für die lokale SAR-Wärmebelastung an Kopf und Rumpf sowie bei 20 W/kg für die lokale SAR-Wärmebelastung für Gliedmaßen. Sie sind über einen Zeitraum von 6 Minuten und für lokale Werte zusätzlich über 10g zusammenhängendes Körpergewebe zu ermitteln. Der Grenzwert für die Leistungsdichte liegt bei 50 Watt pro Quadratmeter. Diese wird im Bereich von 6GHz bis 10 GHz über Sechs-Minuten-Intervalle und im Bereich über 10 GHz über ein beliebiges Zeitfenster von je $68/f^{1,05}$ -Minuten (f steht dabei für die Frequenz in GHz) ermittelt. Die Ermittlung der Leistungsdichte erfolgt über ein 20 Quadratzentimeter (cm²) großes Flächenelement. Im Gegensatz dazu wird die maximale örtliche Leistungsdichte über ein Flächenelement von 1cm² gemittelt. Diese darf dann jedoch das 20-fache des Grenzwertes und somit den Wert von 1 kW/m² nicht überschreiten.²³

Weiterhin finden sich im Rahmen des Arbeitsschutzes auch Regelungen der deutschen gesetzlichen Unfallversicherung. Die DGUV Vorschrift 15 – Unfallverhütungsvorschrift Elektromagnetische Felder vom 1. Juni 2001 definiert dabei folgende vier Expositions-

²⁰ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Arbeitsschutz, 2019.

²¹ §1 I EMFV.

²² Vgl. §1 II, III Nr. 2 EMFV.

²³ Vgl. Anhang 3, 1. Expositionswerte, Tabellen A3.1, A3.2 EMFV.

bereiche für die sich die Regelungen hinsichtlich der Grenzwerte, der Aufenthaltsdauer und sonstiger Maßgaben unterscheiden:

- „[...] Expositionsbereich 2 (allgemein zugänglicher Bereich ohne sonstige Einschränkungen),
- Expositionsbereich 1 (zum Beispiel kontrollierter Bereich, in dem eine Exposition oberhalb der zulässigen Werte von Expositionsbereich 2 nur vorübergehend erfolgt),
- Bereich erhöhter Exposition (kontrollierter Bereich, in dem die Werte des Expositionsbereichs 1 überschritten werden) und
- Gefahrenbereich (kontrollierter Bereich, in dem die Werte für Bereiche erhöhter Exposition überschritten werden).“²⁴

Lediglich im Expositionsbereich 2 sind dabei im beruflichen Umfeld keine Feldstärken zulässig, die die Grenzwerte der 26. BImSchV überschreiten.²⁵

Da hochfrequente elektromagnetische Felder eine Beeinflussung der Gesundheit der Träger aktiver oder passiver Körperhilfsmittel (z.B. Herzschrittmacher) bedingen können, sind für diese gegebenenfalls besondere Vorsichtsmaßnahmen zu veranlassen. Hierfür bedarf es jedoch zunächst der Kenntnis des Arbeitgebers über diesen Zustand und somit der Information durch den betroffenen Mitarbeiter.²⁶

2.2.3.2 Verbraucherschutz

Die Regelungen des Verbraucherschutzes lassen sich in allgemeine und spezifische Regelungen unterteilen.

Zu den allgemeineren Regelungen lassen sich im Rahmen des Mobilfunks das Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) und das Produkthaftungsgesetz (ProdHaftG) zählen. Gemäß § 1 I, II ProdSG gilt dieses Gesetz, „[...] wenn im Rahmen einer Geschäftstätigkeit Produkte auf dem Markt bereitgestellt, ausgestellt oder erstmals verwendet werden [und ebenso] für die Errichtung und den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen, die gewerblichen oder wirtschaftlichen Zwecken dienen oder durch die Beschäftigte gefährdet werden können.“²⁷ Mit dieser Regelung werden somit sowohl Mobiltelefone, als auf dem Markt verfügbare Produkte, als auch Basisstationen, als überwachungsbedürftige Anlagen gewerblicher oder wirtschaftlicher Zwecke, erfasst. Es erfolgt kein Ausschluss einer dieser Komponenten nach § 1 II Nr. 1-3, III ProdSG. Das ProdSG regelt dabei unter anderem die Anforderungen, die vor Bereitstellung eines

²⁴ Bundesamt für Strahlenschutz, Arbeitsschutz, 2019.

²⁵ Vgl. ebd.

²⁶ Vgl. ebd.

²⁷ §1 I, II ProdSG.

Produktes auf dem Markt erfüllt werden müssen, die Informations- und Meldepflichten, die Marktüberwachung, die GS-Kennzeichnung aber auch die entsprechenden Bußgeldvorschriften. Kommt es durch ein Produkt zu Sachschädigung oder der Schädigung von Körper, Gesundheit oder Leben einer Person so eröffnet sich der Anwendungsbereich des ProdHaftG.²⁸ Das Gesetz regelt dabei die Ansprüche des Verbrauchers im Schadensfall.

Konkretere Regelungen zum Verbraucherschutz im Rahmen der Nutzung des Mobilfunks finden sich in der Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber (Vgl. 4.4 Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber) Die Thematik „Verbraucherschutz und Verbraucherinformation“ stellt in dieser Erklärung einen der Gliederungsschwerpunkte dar und beinhaltet folgende Zusicherungen durch die Mobilfunknetzbetreiber:

- kein Vertrieb von Mobiltelefonen die nicht den, von der ICNIRP empfohlenen und von der Europäischen Union übernommenen Grenzwerten entsprechen
- Unterstützung der Initiative der Herstellerunternehmen, im Rahmen verbesserter Verbraucherinformationen SAR-Wertangaben in verbraucherfreundlicher Form zu veröffentlichen
- Drängung der Hersteller auf Verbraucherfreundlichkeit und Transparenz des Informationsangebotes, vor allem im Rahmen der SAR-Werte, um eine Berücksichtigung vor oder während der Kaufentscheidung zu ermöglichen
- Drängung der Hersteller zum verstärkten Markteinführung von Mobiltelefonen mit geringem SAR-Wert
- Drängung der Hersteller zur Einführung eines Qualitätssiegels Mobiltelefone mit besonders geringem SAR-Wert
- Bei eigenem Vertrieb von Mobiltelefonen Angabe der bereits genannten Informationen
- Verstärktes Angebot von Mobiltelefonen mit geringem SAR-Wert.²⁹

Regelmäßig durchgeführte Gutachten und Einschätzungen sollen die Umsetzung dieser Zusicherungen im Rahmen des Monitorings überprüfen und dokumentieren.³⁰

²⁸ Vgl. §1 I S.1 ProdHaftG.

²⁹ Vgl. Detemobil Deutsche Telekom GmbH et al., Maßnahmen zur Verbesserung von Sicherheit und Verbraucher-, Umwelt- und Gesundheitsschutz, Information und Vertrauensbildende Maßnahmen beim Ausbau der Mobilfunknetze, 2001, S. 6-7.

³⁰ Vgl. ebd., S.9.

2.3 Problempunkt mobile Endgeräte

Wie bereits festgestellt, gelten die Regelungen der 26. BImSchV nur für ortsfeste Sendeanlagen mit einer äquivalenten isotropen Strahlungsleistung von mindestens 100 mW. Zwar können mobile Endgeräte in den gängigen Mobilfunkstandards eine maximale Leistung von 2 Watt³¹ erreichen, doch aufgrund der Ortsveränderlichkeit werden sie nicht von den Regelungen der 26. BImSchV erfasst. Die gesetzlichen Grenzwerte dieser Regelung gelten somit nicht für diese mobilen Hochfrequenzsender. Da sich die Geräte und vor allem deren Antenne jedoch oftmals in unmittelbarer Nähe zum menschlichen Körper befinden, dieser eine Rückwirkung auf die Sendevorrichtung hat und zudem die Energie des elektromagnetischen Feldes aufnehmen kann, ist eine Begrenzung der Leistungsaufnahme, neben der Begrenzung der elektrischen und magnetischen Feldstärken, erforderlich. Diese Begrenzung wird über Empfehlungswerte, empfohlen durch die ICNIRP und übernommen durch die Europäische Union und die deutsche Strahlenschutzkommission, zur Begrenzung und Verringerungen der spezifischen Absorptionsrate erzielt.³²

Als auf dem Markt bereitgestellte oder in Betrieb genommene Funkanlagen werden mobile Endgeräte zwar vom Funkanlagengesetz erfasst,³³ jedoch legt dieses selbst keine weiteren Grenzwerte fest.

Zur Eindämmung der von mobilen Endgeräten ausgehenden Strahlung und der möglicherweise davon ausgehenden Risiken bestehen somit lediglich die Empfehlungswerte zur Eindämmung der spezifischen Absorptionsrate und keine immissionsschutzrechtlichen Grenzwerte.

³¹ Vgl. Vodafone D2 GmbH, Technik mobiler Kommunikationssysteme, 2011.

³² Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Übersicht über das Vorkommen hochfrequenter Felder, 2019.

³³ Vgl. § 1 I FUAG.

3 Risiken der Mobilfunkstrahlung

Die Angst vor möglichen Risiken der Mobilfunkstrahlung innerhalb der Bevölkerung ist keine Seltenheit. In einigen Orten formieren sich deshalb Bürgerinitiativen und -bewegungen, die sich gegen den Bau neuer Funkmasten stark machen (Vgl. Anhang 2: Abbildung „Transparent der Initiative in Hopfgarten bei Bad Lausick“). Doch wie gefährlich ist diese Art der Strahlung wirklich? Diese Frage wurde bereits in vielen Studien aufgeworfen und noch nicht abschließend geklärt. Stark unterschiedliche Ergebnisse entstehen dabei vor allem durch unterschiedliche Messtechniken und Kategorisierungen.

3.1 Gesundheitliche Risiken

Auch das Transparent der Bürgerinitiative Hopfgarten spricht von einem Zusammenhang zwischen der Mobilfunkstrahlung und der menschlichen Gesundheit. In vielen Initiativen richten sich die Bedenken der Bürger, wie auch in Hopfgarten, gegen die Neuerrichtung oder den Ausbau der Mobilfunkbasisstationen. Dabei ist das Smartphone als mobile Sendevorrichtung ebenfalls nicht außer Acht zu lassen. Durch die Vielzahl der verschiedensten Mobilfunksender entsteht ein dichtes Netz aus sich überlagernden elektromagnetischen Feldern in dem sich der Mensch täglich bewegt. Dies könnte vor allem einen Einfluss auf bestimmte Risikogruppen, aber eben auch auf bislang völlig gesunde Menschen und die Entstehung verschiedenster Krankheitsbilder haben.

3.1.1 Allgemeine gesundheitliche Risiken

Dass elektromagnetische Felder auch auf natürliche Weise vorkommen und essentiell für unser Leben sind lässt sich an Menschen, Tieren und auch Pflanzen nachweisen. Sie sind wichtige Helfer im Bereich der interzellulären Kommunikation und der Stoffwechselforgänge. Was passiert aber wenn dieses Kommunikationsmedium durch das Einspeisen künstlicher Felder gestört wird? Durch konstant vorhandenen elektromagnetischen Stress kann es zu chronischen Schädigungen der Interzellulären Kommunikation kommen und daraus resultierend zu verschiedensten Krankheitsbildern. Die Verfasser des Internationalen Ärzteappells 2012 beschreiben dabei unter anderem das starke Ansteigen psychischer Erkrankungen, das immer frühere Auftreten von Schlaganfällen sowie Autismus, Tinnitus sowie Konzentrations- und Verhaltensstörungen.³⁴

Die Auswirkungen auf den menschlichen Organismus sind Gegenstand zahlreicher Studien und Untersuchungen. Diese werden sowohl von staatlichen, wissenschaftli-

³⁴ Vgl. Ärztegruppe der Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie e.V., Internationaler Ärzteappell 2012, 2012, S. 1.

chen als auch von zivilgesellschaftlichen Organisationen durchgeführt und/oder gefördert wobei es zu oftmals sehr unterschiedlichen Bewertungen desselben untersuchten Ursache-Wirkung-Zusammenhangs kommen kann (Vgl. Anhang 3: Abbildung „Wirkung auf die Gesundheit des Menschen“). Folgend sollen jene Krankheitsbilder und Effekte untersucht werden, denen sowohl wissenschaftlich als auch gesellschaftlich ein Großteil des Interesses zuteilwird. Kritisch ist dabei jedoch zu betrachten, dass die Durchführung der betrachteten Studien zu großen Teilen in Formen von Tierversuchen erfolgte. Eine direkte Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den menschlichen Organismus ist bislang oftmals nicht nachgewiesen.

3.1.1.1 Thermische Effekte

Wie bereits erläutert werden zur Übertragung von Daten und Sprache hochfrequente elektromagnetische Felder genutzt. Bei der Nutzung dieser Felder werden diese von den anliegenden Körperteilen aufgenommen und in thermische Energie umgewandelt. Der SAR-Wert stellt dabei den Messwert für diese Energieaufnahme dar.³⁵

Die thermischen Effekte gelten als allgemein anerkannt,³⁶ im Rahmen der empfohlenen Grenzwerte aber als unbedenklich. Mobiltelefone sollten dabei den Wert von 2 W/kg nicht überschreiten. Bis zu diesem Punkt erhöht sich die Temperatur örtlich am Gehirn um maximal 0,1 Grad Celsius (°C). Negative gesundheitliche Auswirkungen werden hingegen erst ab einer Erwärmung um ca. 1°C angenommen. Hierbei handelt es sich um „[...] erste Beeinträchtigungen von Körperfunktionen [...]“³⁷. Ab einer örtlichen Erwärmung des Körpergewebes über 41°C wird von ernsthaften Schädigungen ausgegangen. Die Grenzwerte liegen somit weit unter den kritischen Schwellenwerten. Die thermischen Effekte werden daraus resultierend als ungefährlich bewertet.³⁸

Der wohl bekannteste, durch thermische Einwirkungen beeinflusste, Effekt, die sogenannte „Geldrollenbildung“, erzielt dabei hohe Aufmerksamkeit,³⁹ ist jedoch weiterhin stark umstritten.

Der Geldrolleneffekt bezeichnet „[...] die perlschnurartige Aneinanderreihung von Erythrozyten [...]“⁴⁰, also roten Blutkörperchen. Die Kommission des Robert-Koch-Instituts (RKI) „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“ geht in ihrer 2006 veröffentlichten Empfehlung davon aus, dass der Effekt durch Adhäsionskräfte zwischen den roten Blutkörperchen hervorgerufen wird und im Regelfall als reversibel

³⁵ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Spezifische Absorptionsraten (SAR) von Handys, 2020.

³⁶ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Biologische Wirkungen hochfrequenter Felder durch Energieabsorption und Erwärmung, 2019.

³⁷ Lichtblick Kommunikation, Was versteht man unter thermischen Wirkungen elektromagnetischer Felder?.

³⁸ Vgl. ebd.

³⁹ Vgl. Prof. Dr. A. Lerchl und Dr. med. B. Heinzow, Parameter des roten Blutbildes bei Exposition durch Mobilfunkanlagen, 2006, S. 833.

⁴⁰ ebd. S., 834.

anzusehen ist. Wie stark sich der Effekt im untersuchten Blut nachweisen lässt ist dabei von dessen Fließeigenschaften, wie beispielsweise der Dehydrierung, dem Blutfettgehalt und dem Gerinnungsstatus abhängig. Man geht zudem davon aus, dass der Effekt auch externen Faktoren, wie beispielsweise mechanischen Einflüssen und der Art des Inkubationsmediums, unterliegt und durch diese beeinflusst wird. Aufgrund der erhöhten Störanfälligkeit des zum Nachweis verwendeten Versuchsablaufes, im Regelfall die mikroskopische Auswertung, sowie der intra- und interindividuellen Variabilität geht die RKI-Kommission davon aus, dass dieses Verfahren nicht als verlässlicher Nachweis für eine biologische Auswirkung des Mobilfunks herangezogen werden kann.⁴¹

Dementgegen stehen, an dieser Stelle als Beispiel geführt, die Ausführungen des Dipl.-Ing. und Heilpraktikers Hans Karl Barth und des, auch auf dem Gebiet der Environtologie tätigen, Dr. rer. pol. Manfred Mantel. Diese führten 2009 die Untersuchung der Blutprobe eines 38-Jährigen Probanden mittels der Dunkelfeldblutdiagnose durch, bei welcher die an Ohr oder Finger entnommene Blutprobe des Probanden unter einem speziellen Mikroskop mit seitlichem Lichteinfall und einer mind. 1000-fachen Vergrößerung untersucht wird⁴². Bei erstmaliger Untersuchung des Blutes vor Aussetzung einer Strahlungsexposition stellten die beiden Autoren dabei die freie Beweglichkeit und Elastizität der Erythrozyten fest. In geringem Maße vorliegende Verklebungen wurden einer leichten Übersäuerung zugeschrieben. Danach wurde der Proband für 15min der Strahlung eines, in 2,5m Entfernung aufgestellten, Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT)-Telefons ausgesetzt. Dieses sendete ein mit 100 Hz gepulstes Hochfrequenzfeld mit einem Frequenzbereich von 1880-1900 MHz aus. Den Autoren fiel bei der zweiten Untersuchung nach Aussetzung der Strahlungsexposition ein Verklumpen und Verkleben der Erythrozyten auf, dem sie als Folgen eine erhöhte Viskosität und geringere Mikrozirkulation und daraus resultierend einen geringeren Sauerstoffgehalt des Blutes und einen erhöhten Blutdruck zuschreiben. Weiterhin führen sie aus, dass die Zellen durch das einstrahlende Hochfrequenzfeld in eine Stressreaktion überführt werden. Der Zellstress resultiert daraufhin in einem säuerlichen Umschlag des Blut-pH-Wertes wodurch die Adhäsion zwischen den Erythrozyten begünstigt wird. Zwar schreiben auch diese Autoren dem Effekt eine Reversibilität zu doch gehen sie davon aus, dass diese bei Aussetzung einer Dauerbestrahlung entfallen kann.⁴³

⁴¹ Vgl. ebd., S. 834.

⁴² Vgl. Buschmann, Dunkelfelddiagnose nach Enderlein, 2019.

⁴³ Vgl. Barth, Blutkörperchen unter Hochfrequenz, 2017.

