

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Zehnter Bericht der Bundesregierung über die Forschungsergebnisse in Bezug auf die Emissionsminderungsmöglichkeiten der gesamten Mobilfunktechnologie und in Bezug auf gesundheitliche Auswirkungen (Zehnter Emissionsminderungsbericht)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	4
2 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV).....	5
2.1 Im Berichtszeitraum abgeschlossene Forschungsvorhaben.....	5
2.1.1 Detaillierte vergleichende Analyse der Alters- und Geschlechtsabhängigkeit des Einflusses hochfrequenter elektromagnetischer Felder von Mobilfunk-Endgeräten auf Gehirnaktivität, Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit	5
2.1.2 Workshop über die Wirkung elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf oxidativen Stress	6
2.1.3 Sichtweisen der Bevölkerung auf den 5G-Mobilfunkstandard und dessen kommunikative Darstellung	7
2.1.4 Nutzung von Mobiltelefonen und Verlauf der Gliom-Inzidenz seit 1979.....	7
2.1.5 Mobilfunkkonflikte aus der Vergangenheit als Lehrbeispiel für die Kommunikation über 5G (5G Medienanalyse).....	8
2.1.6 Fachgespräch zum Monitoring von Immissionen und tatsächlichen Expositionen der Allgemeinbevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern	8

	Seite
2.1.7 Fachgespräch Wirkmechanismen magnetischer Felder auf biologische Systeme – Von der Molekulardynamik-Simulation bis zum Experiment.....	9
2.1.8 Berücksichtigung aktueller Mobilfunkantennen-Technik bei der HF-EMF-Expositionsbestimmung.....	10
2.1.9 Machbarkeitsstudie eines auf Smartphone-Apps beruhenden Hochfrequenz-Messnetzwerkes zur Abschätzung der Exposition der Bevölkerung mit elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks (inkl. 5G)	11
2.2 Im Berichtszeitraum begonnene Forschungsvorhaben	11
2.2.1 Beteiligung an einer Folgestudie zur Verifikation oder Falsifikation der Ergebnisse der NTP-Langzeitstudie an Mäusen und Ratten zu Ganzkörperexposition mit Mobilfunkfelder.....	11
2.2.2 Untersuchung eines möglichen Effekts einer Exposition mit elektromagnetischen Feldern auf das Epigenom und das Transkriptom	12
2.2.3 Smart Cities: Abschätzung der Gesamtexposition des Menschen durch zusätzliche 5G Mobilfunktechnologien anhand modellierter Zukunftsszenarien.....	12
2.2.4 Risikowahrnehmung auf 5G: Wirkungsanalyse von Dialog- & Informationsangeboten	13
2.2.5 Risiken elektromagnetischer Felder aus Sicht von Allgemeinmediziner*innen und Kinderärzt*innen in Deutschland II.....	13
2.3 Vor dem Berichtszeitraum begonnene, laufende Forschungsvorhaben.....	13
2.3.1 Bewertende Literaturstudie zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf oxidative Prozesse bei Menschen sowie in Tier- und Laborstudien (inkl. 5G)	13
2.3.2 Bewertende Literaturstudie zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf die Fruchtbarkeit bei Menschen sowie in Tier- und Laborstudien	14
2.3.3 Wirkungen auf Zellen der Körperoberfläche bei Expositionen mit Zenti- und Millimeterwellen (5G Frequenzen)	14
3 Maßnahmen zur Transparenz und Information über Expositionen und deren gesundheitliche Bewertung.....	15
3.1 Maßnahmen der Bundesregierung zur Aufklärung und Information der Bevölkerung	15
3.2 Blauer Engel.....	17

	Seite
4 Freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber	18
4.1 Die freiwillige Selbstverpflichtung.....	18
4.2 Überprüfung der freiwilligen Selbstverpflichtung.....	18
5 Fazit	19
6 Ausblick.....	19

1 Einleitung

Im Jahr 2002 hat der Deutsche Bundestag die Bundesregierung beauftragt, regelmäßig über die aktuellen Forschungsergebnisse in Bezug auf Emissionsminderungsmöglichkeiten der gesamten Mobilfunktechnologie und Forschungsergebnisse in Bezug auf entsprechende gesundheitliche Auswirkungen zu berichten (Bundestagsdrucksachen 14/8584 und 14/9144). Mit dem vorliegenden Bericht kommt die Bundesregierung diesem Auftrag nunmehr zum zehnten Mal nach. Der Berichtszeitraum erstreckt sich vom 1. September 2020 bis zum 31. August 2022.

Die Nutzung der hochfrequenten elektromagnetischen Felder (HF EMF) ist im Telekommunikationsgesetz (TKG) wie folgt definiert: „*Frequenznutzung*“ ist jede gewollte Aussendung oder Abstrahlung elektromagnetischer Wellen zwischen 9 kHz und 3000 GHz zur Nutzung durch Funkdienste und andere Anwendungen elektromagnetischer Wellen. Die Palette der Frequenznutzungen ist groß und umfasst neben dem Mobilfunk zum Beispiel auch Hörfunk, Fernsehen, Satelliten, Anwendungen der Industrie und der Wissenschaft, die im Haushalt verwendeten Schnurlostelefone, WLAN, Bluetooth und Babyüberwachungsgeräte usw. Maßgeblich für die Beurteilung von möglichen gesundheitlichen Auswirkungen von HF EMF ist nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand weiterhin die Gewebeerwärmung. Erst wenn sich durch die Einwirkung von HF EMF die Körpertemperatur um deutlich mehr als ein Grad erhöhte, konnten in wissenschaftlichen Untersuchungen gesundheitlich bedeutsame Beeinträchtigungen nachgewiesen