3.1.1.2 Erhöhung des Krebsrisikos und der Tumorbildung

Die mögliche Karzinogenität der Mobilfunkstrahlung ist wohl eine der populärsten und am stärksten umstrittenen Auswirkungen der Strahlungsexposition. Die IARC, kurz für „international agency for research on cancer“, stufte hochfrequente elektromagnetische Felder bereits 2011 als Karzinogene der Gruppe 2B – „möglicherweise krebserregend“ – ein⁴⁴. Dieser Mittelweg stellt dabei weder für die vor allem aus der Wissenschaft kommenden Befürworter der These noch für deren, vor allem aus den Reihen der ICNIRP und dem BfS kommenden, überzeugte Gegner eine zufriedenstellende Lösung dar.

In den vergangenen Jahren erhielt die Thematik durch die Veröffentlichung der Ergebnisse der NTP-Studie und der Ramazzini-Studie neue Diskussionsgrundlagen. Vor allem die NTP-Studie, ihr wird uneingeschränkt die Erfüllung höchster wissenschaftlicher Standards zugebilligt.⁴⁵, weckte dabei weitreichendes öffentliches Interesse und bestätigte die Ergebnisse der 1992 veröffentlichten Studie zur Langzeitexposition von Ratten gegenüber gepulster Mikrowellenstrahlung, durchgeführt von Chou et al.⁴⁶ Zwar bestehen zwischen den Studien methodische Unterschiede doch sie weisen übereinstimmende Ergebnisse vor.⁴⁷

In der NTP-Studie wurden die Ratten in verschiedene Versuchsgruppen eingeteilt. Eine Kontrollgruppe, Versuchstiere der Gruppe 1 mit einem Ganzkörper-SAR-Wert von 1,5 W/kg und damit innerhalb des gesetzlichen Grenzwertes innerhalb der Bundesrepublik Deutschland, Versuchstiere der Gruppe 2 mit einem Ganzkörper-SAR-Wert von 3 W/kg und Versuchstiere der Gruppe 3 mit einem Ganzkörper-SAR-Wert von 6 W/kg. Bei, vor allem männlichen Tieren, der Versuchsgruppe 2 wurden die höchste allgemeine Krebsrate (42% bei einer GSM-Strahlung mit 900 MHz) sowie die höchste allgemeine Tumorraten (87% bei GSM-Strahlung) festgestellt. Im Vergleich dazu lag, bei den Tieren der Kontrollgruppe, die niedrigste allgemeine Krebsrate bei 27% und die niedrigste allgemeine Tumorraten bei 63%. Die männlichen Tiere der Versuchsgruppe 1 hatten mit 76% bei GSM-Strahlung und 54% in der Kontrollgruppe zudem signifikant erhöhte Raten gutartiger Primärtumore. Im Vergleich dazu kam die Studie von Chou et al. zu folgenden Ergebnissen: Nach der täglich 21,5 Stunden andauernden und über 25 Monate andauernden Bestrahlung von Ratten ab dem Lebensalter von acht Wochen mit einer

⁴⁴ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Einstufung hochfrequenter elektromagnetischer Felder durch die IARC, 2019.

⁴⁵ Vgl. Hardell et al., Mobilfunkstrahlung und Krebs: Die Ergebnisse der NTP-Studie und die Gesamtstudienlage, 2018.

⁴⁶ Vgl. Diagnose Funk e.V., Professor James C. Lin: Die NTP-Studie weist das Krebspotential der Mobilfunkstrahlung nach, 2020.

⁴⁷ Vgl. Lin, Die Bedeutung von Primärtumoren in der NTP-Studie zur Langzeitexposition von Ratten gegenüber Mobilfunkstrahlung, 2020.

gepulsten Mikrowellenstrahlung der Frequenz von 2450MHz, einer Leistung von 0,144W, gepulst mit 800 MHz, welche bei den Tieren zu einem Ganzkörper-SAR-Wert von 0,15 bis 0,4W/kg führte, ließen sich nach Eintritt des Todes signifikante Anstiege im Bereich der Primärtumoren beobachten. 18 von 100 Tieren der bestrahlten Gruppe wiesen dabei entsprechende Zellwucherungen auf. Im Vergleich dazu waren es in der Kontrollgruppe nur 5 von 100 Tieren. Der Anstieg nach Aussetzung der Strahlung betrug somit fast das Vierfache des Wertes der Kontrollgruppe.⁴⁸

Angesichts dieser Ergebnisse fordern verschiedene Parteien, unter Ihnen Fiorella Belpoggi, Direktorin des Ramazzini-Instituts in Bologna, Italien und ehemaliges Mitglied des IARC-Prioritätenpanels⁴⁹ und Professor James C. Lin, Mitglied des Peer-Review-Panels der NTP-Studie, ehemaliges führendes Mitglied der ICNIRP und damit international anerkannter Experte⁵⁰, die Neueinstufung der Karzigenität elektromagnetischer Felder in die Gruppe 2A, wahrscheinlicher Krebswirkstoff, oder 1, krebserregend für Menschen, durch die IARC und damit eine Verschärfung der aktuellen Einstufung.^{51,52}

Im Gegensatz dazu geht das Bundesamt nicht von einer möglichen karzinogenen Wirkung elektromagnetischer Felder aus. In einer fachlichen Stellungnahme zu den Ergebnissen der NTP-Studie wird die Aussagekraft der Studienergebnisse aufgrund „[...] methodischer Schwächen und Inkonsistenz in den Studienergebnissen[...]“⁵³ als limitiert abgetan. Als Gründe für diese Beurteilung werden folgende Faktoren angegeben:

- Geschlechtsspezifität, in der NTP-Studie wurde eine Erhöhung der Tumorbildungsraten bei vor allem männlichen Versuchstieren festgestellt,
- die geringe Anzahl von Krebsvorstufen, aufgrund bisheriger Modelle zur Entstehung von Krebs wäre eine höhere Anzahl der Vorstufen gegenüber den eingetretenen Tumorinzidenzen zu erwarten gewesen. Dies war hier jedoch umgekehrt.
- die erhöhten Überlebensraten der exponierten Tiere gegenüber den Tieren der Kontrollgruppe
- die Dosimetrie in Verbindung mit den Expositionsbedingungen, demnach sei der SAR-Wert allein nicht aussagekräftig genug für die zu erwartende Temperaturerhöhung

⁴⁸ Vgl. ebd. S. 4-5.

⁴⁹ microwavenews und Diagnose-Funk e.V., Einstufung: „Wahrscheinlich krebserregend“ oder höher?, 2019.

⁵⁰ Vgl. Diagnose Funk e.V., Professor James C. Lin: Die NTP-Studie weist das Krebspotential der Mobilfunkstrahlung nach, 2020.

⁵¹ Vgl. Lin, a.a.O.

⁵² Vgl. microwavenews und Diagnose-Funk e.V., a.a.O.

⁵³ Bundesamt für Strahlenschutz, Langzeitstudie an Mäusen und Ratten zu Ganzkörperexposition mit Mobilfunkfeldern (NTP-Studie), 2020.

- die fehlende Temperaturmessung sowie fehlende Angaben zum Metabolismus der Tiere
- das multiple Testen, denn durch die Vielzahl der Testvorgänge seien signifikante Ergebnisse rein zufälliger Natur zu erwarten
- die fehlende Verblindung der begutachtenden Pathologen, diese wussten während der initialen Begutachtung immer ob sie das Gewebe eines exponierten oder scheinexponierten Tieres betrachteten. Dieses Vorgehen kann durch individuelle Erwartungshaltungen zu einer Ergebnisverzerrung führen.⁵⁴

Unter Berufung auf epidemiologische Studien gibt das Bundesamt für Strahlenschutz an, dass bei einer Nutzungsdauer mobiler Endgeräte von bis zu 15 Jahren kein erhöhtes Risiko für die Tumorbildung nachgewiesen sei. Ein erhöhtes Risiko durch Mobilfunkbasisstationen könne zudem weitestgehend ausgeschlossen werden. Jedoch werde von einer wachstumsfördernden Wirkung bereits bestehender Tumoren ausgegangen, welche in einer Untersuchung des Fraunhofer Instituts 2010 erstmals beobachtet und durch Folgestudien belegt werden konnte. Nach Meinung des Bundesamtes für Strahlenschutz sind elektromagnetische Felder somit nicht an der Tumorbildung beteiligt, fördern aber das Wachstum bereits vorhandener Zellwucherungen.⁵⁵

3.1.1.3 Beeinträchtigung der männlichen Reproduktionsorgane

Als Alltagsgegenstand findet das Smartphone seinen Platz auch immer öfter in Hosentaschen und somit nahe an den empfindlichen Reproduktionsorganen. Die Auswirkung der Strahlung, vor allem auf die männliche Fruchtbarkeit, wurde dadurch schnell zum Thema verschiedener Studien. Aufgrund der Vielfalt der Untersuchungen und der entsprechenden Voraussetzungen wird an dieser Stelle stellvertretend die 2019 veröffentlichte Studie mit dem Titel „Langfristige Belastung mit hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung von 4G-Smartphones vermindert die männliche Fortpflanzungsfähigkeit, indem sie die Spock3-MMP2-BTB-Achse im Hoden erwachsener Ratten stört“ erläutert.

Die betrachtete Studie wurde mit 135 ausgewachsenen männlichen Ratten über eine Dauer von maximal 150 Tagen durchgeführt. Als Strahlungsquelle diente ein handelsübliches Smartphone das Mobilfunkstandards der vierten Generation (4G) nutzen kann. Zur Durchführung der Untersuchung wurden die Tiere in Gruppen aufgeteilt, die Kontrollgruppe, die Gruppe der scheinbaren Versuchstiere (die Tiere wurden nur scheinbar bestrahlt) und die Gruppe der tatsächlichen Versuchstiere. Die Tiere der

⁵⁴ Vgl. ebd.

⁵⁵ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Wissenschaftlich diskutierte biologische und gesundheitliche Wirkungen hochfrequenter Felder, 2019.

zweiten und dritten Gruppe wurden dabei in einer speziell entwickelten Apparatur platziert, in der sich die Antennenregion unmittelbar unter dem Hodensack befand, der restliche Körper jedoch abgeschirmt wurde. Das Telefon sendete innerhalb einer Frequenz von 2575 – 2635 MHz und der ermittelte SAR-Wert betrug 1,05 W/kg und entspricht somit den gesetzlichen Grenzwerten. Die Forscher stellten zunächst fest, dass keine Erhöhung der Körpertemperatur der Versuchstiere erfolgte und sich auch kein erhöhtes Stresslevel der Versuchstiere im Vergleich zur Kontrollgruppe feststellen ließ. Dennoch ließ sich eine Veränderung in der Qualität der Spermien beobachten, welche sich unter anderem in den Merkmalen Morphologie, Beweglichkeit und Konzentration äußerte. Zwar ließ sich keine Störung der Fruchtbarkeit an sich feststellen, doch waren die Nachkommen der bestrahlten Versuchstiere nachweislich leichter als die der unbestrahlten Versuchstiere. Weiterhin wurden im Rahmen einer morphologischen Untersuchung der Hoden Schäden in Form einer verminderten Höhe des Epithelgewebes, einer gestörten Spermienbildung und eines signifikanten Keimzellenverlustes nachgewiesen. Ebenso war erhöhter oxidativer Stress in der Region der Hoden nachweisbar. Als Ursache dieser Folgen machten die Forscher die, durch die Bestrahlung ausgelöste, Erhöhung eines bestimmten Proteins mit der Bezeichnung Spock3 aus. Aus den Ergebnissen der Untersuchung lässt sich die Vermutung der negativen gesundheitlichen Beeinträchtigung der Hoden und der Spermienqualität ableiten. Durch die verminderte Spermienbildung und den genetisch programmierten Zelltod der Keimzellen könnte es zudem zu einer Verminderung der männlichen Fruchtbarkeit kommen.⁵⁶

3.1.1.4 Psychische Effekte

Dass die Nutzung mobiler Endgeräte durchaus psychische Konsequenzen haben kann sollte jedem spätestens mit Einführung des Begriffes „Nomophobie“, die Angst kein Mobiltelefon zu haben⁵⁷, klar geworden sein. Doch welche Auswirkungen lassen sich lediglich auf die Mobilfunkstrahlung zurückführen?

Bereits 1997 führte die Psychotherapeutin Dr. Christine Aschermann verschiedene Symptome wie beispielsweise „[...] Fehlleistungen, Vergesslichkeit, Wortfindungsprobleme, [...] manische Phasen, Depression, Ängste und Unruhe, zappeln und Grimassen schneiden, Potenzstörungen [...]“ von 18 ihrer Patienten auf den Störfaktor Mobilfunkstrahlung zurück.⁵⁸

Weiterhin fanden Forscher in einer Studie des Massachusetts Institute of Technology Progress heraus, dass sich die Zeitspanne bis zur Erreichung der ersten Tiefschlaf-

⁵⁶ Vgl. Dipl. Biol. Wilke und Heeren, Hochfrequenzwirkung auf die männliche Fruchtbarkeit, 2019.

⁵⁷ Vgl. Tschesnokowa, Nomophobie: Was steckt dahinter?, 2018.

⁵⁸ Vgl. Ruzicka, Mobilfunk und psychische Erkrankungen, 2005.

phase unter Einfluss von Mobilfunkstrahlung wesentlich verlängert und sich die Dauer der Tiefschlafphase selbst wesentlich verkürzt wird. Schlafstörungen können dabei zu verschiedenen Folgeerscheinungen wie beispielsweise Depressionen, Konzentrationsmangel, schlechter Lernleistung ADHS und Persönlichkeitsveränderungen führen.⁵⁹

Gestützt werden diese Thesen durch den internationalen Ärzteappell von 2012. Die Verfasser beobachten ein Ansteigen diverser Erkrankungen und Symptome wie: „[...] psychische Erkrankungen wie Depressionen, Burnout-Syndrom, Schlaf-, Angst und Panikstörungen [...] degenerative neurologische Erkrankungen (z.B frühzeitiger Ausbruch dementieller Symptome), [...] Autismus, Lern-, Konzentrations-, und Verhaltensstörungen (ADHS) [...]“⁶⁰ und setzen diesen mit der Zunahme der Funk-Strahlung als bestimmenden Faktor in Verbindung.⁶¹

Ähnlich wie im Falle der karzinogenen Wirkung der Mobilfunkstrahlung geht das Bundesamt für Strahlenschutz aber auch hier von keiner klar nachgewiesenen Wirkung aus. So könne weder in experimentellen Untersuchungen noch an epidemiologischen Studien ein Zusammenhang zwischen „[...]hochfrequenten elektromagnetischen Feldern von Mobiltelefonen oder Basisstationen und Schlafstörungen, Kopfschmerzen oder sonstigen allgemeinen gesundheitlichen Beschwerden nachgewiesen werden.“⁶² Zwar könne eine geringe Beeinflussung der Gehirnaktivität nachgewiesen werden, doch führe dies zu keiner Beeinflussung der Leistungsfähigkeit, der Reaktionsfähigkeit oder des Gedächtnis und bewege sich im „[...] normalen physiologischen Bereich.“⁶³ Dies könne jedoch nicht subjektiv wahrgenommen werden und spiegelte sich in keinem Lebensbereich wieder.⁶⁴

In einem engen Zusammenhang mit den psychischen Auswirkungen steht das Phänomen der Elektrosensibilität bei dem sich Betroffene nicht selten über ähnliche Symptome in unterschiedlichen Ausprägungen beklagen.

3.1.2 Besondere Gruppen betroffener Personen

In jeder Gesellschaft gibt es Personengruppen, die aufgrund ihres Alters, ihrer gesundheitlichen Konstitution, ihres Entwicklungsstandes oder ähnlichem nicht dem allgemeinen Durchschnitt entsprechen. Diese Individuen können aufgrund dieser Divergenzen schneller auf die Gesundheit beeinträchtigende Vorgänge, im konkreten Fall die von Basisstationen und Endgeräten ausgehende Strahlungsexposition, reagieren.

⁵⁹ Vgl. Lean, Handystrahlung verursacht Schlafstörungen, 2008.

⁶⁰ Ärztegruppe der Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie e.V., a.a.O.

⁶¹ Vgl. ebd.

⁶² Bundesamt für Strahlenschutz, Wissenschaftlich diskutierte biologische und gesundheitliche Wirkungen hochfrequenter Felder, 2019.

⁶³ ebd.

⁶⁴ Vgl. ebd.

3.1.2.1 Schwangere und Embryonen

Auch die weiblichen Reproduktionsorgane können durch die Einwirkung elektromagnetischer Felder beeinflusst werden. Neben einer, in bereits 73 Studien nachgewiesenen,⁶⁵ Schädigung der weiblichen Reproduktionsorgane in Form von „[...] Eireifungs- und Hormonstörungen.“⁶⁶ kann es dabei auch zu „[...] embryonalen/fetalen Fehlentwicklungen in der Schwangerschaft [...]“⁶⁷ kommen.

In einer Untersuchung an Mäusen konnte beobachtet werden, dass die Anzahl der Nachkommen von strahlungsexponierten Tieren kontinuierlich bis zum endgültigen Fruchtbarkeitsverlust abnahm. Die Forscher nehmen deshalb an, dass die Strahlung eine „embryotoxische“ Wirkung und Embryonen eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern aufweisen. In Untersuchungen an Fliegen wurde zudem das Zellsterben während aller frühen und mittleren Entwicklungsphasen der Eireifung festgestellt.⁶⁸

Ebenso wurde in Studien festgestellt, dass die Nutzung von mobilen Endgeräten während der Schwangerschaft, zum damaligen Zeitpunkt bereits ab täglich dreimaliger Nutzung, in Verbindung mit einer späteren Nutzung mobiler Endgeräte durch das Kleinkind selbst zu einem wesentlichen Anstieg an Verhaltensstörungen der untersuchten Kinder im Grundschulalter führte.⁶⁹ Mütter die während der Schwangerschaft mobile Endgeräte nutzten hatten demnach eine ca. 54% höhere Wahrscheinlichkeit, dass ihr Kind eine Verhaltensstörung aufweisen würde. Diese Wahrscheinlichkeit steigerte sich dabei im Zusammenhang mit der potentiellen Exposition durch die Mobilfunkstrahlung. Das Risiko für emotionale Probleme der Kinder lag demnach bei ca. 25%, für Schwierigkeiten im Umgang mit Gleichaltrigen bei 34%, für Hyperaktivität bei 35% und für größere Verhaltensstörungen bei 49%. Auch unter Berücksichtigung weiterer Faktoren wie dem familiären Umfeld, dem sozioökonomischen Status oder dem Rauchen ließ sich eine Verbindung mit der Mobilfunkstrahlung nicht ausschließen. Dennoch wird zu einer vorsichtigen Interpretation der Ergebnisse geraten, da nicht untersuchte Faktoren, wie beispielsweise eine verminderte Aufmerksamkeitszuwendung von Seiten der Mutter gegenüber ihrem Kind nicht als Einflussfaktoren ausgeschlossen werden können.⁷¹

⁶⁵ Vgl. Diagnose-Funk e.V., 130 Studien bestätigen: Mobilfunkstrahlung schädigt die Fruchtbarkeit, 2016.

⁶⁶ ebd.

⁶⁷ ebd.

⁶⁸ Vgl. Diagnose-Funk e.V., Smartphones & Tablets schädigen Hoden, Spermien und Embryos, 2016.

⁶⁹ Vgl. Divan et al., Pränatale und postnatale Exposition gegenüber Handynutzung und Verhaltensprobleme bei Kindern, 2008.

⁷⁰ Vgl. Divan et al., Handynutzung und Verhaltensprobleme bei kleinen Kindern, 2012.

⁷¹ Vgl. Lean, Handynutzung in der Schwangerschaft, 2008.

Das Bundesamt für Strahlenschutz sieht an dieser Stelle keine Beweislast für eine Beeinflussung durch elektromagnetische Felder. Gegen den Ursache-Wirkung-Zusammenhang sprechen dabei die geringe Exposition während der Schwangerschaft sowie das Fehlen der Bekanntheit eines erklärenden biologischen Vermeidungsmechanismus. Als Erklärung für die erhaltenen Ergebnisse sieht das Bundesamt hingegen eine Fehlklassifikation der Handynutzung oder der Erkrankung sowie die Beeinflussung durch die nicht berücksichtigten Störgrößen.⁷²

3.1.2.2 Kinder und Jugendliche

Über eine erhöhte Anfälligkeit von Kindern und Jugendlichen herrscht noch immer große Unsicherheit. Aufgrund des sich noch in der Entwicklung befindenden Gehirns und Nervensystems, der erhöhten Energieaufnahme in den Gewebestrukturen am Kopf sowie der längeren Belastungsdauer ist anzunehmen, dass Kinder und Jugendliche gegenüber der Strahlungsexposition durch Endgeräte und Basisstationen anfälliger sind als Erwachsene.⁷³

Im Rahmen der regelmäßig durchgeführten Telefonbefragungen des Bundesamtes für Strahlenschutz ergaben sich für Kinder und Jugendliche folgende drei Altersklassen mit dem jeweiligen Prozentsatz der Kinder und Jugendlichen, die bereits ein eigenes Mobiltelefon besitzen.

- Kinder der Altersklasse zwischen sechs und neun Jahren, in dieser Gruppe besitzen 22% ein Mobiltelefon,
- Kinder der Altersklasse zwischen zehn und dreizehn Jahren, in dieser Untergruppe beträgt der Anteil der Mobiltelefonbesitzer 93%,
- Jugendliche im Alter von 14-17 Jahren, von ihnen besitzen 86% ein Mobiltelefon, wobei es sich in 88% der Fälle um ein Smartphone handelt.

Der Hauptzweck der mobilen Endgeräte ist dabei nicht mehr das Telefonieren, sondern besteht vielmehr in anderen Nutzungsmöglichkeiten wie beispielsweise dem Abrufen von sozialen Netzwerken oder Musikstreamingangeboten, der Nutzung von Handyspielen oder der Kamerafunktion.⁷⁴

Im Falle einer kurzfristigen Strahlungsexposition bestehen zwischen der Reaktion von Kindern und Erwachsenen keine Unterschiede. Sie reagieren nicht empfindlicher wie australische und schweizer Studien zur Hirnaktivität und dem Verhalten resümieren.

⁷² Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Fachliche Stellungnahme zu einer Studie über Mobiltelefon-Nutzung und Verhaltensprobleme bei Kindern, 2020.

⁷³ Vgl. SCAMP-Study, Über die SCAMP-Studie.

⁷⁴ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesweite repräsentative Umfragen zur Ermittlung der Risikowahrnehmung im Bereich des Mobilfunks, 2020.

Ausgeprägtere Nutzung mobiler Endgeräte kann hingegen zu Verhaltensänderungen und Beeinflussung der kognitiven Fähigkeiten, sowohl auf positive als auch auf negative Art, führen. Dieser Sachverhalt stehe dabei in enger Relation mit der Nutzungsweise und nicht mit der Strahlungsexposition. Schlafprobleme lägen entsprechend an der spätabendlichen und teilweise auch nächtlichen Gerätenutzung.⁷⁵

3.1.2.3 Elektromagnetische Hypersensitivität

Auch Erwachsene können im überdurchschnittlichen Maße von der Mobilfunkstrahlung betroffen sein. Einigen Personen wird das Beschwerdebild der elektromagnetischen Hypersensitivität zugeschrieben welches in seinen Auswirkungen von lediglich leichten Symptomen bis hin zu ernsthaften Auswirkungen und dem Ausscheiden aus dem Berufsleben und Teilen des Soziallebens führen kann. Zu unterscheiden ist dabei zwischen den Begriffen der Elektrosensibilität, dieser Begriff wird verwendet, wenn der Betroffene elektromagnetische Felder wahrnehmen kann und der Elektrosensitivität, der pathologischen Wahrnehmung und Symptomausbildung.⁷⁶ Die Symptome werden dabei auf das Vorhandensein und Einwirken eines elektromagnetischen Feldes, sowohl niederfrequent als auch hochfrequent, zurückgeführt und können sowohl dermatologischer, neurasthenischer und/oder vegetativer Art sein. Diese Symptomatik passt jedoch zu keinem bisher bekannten Krankheitsbild.⁷⁷

Angaben über die Verbreitung von Elektromagnetischer Hypersensitivität schwanken jedoch stark. So findet man von der Schätzung durch arbeitsmedizinische Zentren, nach denen die Betroffenheit bei wenigen pro Millionen liegt, bis hin zu Umfragen in Selbsthilfegruppen mit weit höheren Schätzwerten ein breites Spektrum. Innerhalb der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland schätzt man den Anteil der Elektrosensitiven auf ca. 1%.⁷⁸ weltweit werden dabei ca. 10% aller gemeldeten Fälle als schwerwiegend eingestuft.⁷⁹

Problematisch am Phänomen der Elektromagnetischen Hypersensitivität ist, dass auch in umfangreichen Doppelblindstudien kein Ursache-Wirkung-Zusammenhang nachgewiesen werden konnte. Betroffene konnten die Einwirkung eines elektromagnetischen Feldes weder schneller noch zuverlässiger bestimmen als Kontrollpersonen dies konnten. Man geht daher davon aus, dass die elektromagnetischen Felder nicht die eigentliche Ursache für die teilweise sehr starken und schwerwiegenden Reaktionen der Be-

⁷⁵ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Wissenschaftlich diskutierte biologische und gesundheitliche Wirkungen hochfrequenter Felder, 2019.

⁷⁶ Vgl. Augner, Psychische Auswirkungen von Mobilfunkstrahlung auf den Menschen, 2009, S. 12 f.

⁷⁷ Vgl. World Health Organization, Elektromagnetische Felder und öffentliche Gesundheit, 2005.

⁷⁸ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Wissenschaftlich diskutierte biologische und gesundheitliche Wirkungen hochfrequenter Felder, 2019.

⁷⁹ Vgl. World Health Organization, a.a.O.

troffenen sind. Da die Ursachen bisher jedoch nicht geklärt sind ist eine wissenschaftliche Diagnose aufgrund fehlender Kriterien nicht möglich. Ärzten wird daher angeraten, lediglich die Symptomatik zu behandeln und alle in Frage kommenden Ursachen, vorrangig in Form verschiedener Umwelteinflüsse oder psychologischer Aspekte zu überprüfen. Es wird eine Therapie zur Symptomlinderung empfohlen.⁸⁰

3.2 Auswirkungen auf Flora und Fauna

Ebenso wie im Organismus des Menschen kommunizieren auch die Zellen von Pflanzen und Tieren unter Zuhilfenahme natürlicher elektromagnetischer Felder. Abgeleitet von den am Menschen angenommenen Störungen dieses Kommunikationsmediums lässt sich diese Beeinflussung mit unterschiedlichster Äußerung auch für andere Organismen vermuten.

Verschiedenste Tierarten wie beispielsweise Bienen, Fledermäuse und verschiedene Vogelarten nutzen den magnetischen Sinn in Verbindung mit weiteren physikalischen Faktoren zur Orientierung. Diese natürlichen Kompassse sind dabei sehr empfindlich für Schwankungen in den magnetischen Feldstärken. Die Überlagerung des natürlichen Erdmagnetfeldes durch künstliche Felder kann somit zu massiven Störungen führen, die sich durch Problematiken wie der Setzung falscher Richtungsimpulse äußern können. Diese Störung des Orientierungs- und vor allem Heimkehrvermögens ist unter anderem für Bienen, Brieftauben, Meeresschildkröten und Ameisen bekannt und nachgewiesen. Ebenso lässt sich eine Störung der typischen V-Flugformation einiger Vögel beobachten. Zusätzlich konnten Wissenschaftler herausfinden, dass sich mittels gezielt gerichteter künstlicher Impulse die Zugrichtung dieser Tiere umlenken und auch umkehren lässt. Eine Anpassung an veränderte Feldstärken ist zwar möglich, bedarf aber eines längerfristig konstanten Wertes des neuen magnetischen Feldes. Dies ist in der Praxis jedoch nur selten gegeben.⁸¹

Ebenfalls vermutet aber noch nicht nachgewiesen ist das Verschwinden magnetfeldorientierter Lebewesen in Zusammenhang mit der Verbreitung elektromagnetischer Felder. Am Beispiel von Wild- und Zuchtienen gehen Forscher davon aus, dass neben der Störung des Orientierungssinnes und des Wabenbaus auch eine Störung des, die Immunabwehr stabilisierenden, Redox-Systems, wodurch die Tiere anfälliger für verschiedene Krankheiten und Parasiten werden, nachgewiesen werden könnte. Vergleichbare Effekte lassen sich auch für Käfer- und Schmetterlingsarten vermuten. Weiterhin bringen Untersuchungen in Spanien, Indien und Belgien den Rückgang der vorhandenen Vögel durch Brutplatzverlagerung oder verminderte Fortpflanzungsraten, vor

⁸⁰ Vgl. ebd.

⁸¹ Vgl. Dr. rer. nat. Warnke, Die Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf Tiere, 2009, S. 3-4.

allem der Sperlinge und Störche, mit der geografischen Lage von Mobilfunkmasten und erhöhten Feldstärken in Verbindung.⁸²

Neben der Beeinflussung von Wildtieren ließ sich wesentlich konkreter die Beeinflussung landwirtschaftlich genutzter Tierarten dokumentieren. Beispiele liegen dabei für Rinder, Schweine und Geflügelarten vor. Dabei ließen sich erhöhte Raten an Fruchtbarkeitsproblemen, Fehl- und Missgeburten, Zwillingsgeburten, Verhaltensstörungen und Krankheitsbildern an den Tieren der Betriebe mit geringem Abstand zu Mobilfunkbasisstationen nachweisen. Die vor Ort gemessenen Feldstärken lagen dabei mit maximal 9 Promille des derzeitigen Grenzwertsatzes weit unter den gesetzlichen Regelungen. Wesentlich an Untersuchungen zu dieser Thematik ist, dass die geschilderten Veränderungen erst ab Installation der Mobilfunksender und damit frühestens ab 1995 auftraten, und dass Tiere, die nach einer Umstallung in entferntere Betriebe verminderte oder gar keine Symptome mehr zeigten, diese wieder ausprägten sobald sie in den ursprünglichen Betrieb zurückgebracht wurden. So ließen sich in einer Untersuchung an Rindern im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen erhöhte Raten missgebildeter Kälber, erhöhte Erkrankungsraten, gesteigerte 2-Mikrokern-Produktionsraten in roten Blutkörperchen sowie auf chronische Stressbelastung zurückzuführende signifikante Verhaltensveränderungen nachweisen.⁸³

Da sich jedoch nicht in allen Tierbeständen mit geografischer Nähe zu Mobilfunkbasisstationen und daraus resultierend ähnlicher Strahlungsexposition entsprechende Auffälligkeiten finden, ist zusätzlich ein weiterer, bisher noch unbekannter Faktor zu vermuten.⁸⁴

Für tierische Lebensformen ließen sich aufgrund der Studien damit folgende allgemeine Auswirkungen dokumentieren: Störung der Zellentwicklung, Beeinflussung der Zellvermehrung, Immunabwehr und des Nervensystems, Störung der Reproduktion und Verminderung der Fertilisation, Auftreten gentoxischer Effekte, allgemeine ungünstige Beeinflussung der Fauna in der geografischen Nähe von Mobilfunkbasisstationen.⁸⁵

Weniger aktuelles Studienmaterial findet sich hingegen bezüglich der Auswirkungen der Strahlungsexposition auf Pflanzen. Beobachten lassen sich hier bislang veränderte Chlorophyll- und Proteinwerte, geschädigte Baumspitzen und die seit ca. 2004 in Europa stattfindende rasante Verbreitung verschiedener Arten von Baumschäden. Man geht hier jedoch davon aus, dass die Feldstärke grundsätzlich nicht allein für be-

⁸² Vgl. ebd. S. 4-6.

⁸³ Vgl. ebd. S. 7-8.

⁸⁴ Vgl. ebd. S. 9-10.

⁸⁵ Vgl. ebd. S.6-7.

obachtbare Schädigungen an Bäumen verantwortlich ist. Vielmehr lassen sich ausgeprägte Schädigungen an Überlagerungsorten von Hochfrequenzsignalen und Reflexions- und/oder Beugungseffekten lokalisieren. An diesen Stellen entstehen sogenannte turbulente Hochfrequenzfelder die derzeit als Hauptverursacher angesehen werden.⁸⁶

Beiden Bereichen ist gemein, dass sie die Nichtberücksichtigung der untersuchten Lebensformen bei der Festlegung der gesetzlichen Grenzwerte sowie die fehlende Handlungsbereitschaft staatlicher Stellen kritisieren.^{87,88}

Das Bundesministerium für Strahlenschutz bleibt jedoch trotz der aktuellen Forschungslage bei der Einschätzung, dass bisher „[...]keine schädlichen Wirkungen auf Tiere und Pflanzen nachgewiesen werden [konnten], die durch künstliche elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder ausgelöst werden.“⁸⁹ Diese These stützt man auf die Unklarheit der experimentellen Befundlage, und die fehlende Bekanntheit weiterer theoretischer Mechanismen die entsprechende Schädigungen erklären würden. Weiterhin geht man davon aus, dass die bisher beobachteten Wirkungen zu schwach seien, um eine dauerhafte physiologische, metabolische oder verhaltenspsychologische Veränderung zu bedingen.⁹⁰

⁸⁶ Vgl. med. Waldmann-Selsam, Wirkungen elektromagnetischer Felder auf Pflanzen, S. 8-9.

⁸⁷ Vgl. Dr. rer. nat. Warnke, a.a.O., S.10.

⁸⁸ Vgl. med. Waldmann-Selsam, a.a.O., S.10.

⁸⁹ Bundesamt für Strahlenschutz, Bericht zum Workshop: Umwelteffekte elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf Flora und Fauna, 2020.

⁹⁰ Vgl. ebd.

4 Vermeidungs- und Schutzstrategien des Bundes

In Anbetracht der erörterten gesundheitlichen Auswirkungen besteht auch in weiten Teilen der Bevölkerung die Frage nach möglichen Maßnahmen zur Vermeidung dieser.

4.1 Vorsorgemaßnahmen

Den regierenden Kräften der Bundesrepublik Deutschland wurde über die Regelung des Art. 20 a GG das Vorsorgeprinzip als schützende Maßnahme auferlegt. „Das Vorsorgeprinzip beinhaltet nach weit verbreiteter Ansicht, dass die Umweltpolitik schon im Vorfeld von Gefahren das Entstehen von Belastungen für Umwelt (und Menschen) verhindern oder einschränken und dadurch Risiken mindern soll.“⁹¹ Dieses Prinzip bildet unter anderem einen der Grundsteine des BImSchG und sollte dementsprechend im Rahmen aller erlassenen Regelungen Berücksichtigung finden. Gemäß der Antwort der Bundesregierung auf eine kleine Anfrage der Abgeordneten Sabine Stübner, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE, erachtet diese das Vorsorgeprinzip mittels der Regelungen der Verordnung zur Begrenzung elektromagnetischer Felder (BEMFV) und der 26. BImSchV als hinreichend erfüllt. Die Grenzwerte basierten auf neuesten Erkenntnissen und den Empfehlungen wissenschaftlicher Gremien und würden generell nur zu einem Bruchteil erreicht werden. Es werden gemäß dieser Antwort keine gesundheitlichen Folgen unterhalb der geltenden Grenzwerte erwartet.⁹²

Die Bundesregierung stützt das von ihr verfolgte Vorsorgeprogramm auf drei Säulen:

- die Reduktion der Einwirkung auf die BürgerInnen
- die objektive und umfassende Information der Bevölkerung über mögliche Risiken und die tatsächliche Belastung, beispielweise mittels Veröffentlichung der Expositionswerte in der sogenannten EMF-Datenbank, gepflegt durch die Bundesnetzagentur, oder der Bereitstellung allgemeiner Informationen auf der Seite des Bundesamtes für Strahlenschutz
- die Förderung der Forschung, vor allem im Bereich der Risikobewertung.

Vor allem der Bereich der Information ist für den außenstehenden sehr ausgeprägt. So stellt das Bundesamt für Strahlenschutz neben diversen Listen über die SAR-Werte aktueller Mobiltelefone, oder über strahlungsarme Schnurlostelefone auch Unterrichtsmaterial für SchülerInnen ab der fünften Klasse und umfassende Informationen über individuelle private Vorsorgemaßnahmen zur Verfügung. Unter anderem werden dabei Vorgehensweisen wie die folgenden empfohlen:

⁹¹ Deutscher Bundestag, Drucksache 15/1403, 2003, S. 79.

⁹² Vgl. Deutscher Bundestag, Drucksache 17/14646, 2013, S. 4.

- den Abstand zur Strahlungsquelle möglichst groß halten
- die Einwirkungsdauer verringern, zum Beispiel durch eine möglichst geringe Zeitdauer der Telefonate oder das Ausschalten des WLAN-Routers
- das Verwenden möglichst strahlungsarmer Endgeräte⁹³

Konkrete und realisierbare Maßnahmen zum Schutz vor der von Basisstationen ausgehenden Strahlung werden hingegen nur am Rande oder gar nicht erläutert. Es erfolgt also bereits in der Betrachtung der Vorsorgestrategien eine Fokussierung der Endgeräte und das Stützen auf die gesetzlich festgelegten Grenzwerte für ortsfeste Anlagen. Dies kann damit begründet werden, dass mobile Endgeräte nicht gesetzlich erfasst wurden, gibt aber auch Anlass eine rechtliche Regelung hierfür in Erwägung zu ziehen.

Diese Erwägung schließt die Bundesregierung aus. Aufgrund der existenten europäischen Regelung bezüglich der Berücksichtigung der international empfohlenen SAR-Werte und der Annahme, dass jegliche gesundheitlich relevante Wirkung damit ausgeschlossen werden kann, sieht sie keine Grundlage zur Erlassung einer Gefahrenkennzeichnung auf Mobilfunkprodukten. Für die Anfrage nach einer deutlicheren Kennzeichnung des SAR-Wertes und der Nutzungsempfehlungen lautet die Antwort lediglich, dass dies als wünschenswert erachtet wird.⁹⁴

Entsprechenden Umfragen, zuletzt 2013 durchgeführt, lässt sich entnehmen, dass die Vorsorge in Bezug auf die Thematik „elektromagnetische Felder des Mobilfunks“ vom Großteil der Bevölkerung - in durch das BfS durchgeführten Studien traf dies auf acht von zehn Befragten zu - nicht als relevant erachtet wird. Lediglich einer von zehn Umfrageteilnehmern setzte sich dagegen mit entsprechenden Maßnahmen auseinander und wiederum nur sechs Prozent der Teilnehmer hatten bereits entsprechende Vorsorgemaßnahmen und Schutzstrategien ergriffen. Weiterhin ergibt sich aus den Studien, dass sich ca. 36 % der Befragten sehr wenig bis gar nicht mit der Thematik befasst hatten und sich dementsgegen gerade einmal 11 % bereits vor der Befragung damit auseinandersetzten. 26 % der Befragten stuften sich dabei selbst als gar nicht und lediglich 5 % als sehr gut informiert ein. Der SAR-Wert war 2013 weiterhin nur 29 % der Befragten ein Begriff und verlor damit im Vergleich zur Befragung 2009 (damals 33 %) sogar noch an Bekanntheit. Eine Regelung zur deutlicheren Kennzeichnung und somit zur Steigerung der Bekanntheit der Messgröße wäre dementsprechend durchaus als sinnvoll in Erwägung zu ziehen. Obwohl der Mobilfunk ein ständiger Begleiter in unserer Gesellschaft geworden ist lässt sich diesen Untersuchungen entnehmen, dass

⁹³ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Vorsorge, 2018.

⁹⁴ Vgl. Deutscher Bundestag, Drucksache 17/14646, 2013, S.8.

nur ein Bruchteil der Bevölkerung entsprechende Kenntnisse darüber besitzt. Die Säule der Information ist damit nicht ausreichend stabilisiert und weiterhin ausbaufähig.⁹⁵

4.2 Schutzstrategien im Umgang mit mobilen Endgeräten

„Nach deutschem Recht ist eine Gefahrenabwehr erforderlich, wenn eine Sachlage besteht, die bei ungehindertem Ablauf des objektiv zu erwartenden Geschehens mit hinreichender Wahrscheinlichkeit zu einem Schaden führt.“⁹⁶

Auch in den vom Bundesamt für Strahlenschutz empfohlenen Schutzstrategien, beschränkt sich dieses zu weiten Teilen auf Handlungsempfehlungen im Umgang mit mobilen Endgeräten wie Smartphones oder Tablets. Explizite und ausführliche Empfehlungen für den Umgang mit mobilen Endgeräten durch besonders betroffene Personengruppen fehlen ebenfalls nahezu komplett. In der bereits zuvor erwähnten kleinen Anfrage der Abgeordneten Sabine Stübner, anderer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE verweist die Bundesregierung auf die Frage nach Möglichkeiten der Eindämmung der Strahlungsexposition für Kinder erneut auf das im Rahmen der Vorsorgemaßnahmen angebotene Informationsangebot und betont die hinreichende Berücksichtigung besonders schutzbedürftiger Personen bei der Festsetzung der Grenzwerte.⁹⁷

Weiterhin finden sich auf der Website des Bundesamts für Strahlenschutz Beiträge mit Hinweisen für die Nutzung von mobilen Endgeräten⁹⁸ oder Empfehlungen zur Telefonie⁹⁹. So wird in diesen Artikeln empfohlen, dass Festnetztelefon dem Handy vorzuziehen oder lieber mit dem Headset zu telefonieren, die SAR-Listen beim Kauf neuer Mobiltelefone zu berücksichtigen, den Datenverkehr im Hintergrund möglichst oft auszuschalten und wenn möglich eine WLAN-Verbindung anstelle der Mobilfunkstandards UMTS, GSM und LTE zu nutzen. Ebenso werden empfohlene Mindestabstände oder Verhaltensweisen im Umgang mit sensiblen elektronischen Geräten wie beispielsweise elektronischen Implantaten (z.B. Herzschrittmacher), medizinischen Geräten im Krankenhaus oder auf Flugreisen gegeben.¹⁰⁰ Weiterhin wird für Eltern die Empfehlung gegeben, die „mobilen Daten“, also die Datenverbindung über Mobilfunk, im Endgerät ihres Kindes zu deaktivieren und die Nutzungsdauer zu überwachen, um die Strahlungsexposition für diese empfindliche Personengruppe möglichst gering zu halten.

⁹⁵ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesweite repräsentative Umfragen zur Ermittlung der Risikowahrnehmung im Bereich des Mobilfunks, 2020.

⁹⁶ Deutscher Bundestag, Drucksache 15/1403, 2003, S. 79.

⁹⁷ Vgl. Deutscher Bundestag, Drucksache 17/14646, 2013, S. 8.

⁹⁸ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Hinweise und Tipps für die Nutzer von Smartphones und Tablets, 2019.

⁹⁹ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Empfehlungen des BfS zum Telefonieren mit dem Handy, 2019.

¹⁰⁰ Vgl. ebd.

Die angeratenen Handlungsoptionen lassen sich dabei nahezu deckungsgleich auf die angeratenen Vorsorgemaßnahmen (Vgl. 4.1 Vorsorgemaßnahmen) umlegen. Zwischen Nutzer und Strahlungsquelle sollte ein möglichst großer Abstand liegen. Die Strahlungsexposition sollte möglichst geringgehalten werden, indem man den Hintergrundverkehr deaktiviert, Telefongespräche möglichst kurz hält oder das Gerät ganz abschaltet. Die verwendeten Geräte sollten möglichst strahlungsarm sein, weshalb die Berücksichtigung des SAR-Wertes angeraten wird.

Als Schutzstrategien können dabei auch die bereits erläuterten arbeits- und verbraucherrechtlichen Regelungen, sowie die in der 26. BImSchV festgelegten Grenzwerte angesehen werden. Da sie durch ihren abstrakt-generellen Charakter für eine Vielzahl von Fällen anwendbar sind, stellen Gesetze eines der wichtigsten Instrumente der Regierung zum Schutze der Bevölkerung vor potenziellen Bedrohungen dar.

4.3 Umweltzeichen „blauer Engel“

Der blaue Engel ist das vor 40 Jahren von der Bundesregierung eingeführte Umweltzeichen. Er soll dem Verbraucher umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen signalisieren und somit eine Orientierung für den nachhaltigen Einkauf bieten.¹⁰¹

Auch Mobiltelefone können seit 2002¹⁰² mit dem Blauen Engel ausgezeichnet werden. Kriterien hierfür sind gemäß der neuen Vergabegrundlage von 2017 die Eigenschaften des Akkus, die Langlebigkeit, die Rücknahme und das Recycling, die Materialanforderungen, Zusatzfunktionen, die soziale Verantwortung der Unternehmen, die Bedienungsanleitung sowie die elektromagnetische Strahlung.¹⁰³ Hierfür müssen sie einen SAR-Wert von kleiner gleich 0,5 W/kg bei Betrieb am Kopf beziehungsweise Ohr sowie einen SAR-Wert von kleiner gleich 1,0 W/kg „[...]lokal gemittelt über Gewebenvolumen mit einer Masse von 10 Gramm[...]“¹⁰⁴ bei einem Abstand von 0mm vorweisen können. Der empfohlene Grenzwert liegt dabei, wie bereits erwähnt, bei 2 W/kg.¹⁰⁵

Seit 2002 erfolgt eine regelmäßige Erfassung der von den Herstellern aktuell auf dem Markt erhältlicher Mobiltelefone ermittelten SAR-Werte durch das Bundesamt für Strahlenschutz. Die letzte Erhebung im Dezember 2019 umfasste dabei 3613 Geräte, die sich insgesamt 78 Herstellern zuordnen lassen. Für 3272 der erfassten Geräte liegt dabei ein standardisiert gemessener Wert für den Anwendungsfall am Kopf vor. Aus dieser Masse an alten und neuen Modellen erfüllen 30 % die Anforderungen für das

¹⁰¹ Vgl. RAL und Umweltbundesamt, Blauer Engel.

¹⁰² Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Blauer Engel: So viele Mobiltelefone könnten damit ausgezeichnet werden, 2019.

¹⁰³ Vgl. RAL und Umweltbundesamt, Blauer Engel- das Umweltzeichen, 2017, S. 3.

¹⁰⁴ ebd. S. 14.

¹⁰⁵ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Blauer Engel: So viele Mobiltelefone könnten damit ausgezeichnet werden, 2019.

Kriterium „strahlungsarm“, also einen SAR-Wert von kleiner gleich 0,5 W/kg bei Betrieb am Kopf. Von den neuen, als „nur aktuell erhältlich“ bezeichneten Geräten erfüllen dieses Kriterium sogar 40 % der Modelle. Für eine Auszeichnung müssen die Geräte jedoch beide Anforderungen erfüllen. Der Wert für den Betrieb des Gerätes am Körper konnte bei 1715 von 3613 erhobenen Geräten bestimmt werden, jedoch nur bei einem Gerät ohne Trennabstand zum Körper. Aufgrund dieser vergleichsweise geringen Datenlage kann somit noch keine konkrete Aussage zum tatsächlichen Prozentsatz der Kriteriumserfüllung gemacht werden. Für eine Abschätzung errechnete das Bundesamt für Strahlenschutz jedoch eine Schätzung bei der die Geräte die bei einem Abstand von 0,5cm einen Wert von kleiner gleich 0,5 W/kg ermittelt wurden. Die Behörde geht davon aus, dass bei einem Teil der ermittelten Geräte auch die Einhaltung von 1,0 W/kg bei einem Abstand von 0mm gegeben sein könnte. Die Anzahl der hierbei ermittelten Geräte betrug dabei 653 aller, und 519 der aktuellen Modelle. Somit ergibt sich der Schätzung zu Folge, dass 1,7 % der erfassten Handymodelle, das entspricht einer Anzahl von ca. 61, mit dem Umweltzeichen ausgezeichnet werden könnten.¹⁰⁶

4.4 Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber

Um der aufkeimenden Kritik innerhalb einzelner Bevölkerungsteile an den gesetzlichen Grenzwerten zu begegnen, erfolgte 2001 die Unterzeichnung einer Selbstverpflichtung durch insgesamt sechs Mobilfunknetzbetreiber unter dem Titel „Maßnahmen zur Verbesserung von Sicherheit und Verbraucher-, Umwelt-, und Gesundheitsschutz, Information und vertrauensbildende Maßnahmen beim Ausbau der Mobilfunknetze“. Für diese Verpflichtung erfolgten 2008 eine Fortschreibung sowie eine Verlängerung im Jahr 2012.¹⁰⁷

Die Verpflichtenden setzten sich dabei zum Ziel, in den im Titel angeführten Bereichen nachweisbare positive Entwicklungen und Fortschritte gegenüber dem Unterzeichnungszeitpunkt zu initiieren. Hierfür gliedert sich die Zielsetzung in die fünf Schwerpunkte „Kommunikation und Partizipation“, „Verbraucherschutz und Verbraucherinformation zu Handys“, „Forschungsförderung“, „Monitoring als Beitrag zum Risikomanagement“ und „Monitoring“. So soll vorrangig die Kommunikation und Beteiligung im Gebiet der Standortplanung in Zusammenarbeit mit den Kommunen verbessert werden. Angestrebt wird dabei ein reger und stetiger Austausch zwischen Unternehmen und Kommune über den aktuellen Stand des Ausbaus der Netzinfrastruktur und den

¹⁰⁶ Vgl. ebd.

¹⁰⁷ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber, 2019.

Anlagenneubau, die Inbetriebnahme und die Standortwahl unter Berücksichtigung sensibler Bereiche wie beispielsweise Kindergärten und Schulen.¹⁰⁸

Ebenso versichern die Unternehmen ein Unterlassen des Vertriebes von nicht ICNIRP-grenzwertkonformen Endgeräten im Rahmen des Verbraucherschutzes, sowie ein Hinwirken auf die Herstellung von Endgeräten mit möglichst geringen SAR-Werten durch die verantwortlichen Herstellerunternehmen und die entsprechende Kennzeichnung dieser Messgröße.¹⁰⁹

Weiterhin erfolgt eine Zusicherung der Forschungsförderung, speziell für die Unterstützung eines durch das Bundesumweltministerium im Zeitraum von 2002-2005 durchgeführten Forschungsprogrammes, in Höhe von insgesamt 8,5 Millionen Euro und zudem die Verpflichtung zur Forschungsförderungsintensivierung auf dem Gebiet der elektromagnetischen Felder.¹¹⁰

Die Bereiche des Monitorings dienen einer kontinuierlichen Überwachung der durch die elektromagnetischen Felder entstehenden Immissionen. Dies erfolgt durch die Methoden des Aufbaus eines Netzes lokaler und mobiler Messvorrichtungen und den damit entstehenden Datenerfassungs- und Datenaustauschprozessen, sowie der Ausprägung und Verbesserung bereits bestehender Immissionsschutzprogramme. Hierfür erfolgte die Zusicherung einer anteiligen Finanzierungssumme in einer zusammengefassten Höhe von 1,5 Millionen Euro. Ebenfalls Bestandteil des Monitorings ist die jährliche Berichterstattung bezüglich der Erfahrungen mit der Verpflichtung auf Basis unabhängiger Gutachten.¹¹¹

Perspektivisch versprechen sich die Beteiligten durch die Durchführung des Programmes und die Umsetzung der Maßnahmen die Schaffung aller notwendigen „[...]Voraussetzungen für eine zukunftssichere Nutzung der Mobilfunktechnik in Deutschland[...]“¹¹², sowie mehr Akzeptanz und eine versachlichte Diskussion innerhalb von Gesellschaft, Wirtschaft und Politik.¹¹³

¹⁰⁸ Vgl. Detemobil Deutsche Telekom GmbH, a.a.O., S. 3-6.

¹⁰⁹ Vgl. ebd., S. 6-7.

¹¹⁰ Vgl. ebd., S. 7.

¹¹¹ Vgl. ebd., S. 8-9.

¹¹² ebd., S. 9.

¹¹³ Vgl. ebd., S. 9.

5 Aktuelle Entwicklung

Der Ausbaustand des deutschen Mobilfunknetzes steht immer wieder in der Kritik. So subsumiert der FDP-Abgeordnete Frank Sitta die aktuelle Situation in einer Rede im Bundestag unter der allgemeinen Thematik „Deutschlands LTE-Netz im europäischen Vergleich“ mit den Worten: „Wir als Bundesabgeordnete, die ja viel im Land unterwegs sind, kennen die Erfahrung und können bestätigen, dass der Begriff „weißer Fleck“ eher häufig als „weiße Fläche“ benannt werden sollte.“¹¹⁴ Fraglich ist, ob diese Kritik ihre Berechtigung hat. Als das mit 2017 82,5 Millionen Einwohnern bevölkerungsreichste¹¹⁵ und mit einem Anteil von 21,3 % am BIP der EU wirtschaftsstärkste¹¹⁶ Land der europäischen Union, werden gegenüber der Bundesrepublik auch im Hinblick auf das Thema Mobilfunk und Netzausbau gewisse Erwartungen wach die diese allerdings nur in den seltensten Fällen erfüllen kann.

5.1.1 Die deutschen Mobilfunknetze im internationalen Vergleich

Die britische Firma „Opensignal“, welche auf die Analyse von Mobilfunknetzen spezialisiert ist, untersuchte im Zeitraum vom 01.01.2019 bis 31.03.2019 die Verbindungsqualität von Smartphones in Deutschland. Bei mehr als 460 000 dieser mobilen Endgeräte wurde die durchschnittliche Dauer des LTE-Empfanges in Form der 4G Variante berechnet und auf Grundlage der Daten eine Auswertung für Deutschland selbst (Vgl. Anhang 4: Abbildung „LTE-Verfügbarkeit in der Bundesrepublik Deutschland“), sowie für den internationalen Kontext (Vgl. Anhang 5: Abbildung „LTE-Verfügbarkeit im internationalen Vergleich“) erstellt. Die Bundesrepublik Deutschland belegt dabei von 87 getesteten Ländern mit einer Verfügbarkeitsrate von 76,9% lediglich Platz 54.¹¹⁷

Zu einem etwas besseren Ergebnis kam hingegen eine Untersuchung des Internetportals CHIP in Zusammenarbeit mit deren Partner NET Check. Diese untersuchten im ersten Quartal des Jahres 2018 die Mobilfunknetze Österreichs und der Schweiz und verglichen die ermittelten Werte mit den Resultaten des deutschen Netztestes im November 2017. Dabei belegte die deutsche Telekom, mit 91,3 von 100 Punkten und damit das im Test am besten abgeschnittene deutsche Mobilfunknetz, den dritten von insgesamt neun Plätzen und damit eine Bewertung von „sehr gut“. Vodafone fand sich mit einem Punktwert von 88,0 auf dem fünften Platz und somit im Mittelfeld der Untersuchung. Das einzige Netz, für das lediglich die Bewertung „befriedigend“ vergeben werden konnte und das mit 66,7 abgeschlagen auf dem letzten Platz landete, war O2 (Vgl. Anhang 6: Abbildung „DACH-Gesamtwertung“). Im Vergleich zum Vorjahr ließen

¹¹⁴ Sitta, Aktuelle Stunde zu Deutschlands LTE-Netz im europäischen Vergleich am 01.03.18, 2018.

¹¹⁵ Vgl. Bundeszentrale für politische Bildung, Bevölkerungsstand und -entwicklung, 2018.

¹¹⁶ Vgl. Bundeszentrale für politische Bildung, Bruttoinlandsprodukt (BIP), 2019.

¹¹⁷ Vgl. Dalg, Deutschland im Funkloch, 2019.

sich sowohl beim Netz der deutschen Telekom als auch beim Mobilfunknetz von Vodafone die größten Steigerungsraten im Bezug auf Erneuerung und Ausbau verzeichnen (Vgl. Anhang 7: Abbildung „Verbesserung der Mobilfunknetze zum Vorjahr, DACH-Vergleich“). Auch im Bereich der durchschnittlichen Downloadraten findet sich die deutsche Telekom unter den besten drei. Vodafone ist hier im unteren Mittelfeld zu finden wohingegen O2 erneut das Schlusslicht der Liste bildet (Vgl. Anhang 8: Abbildung „durchschnittliche Downloadgeschwindigkeit; DACH-Vergleich“).¹¹⁸

Für einen weiteren Aufschrei der Mobilfunkanbieter sorgte Ende 2018 das Ergebnis einer Studie des Beratungsunternehmens P3 (heute „umlaut“), die dieses im Auftrag der Grünen-Bundestagsfraktion durchführte. Deutschland sei dabei „im internationalen Vergleich weit abgeschlagen“¹¹⁹ und käme nur im Netz der Telekom „gerade einmal auf einen LTE-Anteil von 75 Prozent“¹²⁰. Im Vergleich dazu konnten die Testsieger Schweiz, Belgien und Niederlande bei fast allen Mobilfunkanbietern einen LTE-Anteil von 90% vorweisen. Kunden der deutschen Telekom würden der Untersuchung zufolge in Polen und Albanien bessere LTE-Netzabdeckungsraten als in Deutschland vorfinden. Hier findet man eine 80-prozentige LTE-Abdeckung und zusätzlich eine im Schnitt doppelt so hohe Surfgeschwindigkeit in Albanien.¹²¹

Die Ergebnisse der Studie basieren auf dem Crowdsourcing-Verfahren. Dabei werden die Daten über im Hintergrund laufende Apps zur Analyse der Online-Aktivität direkt beim Nutzer erhoben. Genau diesen Punkt nimmt die deutsche Telekom, um Kritik an der Untersuchung zu üben. Die Studie könnte aufgrund der Stichprobe nicht repräsentativ sein. Zudem könnten die Ergebnisse durch weitere Faktoren, wie beispielsweise gedrosseltes Datenvolumen, Discounterstarife oder alternative Netzmodi verfälscht werden. Die Analyse der Firma Open-Signal komme so beispielsweise auf einen sieben mal höheren Wert der Downloadgeschwindigkeit, wodurch sich ein hohes Maß an Ungenauigkeiten und der Beeinflussung durch externe Faktoren vermuten lässt.¹²²

Sowohl die Studie des Unternehmens P3 als auch die der Firma Open-Signal basiert auf dem Crowdsourcing-Verfahren.¹²³ Ihre Ergebnisse sind somit mit einer gewissen Vorsicht zu genießen. Dem entgegen wurde die Untersuchung des Internetportals CHIP mittels eines Drive-Tests durchgeführt.¹²⁴ Hierbei werden standardisierte Messverfahren an verschiedenen, meist für den Großteil der Bevölkerung relevanten, Infra-

¹¹⁸ Vgl. Mandau, Deutsche Handy-Netze im internationalen Vergleich, 2018

¹¹⁹ AFP zitiert in Axel Springer SE, Deutsches Netz schlechter als das in Albanien, 2018.

¹²⁰ AFP zitiert in Axel Springer SE, a.a.O.

¹²¹ Vgl. Axel Springer SE, a.a.O.

¹²² Vgl. Würz, P3-Studie: Messergebnisse sind ungenau, 2019.

¹²³ Vgl. ebd.

¹²⁴ Vgl. Mandau, a.a.O.

strukturspunkten durchgeführt, wodurch verlässlichere Ergebnisse als beim Crowdsourcing-Verfahren zu erwarten sind.¹²⁵

Den drei Untersuchungen ist jedoch gemein, dass sich die deutschen Mobilfunknetze zumeist im Mittelfeld oder als Schlusslicht der Ergebnistabelle wiederfinden. Länder wie die Schweiz gehen hingegen oft mit einer Platzierung im oberen Tabellenbereich aus derartigen Untersuchungen hervor. Die deutschen Mobilfunknetze haben noch weiteres Ausbaupotential und könnten dieses durchaus in den nächsten Jahren weiter ausschöpfen¹²⁶.

5.1.2 Aktueller Stand und gegenwärtige Netznutzung des deutschen Mobilfunknetzes

Um eine Versorgung mit entsprechenden Mobilfunkangeboten sicherzustellen, werden betroffenen Gebiete in sogenannte Funkzellen eingeteilt, in denen ortsfeste Funkstationen (Basisstationen) errichtet werden. Sie fungieren als Sender und Empfänger von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern und weisen eine durchschnittliche Sendeleistung von 10-50 Watt pro Antenne auf. An den Basisstationen werden im Regelfall mindestens drei gegeneinander versetzte Antennen angebracht, die jeweils einen Sektor über einen Winkel von 120 Grad mit einem oder mehreren Funkkanälen versorgen. Funkzellen können dabei unterschiedliche Größen haben und reichen von sogenannten Picozellen mit einem Radius von wenigen Metern bis hin zu Makrozellen mit einem Radius von bis zu 35 km. Die Sendeleistung ist dabei abhängig von der Größe der Zelle und der Anzahl der in Verbindung stehenden Verbraucher. Vor allem in Großstädten setzt man deswegen eher auf ein sehr kleinzelliges Netz wohingegen sich Makrozellen stellenweise noch im ländlichen Raum finden. Das System der Funkzellen findet dabei Anwendung auf alle gegenwärtig genutzten und folgend beschriebenen Mobilfunkstandards.¹²⁷

¹²⁵ Vgl. Würz, a.a.O.

¹²⁶ Vgl. Mandau, a.a.O.

¹²⁷ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, GSM-Standard, 2020.

5.1.2.1 LTE als Standard

Mit der Abkürzung LTE wird ein Mobilfunkstandard der dritten Generation bezeichnet, welcher den Nachfolgestandard des sogenannten UMTS darstellt.¹²⁸

Aufgrund der Zuordnung zur dritten Generation wird für den LTE Standard auch teilweise die Bezeichnung 3.9G verwendet. Eine Zuordnung zur durch die entsprechenden Standardisierungsgremien definierten vierten Generation der Mobilfunkstandards, ist erst seit der Weiterentwicklung auf „LTE-Advanced“ und dessen 2014 erfolgte Einführung möglich. Der LTE Standard ist in Deutschland seit Ende 2010 verfügbar und wird auf den Frequenzbändern um 800, 1800 und 2600 MHz betrieben, wobei lediglich die Nutzung um 2600 MHz eine Neuerung im Bereich des Mobilfunks darstellt. Aufgrund weiterer Versteigerungen ist eine Ausbreitung auch auf andere Frequenzbänder möglich. Auch im Bereich des LTE-Standards wird mit der Einteilung in Funkzellen gearbeitet, welche hierbei eine durchschnittliche Sendeleistung von 20-50 Watt pro Antenne aufweisen. Die entsprechenden Endgeräte arbeiten hingegen mit einer Sendeleistung von minimal 0,1 Mikrowatt bis 200 Milliwatt, abhängig von der Entfernung zur entsprechenden Basisstation.¹²⁹

Obwohl der Mobilfunkstandard bereits vor neun Jahren eingeführt wurde und sich mit 5G bereits die nächste Generation des Mobilfunkstandards ankündigt, ist die Netzabdeckung in vielen Bereichen Deutschlands noch nicht gewährleistet. Diese These bestätigte auch der, Anfang 2019 durchgeführte, Test der Firma Opensignal und untermauerte mit diesem Resümee die Kritikpunkte an den deutschen Mobilfunknetzen. Abhilfe sollte daraufhin der am 12.07.2018¹³⁰ durchgeführte Mobilfunkgipfel schaffen. In der gemeinsamen Erklärung zum Mobilfunkgipfel setzen sich dabei Politik und Wirtschaft das Ziel, bis zum 31.12.2020 99% der Haushalte in der BRD mit dem 4G Standard zu versorgen und diese Versorgung im Laufe des Jahres 2021 auf 99 % der Haushalte eines jeden Bundeslandes auszubauen. Zum Zeitpunkt der Erklärung bedeutete dies eine Aufstockung der 4G Standorte um über 11 000. Im Gegenzug dazu wurden den Mobilfunkgesellschaften diverse finanzielle und wirtschaftliche Ausgleichs geboten.¹³¹

Eine Evaluierung des Vorgehens soll im ersten Quartal des Jahres 2020 stattfinden. Weitere aktuelle Informationen liegen von Seiten des Bundes dahingehend nicht vor.¹³²

¹²⁸ Vgl. Siepermann, LTE, 2018.

¹²⁹ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, LTE – Long Term Evolution, 2019.

¹³⁰ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Mobilfunkgipfel, 2018.

¹³¹ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Gemeinsame Erklärung zum Mobilfunkgipfel, 2018.

¹³² Vgl. Briegleb, Netzausbau: Gemischtes Echo auf Scheuers Mobilfunkstrategie, 2019.

5.1.2.2 Weitere Netze

Die ersten vollständig digitalen Mobilfunknetze wurden zwischen 1992 und 1995 in Betrieb genommen und senden, auch 2020 noch, auf Basis des GSM-Standards. Dieser nutzt dabei Frequenzbänder um 900 MHz im D-Netz sowie um 1800 MHz im E-Netz. Zum Betrieb der Sendeanlagen erhalten die Mobilfunknetzbetreiber einen Frequenzbereich, der in Frequenzbänder (oder auch Frequenzkanäle) untergliedert werden kann. Um eine Störung oder Überschneidung zu verhindern, werden benachbarten Zellen unterschiedliche Frequenzbänder zugeordnet. Ebenfalls möglich ist die Anwendung des sogenannten Zeitschlitzverfahrens. Dieses Verfahren wird genutzt, um im GSM-Standard die Anzahl gleichzeitig ablaufender Funkverbindungen zu erhöhen. Hierbei sendet das mobile Endgerät in einem von 8 Zeitschlitzten, denen jeweils eine Dauer von 0,577 Millisekunden zugeordnet werden kann, Daten an die Basisstation. Somit ergibt sich ein gepulstes Sendesignal mit einer Pulswiederholungsfrequenz von 217 Hz, also einem Puls pro 4,62 Millisekunden, ein sogenanntes niederfrequent gepulstes Hochfrequenzsignal. Die Basisstation kann damit zeitgleich im Austausch mit acht verschiedenen mobilen Endgeräten stehen. Die genaue Pulsung der Signale ist dabei abhängig von der Anzahl der zur gleichen Zeit bestehenden Verbindungen und kann dementsprechend stark schwanken.¹³³

Aufbauend auf dieses Vorgehen wurden die Datenübertragungsverfahren GPRS und EDGE entwickelt. Mit dem GSM-Standard können jedoch nur Telefongespräche übertragen werden. Im Gegensatz zum Nachfolgemodell, dem UMTS-Standard, ist er damit nicht multimediafähig.¹³⁴

Das Nachfolgemodell UMTS ist in Deutschland seit 2004 verfügbar und dient zur Betreuung der Mobilfunknetze der dritten Generation. Er sendet in einem Frequenzbereich zwischen 1920 und 2170 MHz und liegt damit knapp oberhalb der E-Netze. Da die einzelnen Datenströme durch einen individuellen Code verschlüsselt werden, kann hierbei das gesamte zur Verfügung stehende Frequenzband, die übliche Kanalbreite beträgt 5 MHz, genutzt werden und eine Zuweisung der einzelnen Verbindungen zu festgelegten Frequenzbändern oder Zeitschlitzten ist nicht mehr nötig. Der Empfänger entschlüsselt lediglich mittels des genutzten Codes den für ihn bestimmten Datenstrom innerhalb des Signalgemisches. Durch dieses Verfahren ist im UMTS-Standard eine wesentlich höhere Übertragungsrate als im GSM-Standard möglich. Die Mobilfunkanbieter arbeiten dabei mit dem Frequenz- oder dem Zeitduplexverfahren. Beide dienen dazu, die von der Basisstation gesendeten Daten von denen des mobilen Endgerätes zu unterscheiden. Im Frequenzduplexverfahren wird dabei für die Verbindung vom

¹³³ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, GSM-Standard, 2020.

¹³⁴ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, UMTS, 2020.

Endgerät zur Basisstation ein anderes Frequenzband genutzt als für die Verbindung von der Basisstation zum Endgerät. Im Zeitduplexverfahren findet hingegen erneut eine Pulsung statt. Für beide Verbindungen wird abwechselnd dasselbe Frequenzband verwendet.¹³⁵

Im UMTS-Standard wird die Verbindung entgegen der Vorgehensweise beim GSM-Standard Stück für Stück weiter aufgebaut bis eine stabile Verbindung vorliegt. Die Endgeräte senden dadurch mit einer möglichst niedrigen Sendeleistung wodurch gegenseitige Störungen minimiert werden sollen.¹³⁶

5.1.2.3 5G als Zukunftsvision

Autonomes Fahren, intelligente Kühlschränke, „Smarthomes“,... das alles soll mit dem neuen 5G-Standard durch höhere Datenübertragungsraten verbessert oder erstmals ermöglicht werden.

Da die höherfrequente Strahlung eine geringere Reichweite hat und beispielsweise nicht durch Hauswände reicht, da sie von diesen absorbiert wird, ist der Ausbau der Anzahl der Sendeanlagen nötig. Vereinzelt werden deshalb Stimmen laut, die fragen wie sich diese Verdichtung des Netzes aus Mobilfunkbasisstationen hinsichtlich der Strahlungsexposition für Mensch und Umwelt auswirken wird. Fest steht, der neue Mobilfunkstandard wird kommen. Die zuständigen Stellen gehen dabei von keiner veränderten Gesundheitsgefahr im Vergleich zum Vorgängerstandard 4G/LTE aus.¹³⁷

Aufgrund der Aktualität der Thematik und der angeregten öffentlichen Diskussion soll im Folgenden die behördliche Sicht der Thematik kritisch reflektiert und wiedergegeben werden.

a) Vorgehen im Ausbau

Im Ausbau der 5G Technologie stellen sich zunächst einmal zwei Problempunkte: Welche technischen Voraussetzungen sind für die Sendeanlagen und Endgeräte zu beachten? Wie stark steigen die Datenübertragungsmengen und wie kann dieser Anstieg gehandelt werden?

Zunächst einmal sollen für die neue Technologie drei Frequenzbereiche frei, beziehungsweise nutzbar gemacht werden.

- 2-GHz-Band, dieser Bereich wird bereits für den Mobilfunk genutzt
- 3,6-GHz-Band, dieser Bereich ist für eine vergleichbare Nutzung vergeben

¹³⁵ Vgl. ebd.

¹³⁶ Vgl. ebd.

¹³⁷ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, Die neue Mobilfunkgeneration 5G, 2019.

- 700-MHz-Band, dieser Bereich ist entsprechenden Frequenzbändern benachbart.

In einem weiteren Schritt könnten folgend Frequenzen im Milli- und Zentimeterwellenbereich vergeben werden. Da diese Strahlungsbereiche allerdings noch nicht eingehender untersucht wurden ist nicht von einer zeitnahen Nutzung auszugehen. Generell können aber, wie auch in den Umrüstungen vorheriger Mobilfunkstandards, grundlegende Kenntnisse und Erfahrungen für den Umgang mit der neuen Technologie übernommen werden. So erfolgt auch hier die Einteilung in Funkzellen die eine Reichweite von weniger als einhundert bis hin zu mehreren Kilometern haben sollen. Die Sendeleistung der eingerichteten Basisstationen wird abhängig von der Größe der Funkzelle von deutlich unter einem Watt, für die Innenraumversorgung innerhalb von Gebäuden, bis hin zu weit über einhundert Watt, im Falle mehrerer Basisstationen eines oder mehrerer Anbieter an einem Standort, reichen. Aufgrund eines erweiterten Untersuchungsbereiches im Rahmen des deutschen Mobilfunkforschungsprogrammes und anderer Studien geht das Bundesamt für Strahlenschutz allerdings weiterhin davon aus, dass unter Berücksichtigung der Grenzwerte durch den Mobilfunk keine schädigenden Auswirkungen zu erwarten sind.¹³⁸

Um die angestrebten, größeren und schnelleren Datenübertragungsraten zu erzielen wird im Rahmen der Umstellung auf 5G die, bereits für WLAN und LTE verwendete MIMO-Technik, ausgeschrieben multiple input multiple output, übernommen und weiterentwickelt. Die Antennen der Massive MIMO-Technik setzen sich aus mehreren separaten Antennenelementen zusammen die unabhängig voneinander angesteuert werden können. Ziel dieser Weiterentwicklung ist eine zielgenauere Abgabe der Strahlungsleistung und die Verbesserung der Mehrwegausbreitung. Durch die zielgenauere Strahlungsaussendung soll es zu einer Verringerung der Exposition für die Umwelt kommen. Zudem sollen für eine stabile Verbindung geringere Feldstärken benötigt werden. Nichtsdestotrotz ist davon auszugehen, dass die stark ansteigenden Datenübertragungsmengen in Verbindung mit einer Veränderung des Immissionsaufkommens stehen.¹³⁹

¹³⁸ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, 5G, 2020.

¹³⁹ Vgl. ebd.

b) Stellungnahmen des BfS

Obwohl das BfS selbst von der Unbedenklichkeit der nichtionisierenden Strahlung des Mobilfunks ausgeht rät es in Stellungnahmen zu Umsicht im Ausbau und der Berücksichtigung des Strahlenschutzes. Die Technologie sei noch nicht ausreichend erforscht und es sei im Ausbau der Technologie zu untersuchen, ob die Bevölkerung durch diese nicht doch einer höheren Strahlungsmenge ausgesetzt werde. Zwar wird weiterhin davon ausgegangen, dass eine Einhaltung der Grenzwerte erfolgt, über die Ungefährlichkeit des Vorhabens scheint sich das Bundesamt für Strahlenschutz, vor allem in Hinblick auf die neu hinzukommenden, höheren Frequenzbänder, jedoch nicht mehr sicher zu sein.¹⁴⁰

c) Untersuchungen der Stiftung Warentest

Die Stiftung Warentest gilt für einen Großteil der deutschen Bevölkerung auch in Zeiten der Internetforen, Kommentarspalten und Bewertungsleisten noch immer als eine feste und vertrauenswürdige Größe in Sachen Produktbewertung. 96% der Deutschen kennen diese Organisation und 80% schenken ihrem Urteil teilweise vollstes Vertrauen.¹⁴¹

Im Rahmen der 5G-Diskussion veröffentlichte die Stiftung 2019 einen Faktencheck, in dem sie eine Analyse und Bewertung der aktuellen Studienlage unter Beteiligung eines Gremiums bestehend aus Ärzten, Wissenschaftlern und Behördenvertretern vornahm. Den Fokus legte die Stiftung dabei zunächst auf die Aussagekraft und die methodische Qualität der neueren Tierstudien, wie beispielsweise der NTP- und der Ramazzini-Studie,¹⁴² um diesen im Folgenden auf die Erörterung der offenen Fragen und Einschätzungen im Expertengremium umzulenken.¹⁴³

Das Ergebnis der Untersuchung ist für Mobilfunkgegner eher ernüchternd. Die Stiftung Warentest schreibt der Mobilfunkstrahlung kein ausgeprägtes Gefährdungspotential zu. So heißt es sowohl in einer offiziellen Stellungnahme, als auch in der Zusammenfassung der Untersuchung: es bestehe „[...] kaum Grund zur Sorge[...]“¹⁴⁴, es sei kein nennenswerter Anstieg der Tumorraten in den letzten Jahren zu verzeichnen und die Qualitätsminderung der Spermien sei auf sonstige Einflüsse, wie beispielsweise hormonaktive Chemikalien und Nikotinkonsum, zurückzuführen.¹⁴⁵ Dabei kommt die Stiftung in ihren Ausführungen jedoch selbst zu dem Schluss, dass eine weitere Beobachtung der Tumorraten erfolgen sollte, die Restrisiken seien nach aktuellem Stand zwar

¹⁴⁰ Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, BfS empfiehlt umsichtigen 5G-Ausbau, 2019.

¹⁴¹ Vgl. Stiftung Warentest, Die Stiftung Warentest stellt sich vor, 2020.

¹⁴² Vgl. Stiftung Warentest, Wie riskant ist Handystrahlung?, 2020.

¹⁴³ Vgl. ebd.

¹⁴⁴ Ebd.

¹⁴⁵ Vgl. ebd.

gering aber können nicht gänzlich ausgeschlossen werden.¹⁴⁶ Ebenso ermittelte man in den Untersuchungen zur Spermienqualität, dass der Effekt der Minderung dieser mit einem Prozentsatz von 10% zu beziffern sei, den die Stiftung selbst aber als eher gering ansieht.¹⁴⁷ Positives Feedback erhalten Mobilfunkgegner jedoch im Bereich der Elektrosensitivität. Zwar wird auch in dieser Untersuchung kein wissenschaftlich belastbarer Beweis für das Phänomen gefunden, doch im Gegensatz zu anderen öffentlichen Stellen verweist die Stiftung Warentest auf weiteren Forschungsbedarf und die Angebote der umweltmedizinischen Ambulanzen und Beratungsstellen, sowie der Hausärzte um eine Linderung des Leidensdrucks der Betroffenen herbeizuführen.¹⁴⁸

Die Faktencheck der Stiftung muss sich dennoch ausgeprägter Kritik und Diskussion stellen. Diagnose: Funk verweist beispielsweise darauf, dass sich die Ergebnisse der Stiftung weitestgehend mit denen der ICNIRP, der SSK und des BfS decken, denen allen eine Verbindung zu Industrie und Politik nachgewiesen werden könne. Diagnose: Funk sieht aber vor allem folgende Kritikpunkte:

- Industrienähe der Stiftung Warentest
- das Gutachten der Toxikologen bezüglich der Ergebnisse der NTP- und der Ramazzini-Studie wurde nicht veröffentlicht, diesem steht zudem das, in dieser Arbeit bereits berücksichtigte, Gutachten von Prof. C. Lin entgegen, bei dem nachweislich keiner der Beteiligten im Dienste der Mobilfunkindustrie stand
- Metaanalysen erhöhen nicht zwangsläufig die Zuverlässigkeit der Aussage. Ungleichheiten bezüglich Design und Qualität der berücksichtigten Studien, mangelnde Neutralität oder Unabhängigkeit ihrer Autoren sowie Voreingenommenheit der Autoren der zusammenfassenden Analyse selbst können zur Minderung der Ergebnisse aussagekräftiger Untersuchungen gegenüber fehlerhafter Untersuchungen führen.
- Die Stiftung Warentest betrachtet die Entwicklung der Häufigkeit aller Hirntumore. Die Studien untersuchen jedoch zumeist das Auftreten zweier bestimmter Arten, der Glioblastome und der Akustikusneurome. Die Anzahl der Glioblastome habe sich so beispielsweise in England zwischen 1995 und 2015 verdoppelt, ohne dass ein Anstieg des Auftretens von Hirntumoren generell zu verzeichnen sei.
- Die bezifferten 10 % der verminderten Spermienqualität stellen einen Mittelwert dar, der lediglich die Beweglichkeit und Überlebensfähigkeit berücksichtigt. Indivi-

¹⁴⁶ Vgl. ebd.

¹⁴⁷ Vgl. ebd.

¹⁴⁸ Vgl. ebd.

duell können die Schädigungen wesentlich stärker ausfallen und auch in Form gentechnischer Schädigung auftreten.

- Relevante Studienergebnisse wurden bei der Auswahl der zu berücksichtigenden Studien übersehen oder möglicherweise auch ignoriert.¹⁴⁹

Zu den Kritikpunkten Industrienähe, Selektivität und Intransparenz hat die Stiftung Warentest im Rahmen des Artikels bereits eine Stellungnahme abgegeben. Sie verteidigt dabei ihr vorgehen, veröffentlicht eine Liste der genutzten Studien und Quellen, verweigert aber weiterhin die Veröffentlichung des Gutachtens zur NTP-Studie „[...] aus Gründen der Vertraulichkeit und zum Schutz unserer Prüfinstitute[...]“¹⁵⁰. Sie verweist ebenfalls darauf, dass Studien mit einer hohen Relevanz als Einzelstudien genutzt und nicht in die Metaanalysen einbezogen werden. Zu weiteren Kritikpunkten erfolgt indes keine Stellungnahme.¹⁵¹

¹⁴⁹ Vgl. Adlkofer, Stiftung Warentest hat nichts gecheckt bei den gesundheitlichen Risiken der Handystrahlung, 2019.

¹⁵⁰ Stiftung Warentest, Wie riskant ist Handystrahlung?, 2020.

¹⁵¹ Vgl. Stiftung Warentest, Wie riskant ist Handystrahlung?, 2020.

6 Abschließende Bewertung

Auf Grundlage der zuvor ausgeführten Recherche- und Analyseergebnisse soll schlussendlich eine Bewertung erfolgen, ob die gesetzlichen Grenzwerte von Mobilfunkstrahlung verbraucherschutzrechtlich zu verantworten sind, beziehungsweise ob eine immissionschutzrechtliche Überarbeitung der Werte für Basisstationen erfolgen sollte, um Leib, Leben und Gesundheit der Bevölkerung bestmöglich zu schützen.

Der größte herauskristalisierte Kritikpunkt ist die Tatsache, dass mobile Endgeräte nicht von den bundesrechtlichen Regelungen der 26. BImSchV erfasst werden. Lediglich 4% der Strahlung der das Gehirn ausgesetzt ist, werden von körperfernen Sendequellen wie Basisstationen ausgestrahlt.¹⁵² Die restlichen 96% stammen hingegen von körpernahen Quellen wie beispielsweise dem Smartphone.¹⁵³ Ebenso zu kritisieren ist, dass die, von der ICNIRP empfohlenen Grenzwerte lediglich zum Schutz vor Schäden durch thermische Effekte, also der Erwärmung des betroffenen Körpergewebes dienen.¹⁵⁴ Studien, die andere gesundheitliche Risiken nachweisen, werden durch die zuständigen Behörden zumeist als methodisch fehlerhaft oder nicht übertragbar bewertet. Die Hinweise auf gesundheitliche Beeinträchtigungen und die Anreize zum Überdenken des aktuellen Vorgehens werden dabei ignoriert. Kritiker der ICNIRP bezeichnen diese somit nicht grundlos als zu industriennah¹⁵⁵ und als Leugner der athermischen Wirkungen¹⁵⁶.

Diese Leugnung und deren Übernahme durch die europäischen und staatlichen Organe erschwert die Berücksichtigung besonders betroffener Personen. Elektrosensitivität wurde bislang nicht als Krankheitsbild anerkannt, sondern zumeist auf sonstige Faktoren zurückgeführt. Die Gleichgültigkeit, die dem gesundheitlichen Zustand dieser Personen entgegen gebracht wird, widerspricht dem Vorsorgeprinzip zu dem sich der Staat im Bereich umweltrechtlicher Richtlinien verpflichtet hat. Mobilfunkkritiker fordern schon lange die Berücksichtigung besonders betroffener Personen, wie beispielsweise Elektrosensitiver, aber auch Kinder und Jugendlicher durch die Errichtung strahlungsarmer bis strahlungsfreier Räume, in Form von öffentlich ausgewiesenen Schutzzonen, in öffentlichen Verkehrsmitteln, Schulen, Kindergärten, Krankenhäusern und ähnlichem.¹⁵⁷ Ebenso sollten konkrete Abstandsflächen zu diesen Gebäuden festgelegt und eine Minimierung der Wohngebäude durchdringenden Strahlung veranlasst werden.

¹⁵² Vgl. Stiftung Warentest, Wie riskant ist Handystrahlung?, 2020.

¹⁵³ Vgl. ebd.

¹⁵⁴ Vgl. ebd.

¹⁵⁵ Vgl. ebd.

¹⁵⁶ Vgl. Dr. Cherry, Das ICNIRP-Spiel, 2000.

¹⁵⁷ Vgl. Ärztegruppe der Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie e.V., a.a.O. S. 2

Der Ursache-Wirkungs-Zusammenhang der Elektrosensitivität und der durch Mobilfunkstrahlung geförderten Symptombilder sollte weiterhin untersucht und die Forschung auf diesem Bereich stärker gefördert werden. Die in dieser Arbeit erläuterten Studien stellen nur einen Bruchteil der aktuell verfügbaren Untersuchungen dar, die einen Zusammenhang zwischen den untersuchten Symptomen und Phänomenen und der Mobilfunkstrahlung mindestens vermuten lassen. Die zuständigen Behörden sollten die Ergebnisse dieser Studien in ihre künftigen Beurteilungen einfließen lassen und effektivere Maßnahmen zum Schutz von Mensch, Flora und Fauna ergreifen.

Vor allem der anstehende Ausbau der 5G-Technologie könnte neue Probleme und eine Verschärfung der Situation mit sich bringen. Die Autoren des internationalen Ärzteappells warnten bereits 2012 vor der Unverantwortlichkeit des weiteren Ausbaus der Funktechnik.¹⁵⁸ Seitdem hat sich jedoch viel verändert. Die Frequenzen für den Ausbau des 5G-Netzes wurden bereits versteigert, 6,6 Milliarden Euro konnte der Staat damit erzielen.¹⁵⁹ Die Technologie wird auch von Politikern oftmals als „dringend benötigt“¹⁶⁰ kommuniziert. Dabei wurden die für sie vorgesehenen Frequenzen noch nicht einmal abschließend untersucht. Für die neue Technologie werden Frequenzen nutzbar gemacht, deren Auswirkungen bei dieser ausgeprägten Nutzung noch nicht abschließend geklärt wurden. Die empfehlenswerte Reihenfolge, Abklärung möglicher Risiken → gesetzliche Schutzmaßnahmen und Regelungen → Umsetzung und Nutzarmachung der Technologie, wird im Bezug auf den Netzausbau nahezu komplett außer Acht gelassen. Deutschland steht im internationalen Vergleich zwar nicht unter den Spitzenreitern, doch kann die Forderung der Gesellschaft und der Politik nach bundesweit verfügbarem schnellem Internet nicht ohne Rücksicht auf den benötigten Schutz und die notwendige Vorsorge erfolgen. Die Gesundheit und Sicherheit der Bevölkerung sollte vor dem wirtschaftlichen Erfolg und dem technischen Fortschritt stehen.

Zur Rechtfertigung des aktuellen Vorgehens wird oftmals das Argument angebracht, dass die durchschnittliche Exposition der Bevölkerung die derzeitigen Grenzwerte nicht ansatzweise erreicht.¹⁶¹ Fraglich ist dann jedoch, warum eine Senkung der Grenzwerte dann weiterhin vehement abgelehnt wird. Geringere Grenzwerte sollten demnach kein Problem für die Mobilfunkanbieter und die Gerätehersteller darstellen, zumal die Intensität der Sendeleistung durch die neuen Technologien weiter abnehmen soll¹⁶².

¹⁵⁸ Vgl. ebd.

¹⁵⁹ Vgl. Rzepka, Dominik, 5G-Versteigerung bringt Staat knapp 6,6 Milliarden Euro, 2019.

¹⁶⁰ Notz, Konstantin zitiert in ebd.

¹⁶¹ Vgl. Stiftung Warentest, Wie riskant ist Handystrahlung?, 2020.

¹⁶² Vgl. ebd.

Orientiert an den Forderungen des internationalen Ärzteappells von 2012 und den Untersuchungsergebnissen dieser Arbeit lassen sich damit folgende Forderungen zum Umgang mit der Mobilfunkstrahlung aufstellen:

1. Einführung einer bundesrechtlichen Grenzwertregelung für die Strahlungs- und Sendeleistung mobiler Endgeräte
2. Anpassung der aktuellen Grenzwerte für Mobilfunkbasisstationen an den aktuellen Stand und damit wesentliche Reduzierung der zulässigen Werte
3. Berücksichtigung der Studienlage zu athermischen Wirkungen der Mobilfunkstrahlung und der Auswirkungen auf Flora und Fauna verbunden mit der entsprechenden Ergreifung von Maßnahmen zum Schutze dieser
4. Isolation von Wohneigentum und Schutz vor dieser durchdringender Strahlung
5. Förderung kabelgebundener Lösungen, vor allem in öffentlichen Einrichtungen wie beispielsweise Krankenhäusern, Schulen, Pflegeheimen, Kindergärten, etc. und damit verbunden der Vorzug des Glasfaserausbaus gegenüber der Errichtung neuer Mobilfunkmasten
6. gesetzliche Regelungen zum Schutz für Kinder und Jugendliche
7. Anerkennung der Elektrohypersensitivität, Förderung der Forschung zu diesem Phänomen und Errichtung von Schutzzonen
8. Förderung der industrieunabhängigen Forschung und Distanzierung von der ICNIRP als maßgebende Organisation zur Grenzwertfestsetzung
9. Aussetzung des 5G-Ausbaus bis zur abschließenden Klärung möglicher neuer Risiken
10. weitere umfassende Aufklärung und Information der Bürger und stärkere Bekanntmachung der Informationsmöglichkeiten

Kernsätze

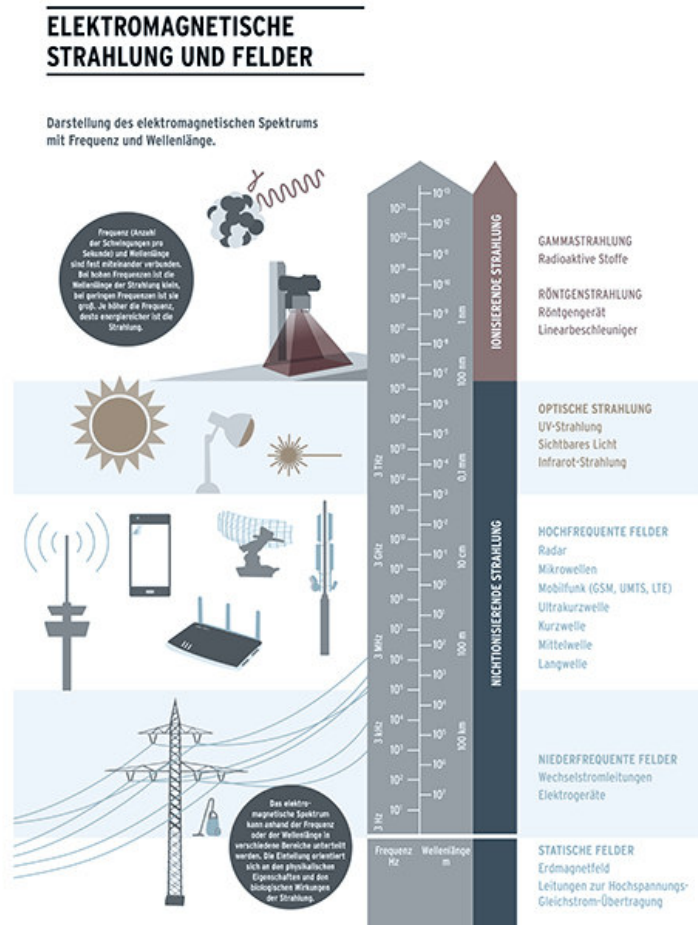
1. Die Thematik der Mobilfunkstrahlung betrifft verschiedenste Rechtsgebiete und wurde von einer Vielzahl staatlicher und nichtstaatlicher Organisationen erfasst.
2. Die 26. BImSchV regelt lediglich die Grenzwerte für ortsfeste Sendeanlagen nicht jedoch solche für mobile Endgeräte.
3. Die Strahlungsexposition durch mobile Endgeräte ist um ein Vielfaches höher als durch die ortsfesten Sendeanlagen.
4. Zur Festlegung der Grenz- und Richtwerte wurden ausschließlich thermische und keine athermischen Auswirkungen der Strahlungsexposition berücksichtigt.
5. Eine Vielzahl unterschiedlichster Studien liefert Hinweise auf athermische Wirkungen der Mobilfunkstrahlung und deren schädlichen Charakter für die Gesundheit des Menschen.
6. Die Erkenntnisse mobilfunkkritischer Studien finden kaum Berücksichtigung durch öffentliche Stellen.
7. Der Bund setzt im Rahmen des Schutzes und der Vorsorge vor Schädigungen durch die Mobilfunkstrahlung vor allem auf die Eigeninitiative der Bürger.
8. Durch den geplanten weiteren Ausbau der deutschen Mobilfunknetze ist in Summe eine höhere Strahlungsexposition zu erwarten.

Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Abbildung „elektromagnetische Strahlung und Felder“	VI
Anhang 2: Abbildung „Transparent der Initiative in Hopfgarten bei Bad Lausick	VI
Anhang 3: Abbildung „Wirkung auf die Gesundheit des Menschen“	VII
Anhang 4: Abbildung „LTE Verfügbarkeit in der Bundesrepublik Deutschland“	VII
Anhang 5: Abbildung „LTE Verfügbarkeit im internationalen Vergleich“	VIII
Anhang 6: Abbildung „DACH-Gesamtwertung“	VIII
Anhang 7: Abbildung „Verbesserung der Mobilfunknetze zum Vorjahr, DACH- Vergleich“	IX
Anhang 8: Abbildung „durchschnittliche Downloadgeschwindigkeit; DACH-Vergleich“ ..	IX

Anhang 1: Abbildung „elektromagnetische Strahlung und Felder“¹⁶³

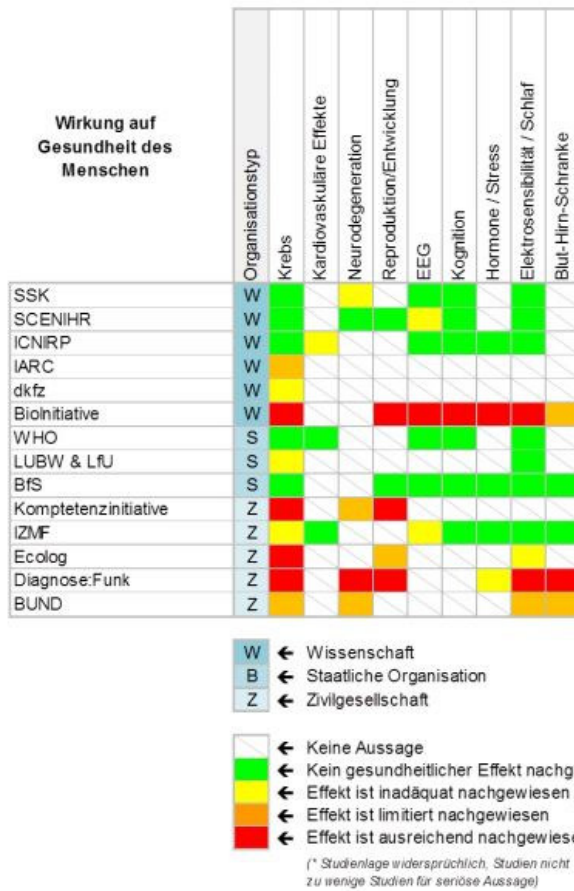


Anhang 2: Abbildung „Transparent der Initiative in Hopfgarten bei Bad Lausick“

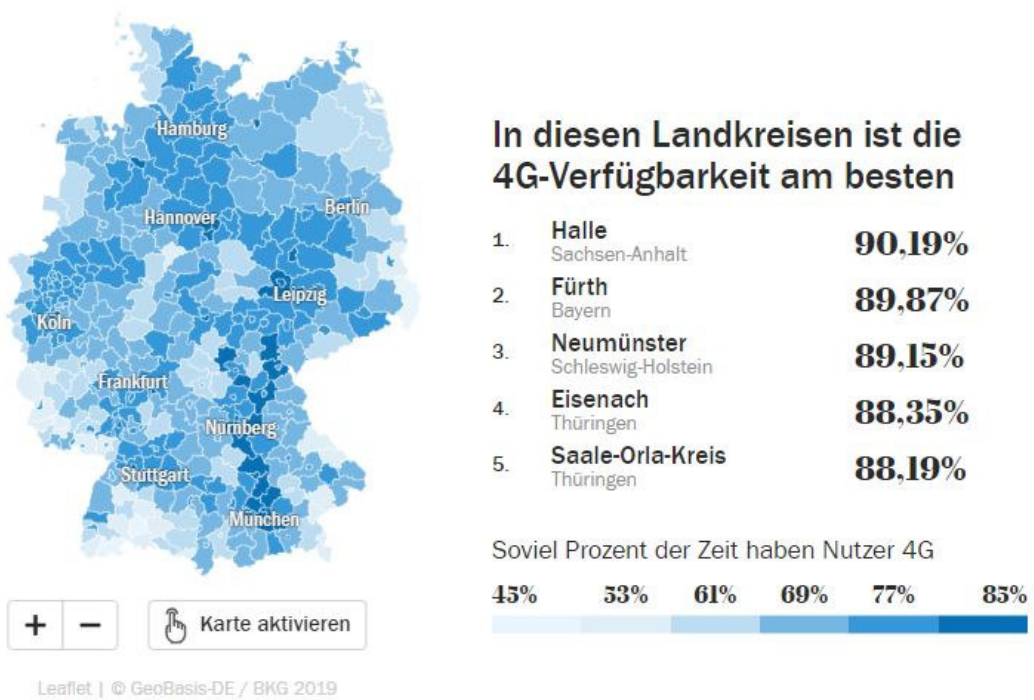


¹⁶³ Bundesamt für Strahlenschutz, Was sind elektromagnetische Felder?, 2020

Anhang 3: Abbildung „Wirkung auf die Gesundheit des Menschen“¹⁶⁴



Anhang 4: Abbildung „LTE-Verfügbarkeit in der Bundesrepublik Deutschland“¹⁶⁵



¹⁶⁴ Dürrenberger, Divergierende Risikobewertungen im Bereich Mobilfunk, 2016.

¹⁶⁵ Dalg, a.a.O.

Anhang 5: Abbildung „LTE-Verfügbarkeit im internationalen Vergleich“¹⁶⁶

Im internationalen Vergleich steht Deutschland schlecht da

Ausgewertet wurde auch die LTE-Verfügbarkeit nach Ländern. Daneben wurde auch die durchschnittlichen Geschwindigkeiten von Uploads und Downloads ausgewertet. Sie können die Tabelle nach den verschiedenen Metriken sortieren.

Suche in Tabelle

Seite 1 von 8 >

Land	4G-Verfügbarkeit	Download-Geschwindigkeit (Mbps)	Upload-Geschwindigkeit (Mbps)
1 Südkorea	97,5%	52,4	15,1
2 Japan	96,3%	33,0	9,1
3 Norwegen	95,5%	48,2	14,5
4 Hong Kong	94,1%	16,7	7,1
5 USA	93,0%	21,3	6,3
6 Niederlande	92,8%	42,4	12,2
7 Taiwan	92,8%	26,6	9,3
8 Ungarn	91,4%	32,7	11,4
9 Schweden	91,1%	30,8	9,7
10 Indien	90,9%	6,8	2,1
11 Tschechien	90,6%	31,5	12,5
12 Belgien	90,4%	34,2	11,9

Tabelle: David Meidinger, Tagesspiegel Innovation Lab • Quelle: The State of Mobile Network Experience, Opensignal, 2019

49 Rumänien	78,8%	20,6	7,8
50 Bolivien	78,7%	12,5	6,0
51 Libanon	78,6%	16,9	5,4
52 Vietnam	78,4%	14,1	5,5
53 Senegal	77,2%	5,1	1,5
54 Deutschland	76,9%	22,6	7,6
55 Marokko	76,8%	11,2	4,0
56 Chile	76,7%	12,0	5,8
57 Neuseeland	76,5%	27,3	7,6
58 Südafrika	75,9%	15,0	4,6
59 Pakistan	74,9%	6,2	2,4
60 Kenia	74,2%	10,1	3,8

Tabelle: David Meidinger, Tagesspiegel Innovation Lab • Quelle: The State of Mobile Network Experience, Opensignal, 2019

Anhang 6: Abbildung „DACH-Gesamtwertung“¹⁶⁷

D-A-CH Gesamtwertung

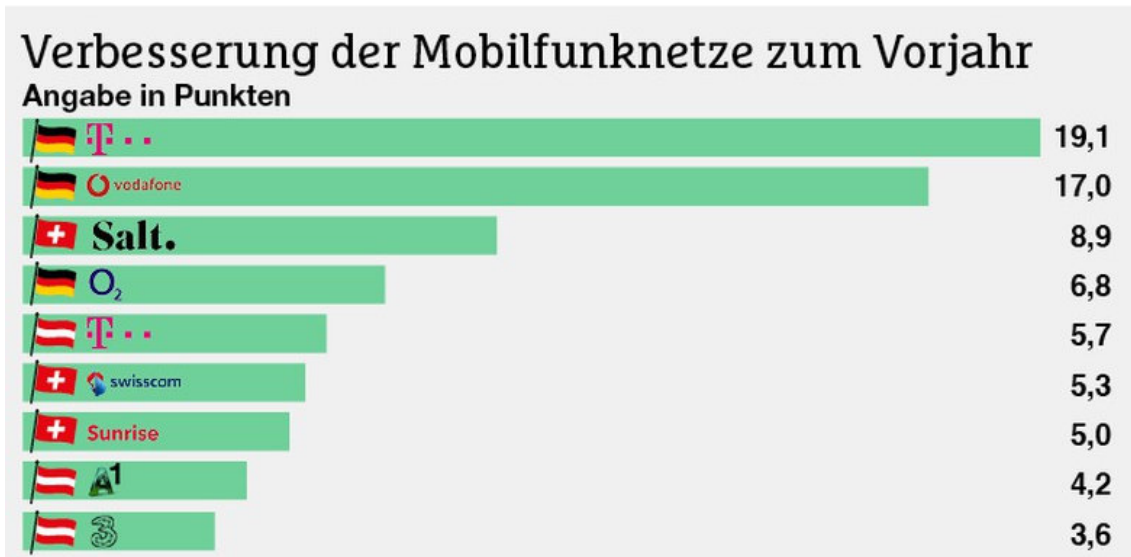
Angabe in Punkten



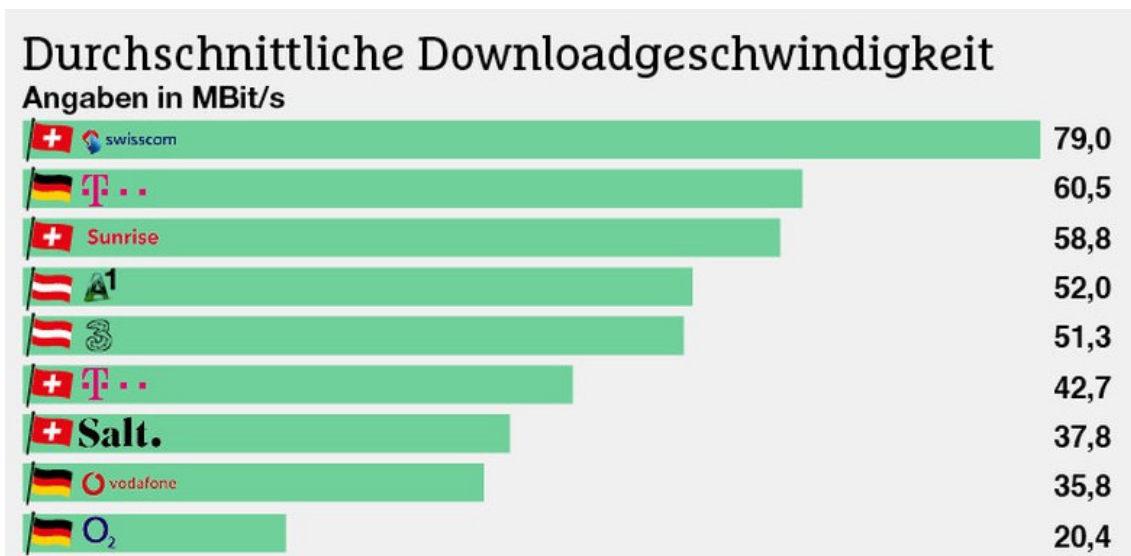
¹⁶⁶ Vgl. Dalg, a.a.O.

¹⁶⁷ Mandau, a.a.O.

Anhang 7: Abbildung „Verbesserung der Mobilfunknetze zum Vorjahr, DACH-Vergleich“¹⁶⁸



Anhang 8: Abbildung „durchschnittliche Downloadgeschwindigkeit; DACH-Vergleich“¹⁶⁹



¹⁶⁸ Mandau, a.a.O.

¹⁶⁹ Mandau, a.a.O.

Literaturverzeichnis

Adlkofer, Franz (2019): *Stiftung Warentest hat nichts gecheckt bei den gesundheitlichen Risiken der Handystrahlung. Prof. Adlkofer zum postfaktischen Faktencheck.* Hg. v. Diagnose-Funk e.V. www.diagnose-funk.org. Online verfügbar unter <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail?newsid=1471>, zuletzt geprüft am 23.03.2020.

Ärztegruppe der Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie e.V. (2012): *Internationaler Ärzteappell 2012. 10 Jahre nach dem Freiburger Appell: Mobilfunk gefährdet Gesundheit. Ärzte fordern überfällige Vorsorgemaßnahmen!* Online verfügbar unter www.freiburger-appell-2012.info, zuletzt geprüft am 05.03.2020.

Augner, Christoph (2009): *Psychische Auswirkungen von Mobilfunkstrahlung auf den Menschen. Dissertation zur Erlangung des naturwissenschaftlichen Doktorgrades an der Universität Trier im Fachbereich I.* Dissertation. Universität Trier. Online verfügbar unter https://ubt.opus.hbz-nrw.de/opus45-ubtr/frontdoor/deliver/index/docId/345/file/Dissertation_ChristophAugner2009.pdf, zuletzt geprüft am 04.03.2020.

Axel Springer SE (2018): *Deutsches Netz schlechter als das in Albanien.* Hg. v. Axel Springer SE. www.welt.de. Online verfügbar unter <https://www.welt.de/politik/deutschland/article186160422/Mobilfunk-Studie-Deutsches-Netz-schlechter-als-das-in-Albanien.html>, zuletzt geprüft am 23.03.2020.

Briegleb, Volker (2019): *Netzausbau: Gemischtes Echo auf Scheuers Mobilfunkstrategie.* Hg. v. Heise Medien GmbH & Co. KG. www.heise.de. Online verfügbar unter <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Netzausbau-Gemischtes-Echo-auf-Scheuers-Mobilfunkstrategie-4589802.html>, zuletzt geprüft am 25.02.2020.

Bundesamt für Strahlenschutz (2017): *Elektrische und magnetische Felder der Stromversorgung.* Unter Mitarbeit von Melanie Bartholomäus. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/emf/stko-strom.pdf?__blob=publicationFile&v=8, zuletzt geprüft am 25.02.2020.

Bundesamt für Strahlenschutz (2018): *Vorsorge.* Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter https://www.bfs.de/DE/themen/emf/hff/schutz/vorsorge/vorsorge_node.html, zuletzt geprüft am 02.03.2020.

Bundesamt für Strahlenschutz (2019): *Arbeitsschutz.* Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/hff/schutz/arbeitsschutz/arbeitsschutz.html>, zuletzt geprüft am 19.03.2020.

Bundesamt für Strahlenschutz (2019): *BfS empfiehlt umsichtigen 5G-Ausbau.* Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/SharedDocs/Stellungnahmen/BfS/DE/2019/0320-5G.html>, zuletzt geprüft am 27.02.2020.

- Bundesamt für Strahlenschutz (2019):** *Biologische Wirkungen hochfrequenter Felder durch Energieabsorption und Erwärmung.* Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter https://www.bfs.de/DE/themen/emf/hff/wirkung/hff-nachgewiesen/hff-nachgewiesen_node.html, zuletzt geprüft am 24.03.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2019):** *Blauer Engel: so viele Mobiltelefone könnten damit ausgezeichnet werden.* Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/mobilfunk/schutz/blauerengel.html>, zuletzt geprüft am 05.03.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2019):** *Die neue Mobilfunkgeneration 5G. Textfassung des Videos "Die neue Mobilfunkgeneration 5G".* Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/mediathek/multimedia/video/emf/emf-mobilfunk-5g.html>, zuletzt geprüft am 03.03.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2019):** *Einstufung hochfrequenter elektromagnetischer Felder durch die IARC.* Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. Online verfügbar unter https://www.bfs.de/DE/themen/emf/hff/wirkung/iarc/iarc_node.html, zuletzt geprüft am 04.03.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2019):** *Empfehlungen des BfS zum Telefonieren mit dem Handy.* Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/mobilfunk/schutz/empfehlungen-handy.html>;jsessionid=AB05EC17CA0AFF1F6E43B390FA779F4D.1_cid365, zuletzt geprüft am 27.02.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2019):** *Grenzwerte für hochfrequente Felder.* Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/hff/schutz/grenzwerte/grenzwerte.html>, zuletzt geprüft am 25.02.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2019):** *Hinweise und Tipps für die Nutzer von Smartphones und Tablets.* Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/mobilfunk/schutz/smartphone-tablet.html>;jsessionid=AB05EC17CA0AFF1F6E43B390FA779F4D.1_cid365, zuletzt geprüft am 03.03.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2019):** *LTE – Long Term Evolution.* Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/mobilfunk/basiswissen/lte.html>, zuletzt geprüft am 25.02.2020.

- Bundesamt für Strahlenschutz (2019): *Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber.*** Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/mobilfunk/schutz/selbstverpflichtung.html>, zuletzt geprüft am 16.03.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2019): *Übersicht über das Vorkommen hochfrequenter Felder.*** Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/hff/quellen/uebersicht/uebersicht.html>, zuletzt geprüft am 24.03.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2019): *Was sind elektromagnetische Felder?*** Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/einfuehrung/einfuehrung.html>, zuletzt geprüft am 25.02.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2019): *Wissenschaftlich diskutierte biologische und gesundheitliche Wirkungen hochfrequenter Felder.*** Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/hff/wirkung/hff-diskutiert/hff-diskutiert.html>, zuletzt geprüft am 03.03.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2020): *5G.*** Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/mobilfunk/basiswissen/5ge/5g_node.html;jsessionid=AB05EC17CA0AFF1F6E43B390FA779F4D.1_cid365, zuletzt geprüft am 27.02.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2020): *Bericht zum Workshop: Umwelteffekte elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf Flora und Fauna.*** Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/ergebnisse/emf-umwelt/emf-umwelt.html>, zuletzt geprüft am 05.03.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2020): *Bundesweite repräsentative Umfragen zur Ermittlung der Risikowahrnehmung im Bereich des Mobilfunks.*** Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/berichte/berichte-mobilfunk/risikoe/umfrage/umfragen.html>, zuletzt geprüft am 03.03.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2020): *Fachliche Stellungnahme zu einer Studie über Mobiltelefon-Nutzung und Verhaltensprobleme bei Kindern.*** Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/stellungnahmen/emf/mobilfunk-verhaltensprobleme.html>, zuletzt geprüft am 05.03.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2020): *GSM-Standard.*** Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/mobilfunk/basiswissen/gsm.html>, zuletzt geprüft am 25.02.2020.

- Bundesamt für Strahlenschutz (2020):** *Langzeitstudie an Mäusen und Ratten zu Ganzkörperexposition mit Mobilfunkfeldern (NTP-Studie). Fachliche Stellungnahme des BfS zu den Ergebnissen der NTP-Studie.* Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. www.bfs.de. Online verfügbar unter https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaftsforschung/stellungnahmen/emf/ntp-studie/dossier-ntp-studie.html?cms_docId=12006154&cms_notFirst=true, zuletzt geprüft am 04.03.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2020):** *Spezifische Absorptionsraten (SAR) von Handys.* Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/mobilfunk/schutz/sar-handy.html>, zuletzt geprüft am 27.02.2020.
- Bundesamt für Strahlenschutz (2020):** *UMTS.* Unter Mitarbeit von Meike Vedder und Achim Neuhäuser. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesamt für Strahlenschutz. www.bfs.de. Online verfügbar unter <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/mobilfunk/basiswissen/umts.html>, zuletzt geprüft am 25.02.2020.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018):** *Gemeinsame Erklärung zum Mobilfunkgipfel.* Hg. v. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/mobilfunkgipfel.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 25.02.2020.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018):** *Mobilfunkgipfel.* Unter Mitarbeit von Julie Heintz und Ingo Sträter. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. www.bmvi.de. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Frequenzen-Mobilfunk-und-Digitalradio/Mobilfunkgipfel/mobilfunkgipfel.html>, zuletzt geprüft am 25.02.2020.
- Bundeszentrale für politische Bildung (2018):** *Bevölkerungsstand und -entwicklung. Bevölkerungsstand in absoluten Zahlen und Bevölkerungsentwicklung in Prozent, ausgewählte europäische Staaten, 2017 und 2050.* Hg. v. Bundeszentrale für politische Bildung. Online verfügbar unter <https://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/europa/70497/bevoelkerungsstand-und-entwicklung>, zuletzt geprüft am 03.03.2020.
- Bundeszentrale für politische Bildung (2019):** *Bruttoinlandsprodukt (BIP). In Milliarden Euro, Anteil der EU-Mitglieder am BIP der EU in Prozent, ausgewählte europäische Staaten, 2017.* Hg. v. Bundeszentrale für politische Bildung. www.bpb.de. Online verfügbar unter <https://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/europa/70543/bruttoinlandsprodukt-bip>, zuletzt geprüft am 03.03.2020.
- Buschmann, Kirsten (2019):** *Dunkelfelddiagnose nach Enderlein.* Hg. v. Bund Deutscher Heilpraktiker (BDH) e.V. www.bdh-online.de. Online verfügbar unter <https://www.bdh-online.de/lexikon/dunkelfelddiagnose-nach-enderlein/>, zuletzt geprüft am 27.02.2020.
- Dalg, Paul; Lehmann, Hendrik (2019):** *Deutschland im Funkloch.* Unter Mitarbeit von David Meidinger und Lubena Awan. Hg. v. Verlag Der Tagesspiegel GmbH. Verlag Der Tagesspiegel GmbH. www.interaktiv.tagesspiegel.de. Online verfügbar unter <https://interaktiv.tagesspiegel.de/lab/deutschland-im-funkloch/>, zuletzt geprüft am 25.02.2020.

- Detemobil Deutsche Telekom GmbH; E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG; Mannesmann Mobilfunk GmbH; Mobilcom Multimedia GmbH; Quam Group 3G UMTS GmbH; Viag Interkom GmbH & Co.** (2001): *Maßnahmen zur Verbesserung von Sicherheit und Verbraucher-, Umwelt-, und Gesundheitsschutz, Information und Vertrauensbildende Maßnahmen beim Ausbau der Mobilfunknetze.*
- Deutscher Bundestag** (2003): *Drucksache 15/1403. Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung*, 08.07.2003.
- Deutscher Bundestag** (2013): *Drucksache 17/14646. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sabine Stüber, Eva Bulling-Schröter, Ralph Lenkert, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE. Mobilfunktechnik und Gesundheitsschutz*, 26.08.2013.
- Diagnose-Funk e.V.** (19.02.2016): *130 Studien bestätigen: Mobilfunkstrahlung schädigt die Fruchtbarkeit.* Hensinger, Peter, peter.hensinger@diagnose-funk.org, zuletzt geprüft am 05.03.2020.
- Diagnose-Funk e.V.** (2016): *Smartphones & Tablets schädigen Hoden, Spermien und Embryos. 130 Studien bestätigen Auswirkungen auf Fruchtbarkeit.* In: Brennpunkt, S. 2–3. Online verfügbar unter <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1043>, zuletzt geprüft am 05.03.2020.
- Diagnose-Funk e.V.** (2016): *Studien belegen: Smartphones schädigen Fruchtbarkeit. Vorsorgemaßnahmen dringend notwendig.* Hg. v. Diagnose-Funk e.V. www.diagnose-funk.org. Pressemitteilung. Online verfügbar unter <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1043>, zuletzt geprüft am 05.03.2020.
- Diagnose-Funk e.V.** (2020): *Professor James C. Lin: Die NTP-Studie weist das Krebspotential der Mobilfunkstrahlung nach.* In: Brennpunkt. Online verfügbar unter <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/diagnose-funk-publikationen/brennpunkt>, zuletzt geprüft am 04.03.2020.
- Dipl. Biol. Wilke, Isabel; Heeren, Roman** (2019): *Hochfrequenzwirkung auf die männliche Fruchtbarkeit. Langfristige Belastung mit hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung von 4G-Smartphones vermindert die männliche Fortpflanzungsfähigkeit, indem sie die Spock3-MMP2-BTB-Achse im Hoden erwachsener Ratten stört.* In: *ElektrosmogReport* 25 (4), zuletzt geprüft am 03.03.2020.
- Dipl.-Ing. Barth, Hans; Dr. rer. pol. Mantel, Manfred** (2017): *Blutkörperchen unter Hochfrequenz.* In: *raum&zeit* 9 (33), S. 44–45, zuletzt geprüft am 27.02.2020.
- Divan, HA.; Kheifets, L.; Obel, C.; Olsen, J.** (2008): *Pränatale und postnatale Exposition gegenüber Handynutzung und Verhaltensproblemen bei Kindern.* Hg. v. Nationales Zentrum für biotechnologische Informationen. www.ncbi.nlm.nih.gov. Online verfügbar unter <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18467962>, zuletzt geprüft am 05.03.2020.
- Divan, HA.; Kheifets, L.; Obel, C.; Olsen, J.** (2012): *Handynutzung und Verhaltensprobleme bei kleinen Kindern.* Hg. v. Nationales Zentrum für biotechnologische Informationen. www.ncbi.nlm.nih.gov. Online verfügbar unter <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21138897>, zuletzt geprüft am 05.03.2020.
- Dr. Cherry, Neil** (2000): *Das ICNIRP-Spiel. Beurteilung der Wirkungen auf die Gesundheit in den ICNIRP-Richtlinien für Mobilfunk und Mikrowellenstrahlung.* Hg. v. Gigahertz.ch. www.gigahertz.de. Online verfügbar unter <https://www.gigahertz.ch/impressum/>, zuletzt geprüft am 23.03.2020.

- Dr. rer. nat. Warnke, Ulrich** (2009): *Die Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf Tiere. Ein Forschungsbericht*. Hg. v. Internetpublikation der Kompetenzinitiative e.V. www.der-mast-muss-weg.de. Online verfügbar unter http://www.der-mast-muss-weg.de/pdf/studien/Warnke_Forschungsbericht.pdf, zuletzt geprüft am 05.03.2020.
- Dürrenberger, Gregor; Högg, Roman** (2016): *Divergierende Risikobewertungen im Bereich Mobilfunk. Unter Mitarbeit von Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation (FSM)*. Hg. v. Stiftung Risiko-Dialog St.Gallen. Online verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_fm_8865_mobilfunk_risikobewertung_bf.pdf, zuletzt geprüft am 27.02.2020.
- Europäische Union** (1999): *1999/519/EG: Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz - 300 GHz)*. Amtsblatt Nr. L 199 vom 30/07/1999 S. 0059 - 0070. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A31999H0519>, zuletzt geprüft am 25.02.2020.
- Hardell, L.; Carlberg, M.; Hedendahl, L.** (2018): *Mobilfunkstrahlung und Krebs: Die Ergebnisse der NTP-Studie und die Gesamtstudienlage*. Hg. v. Diagnose-Funk e.V. www.diagnose-funk.org. Online verfügbar unter <https://www.emfdata.org/de/dokumentationen/detail?id=247>, zuletzt geprüft am 04.03.2020.
- Lean, Geoffrey** (2008a): *Handynutzung in der Schwangerschaft. Studie deckt spätere Verhaltensstörungen auf*. Unter Mitarbeit von Evi Gaigg. Hg. v. Diagnose-Funk e.V. www.diagnose-funk.org. Online verfügbar unter <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail?newsid=482>, zuletzt geprüft am 05.03.2020.
- Lean, Geoffrey** (2008b): *Handystrahlung verursacht Schlafstörungen. Industrieforschung liefert unbequemes Ergebnis*. Unter Mitarbeit von Evi Gaigg. Hg. v. Diagnose-Funk e.V. www.diagnose-funk.org. Online verfügbar unter <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=744>, zuletzt geprüft am 04.03.2020.
- Lichtblick Kommunikation:** *Was versteht man unter thermischen Wirkungen elektromagnetischer Felder?* Hg. v. Lichtblick Kommunikation. www.informationszentrum-mobilfunk.de. Online verfügbar unter <https://www.informationszentrum-mobilfunk.de/gesundheit/elektromagnetische-felder/thermische-wirkungen>, zuletzt geprüft am 27.02.2020.
- Lichtblick Kommunikation:** *Welche Frequenzen nutzt der Mobilfunk in Deutschland?* Lichtblick Kommunikation. www.informationszentrum-mobilfunk.de. Online verfügbar unter <https://www.informationszentrum-mobilfunk.de/technik/funktionsweise/frequenzen>, zuletzt geprüft am 25.02.2020.
- Lin, James C.** (2020): *Die Bedeutung von Primärtumoren in Die Bedeutung von Primärtumoren in der NTP-Studie zur Langzeitexposition von Ratten gegenüber Mobilfunkstrahlung*. In: Brennpunkt. Online verfügbar unter <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/diagnose-funk-publicationen/brennpunkt>, zuletzt geprüft am 04.03.2020.
- Mandau, Markus** (2018): *Deutsche Handy-Netze im internationalen Vergleich. Nicht mehr schlechter als bei den Nachbarn*. Hg. v. CHIP Digital GmbH. www.chip.de. Online verfügbar unter https://www.chip.de/c1_impresum/c1_impresum_13396219.html, zuletzt geprüft am 23.03.2020.
- med. Waldmann-Selsam, Cornelia:** *Wirkungen elektromagnetischer Felder auf Pflanzen. Beobachtungen und Studien aus 80 Jahren*. Hg. v. Internetpublikation der Kompetenzinitiative e.V. www.stahlung-gratis.de. Online verfügbar unter <http://www.stahlung-gratis.de/Wirkung%20elektromagnetischer%20Felder%20auf%20Pflanzen.pdf>.

- microwavenews; Diagnose-Funk e.V.** (2019): *Einstufung: "Wahrscheinlich krebserregend" oder höher? IARC soll Hochfrequenz-Krebsrisiko überprüfen.* Hg. v. Diagnose-Funk e.V. www.diagnose-funk.org. Online verfügbar unter <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1397>, zuletzt geprüft am 04.03.2020.
- Tschesnokowa, Olga** (2018): *Nomophobie: Was steckt dahinter?* Hg. v. Funke Zeitschriften Digital GmbH. www.gesundheit.de. Online verfügbar unter <https://www.gesundheit.de/wissen/haetten-sie-es-gewusst/medizinische-begriffe/nomophobie-was-steckt-dahinter>, zuletzt geprüft am 04.03.2020.
- Open Knowledge Foundation Deutschland e.V.** (2019): *Grenzwerte Mobilfunk.* Unter Mitarbeit von Andreas Pawelke, Daniel Dietrich, Jana Wichmann, Kristina Klein, Lucy Chambers. Hg. v. Open Knowledge Foundation Deutschland e.V. www.fragdenstaat.de. Online verfügbar unter <https://fragdenstaat.de/anfrage/grenzwerte-mobilfunk/>.
- Prof. Dr. A. Lerchl; Dr. med. B. Heinzow** (2006): *Parameter des roten Blutbildes bei Exposition durch Mobilfunkanlagen. Mitteilung der Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“.* In: Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz (8/2006).
- RAL und Umweltbundesamt:** *Blauer Engel.* Das Umweltzeichen. Hg. v. RAL gGmbH. www.blauer-engel.de. Online verfügbar unter <https://www.blauer-engel.de/de>, zuletzt geprüft am 05.03.2020.
- RAL und Umweltbundesamt** (2017): *Blauer Engel - das Umweltzeichen. Mobiltelefon DE-UZ 106.* Hg. v. RAL gGmbH. www.blauer-engel.de. Online verfügbar unter <https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/de/DE-UZ%20106-201707-de%20Kriterien.pdf>, zuletzt geprüft am 05.03.2020.
- Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG** (2020): *Ready for RED?* Hg. v. Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. www.rohde-schwarz.com. Online verfügbar unter https://www.rohde-schwarz.com/de/loesungen/test-and-measurement/automotive/emv-im-automotive-bereich/ready-for-red/uebersicht_231192.html?rusprivacypolicy=0, zuletzt geprüft am 03.03.2020.
- Ruzicka, Ferdinand** (2005): *Mobilfunk und psychische Erkrankungen.* Sammlung von Hintergrundinformationen. Hg. v. Diagnose-Funk e.V. www.diagnose-funk.org. Online verfügbar unter <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail?newsid=782>, zuletzt geprüft am 04.03.2020.
- RWTH Aachen** (2019): *Grenzwerte im internationalen Vergleich.* Unter Mitarbeit von Herrn Dr. rer. nat. Dr. h. c. mult., Universitätsprofessor Ulrich Rüdiger. Hg. v. RWTH Aachen. www.emf-portal.de. Online verfügbar unter <https://www.emf-portal.org/de/cms/page/home/more/limits/limit-values-compared-internationally>, zuletzt geprüft am 25.02.2020.
- Rzepka, Dominik** (2019): *5G-Versteigerung bringt Staat knapp 6,6 Milliarden Euro.* Hg. v. Zweites deutsches Fernsehen. www.zdf.de. Online verfügbar unter <https://www.zdf.de/nachrichten/heute/5g-versteigerung-beendet-100.html>, zuletzt geprüft am 23.03.2020.
- SCAMP Study:** *über die SCAMP-Studie. Warum ist diese Forschung wichtig?* www.scampstudy.org. Online verfügbar unter <https://www.scampstudy.org/about/>, zuletzt geprüft am 04.03.2020.
- Siepermann, Markus** (2018): *LTE.* Hg. v. Springer Gabler | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Springer Gabler | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Gabler Wirtschaftslexikon. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/lte-53472>, zuletzt geprüft am 25.02.2020.

- Sitta, Frank** (2018): *Aktuelle Stunde zu Deutschlands LTE-Netz im europäischen Vergleich am 01.03.18*. Video. Online verfügbar unter https://www.youtube.com/watch?v=2V5fA_7CaVE, zuletzt geprüft am 03.03.2020.
- Stiftung Warentest** (2020): *Wie riskant ist Handystrahlung? Ein Faktencheck*. Hg. v. Stiftung Warentest. www.test.de. Online verfügbar unter <https://www.test.de/Mobilfunk-Wie-riskant-ist-Handystrahlung-Ein-Faktencheck-5509718-5509730/?paysuccess=true#>, zuletzt geprüft am 23.03.2020.
- Stiftung Warentest** (2020): *Die Stiftung Warentest stellt sich vor*. Hg. v. Stiftung Warentest. www.test.de. Online verfügbar unter <https://www.test.de/unternehmen/ueberblick-5017075-0/>, zuletzt geprüft am 23.03.2020.
- Tenzer, F.** (2018): *Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2018*. Hg. v. Statista GmbH. statista.com. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/198959/umfrage/anzahl-der-smartphonenuutzer-in-deutschland-seit-2010/#statisticContainer>, zuletzt geprüft am 25.02.2020.
- Vodafone D2 GmbH** (2011): *Technik mobiler Kommunikationssysteme*. Hg. v. Vodafone D2 GmbH. Online verfügbar unter <https://www.vodafone.de/downloadarea/Technik-2011-09.pdf>, zuletzt geprüft am 20.03.2020.
- World Health Organization** (2005): *Elektromagnetische Felder und öffentliche Gesundheit. Elektromagnetische Hypersensitivität (Elektrosensibilität)*. World Health Organization. www.who.int. Online verfügbar unter https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/ehs_fs_296_german.pdf.
- Würz, Jim Moritz** (2019): *P3-Studie: Messergebnisse sind ungenau*. Hg. v. Deutsche Telekom AG. www.telekom.com. Online verfügbar unter <https://www.telekom.com/de/telekom/impressum-1812>, zuletzt geprüft am 23.03.2020.

Rechtsquellenverzeichnis

Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern i.d.F. vom 15. November 2016 (BGBl. I S. 2531); zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 30. April 2019 (BGBl. I S. 554)

Ausführungsgesetz zum Bundes-Immissionsschutzgesetz und zum Benzinbleigesetz i.d.F. vom 4. Juli 1994 (SächsGVBl. S. 1281); zuletzt geändert durch das Gesetz vom 11. Mai 2018 (SächsGVBl. S. 286)

Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274); zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 432)

Funkanlagengesetz i.d.F. vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1947)

Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung; zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. November 2019 (BGBl. I S. 1546)

Produkthaftungsgesetz i.d.F. vom 15. Dezember 1989 (BGBl. I S. 2198); zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 17. Juli 2017 (BGBl. I S. 2421)

Produktsicherheitsgesetz i.d.F. vom 8. November 2011 (BGBl. I S. 2178, 2179; 2012 I S. 131); zuletzt geändert durch Artikel 435 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474)

Verordnung über elektromagnetische Felder in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266)

Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder i.d.F. vom 20. August 2002 (BGBl. I S. 3366); zuletzt geändert durch Artikel 3 Absatz 3 des Gesetzes vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1947)

Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union Fassung aufgrund des am 1.12.2009 in Kraft getretenen Vertrages von Lissabon (Konsolidierte Fassung bekanntgemacht im ABI. EG Nr. C 115 vom 9.5.2008, S. 47); zuletzt geändert durch die Akte über die Bedingungen des Beitritts der Republik Kroatien und die Anpassungen des Vertrags über die Europäische Union, des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union und des Vertrags zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft (ABI. EU L 112/21 vom 24.4.2012) m.W.v. 1.7.2013

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere hiermit an Eides Statt, dass ich die vorgelegte Bachelorarbeit selbstständig verfasst, nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie alle Stellen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen übernommen wurden, als solche kenntlich gemacht habe und die Bachelorarbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegt worden ist.

Die gedruckte und digitalisierte Version der Bachelorarbeit sind identisch.

Meißen, Datum

Unterschrift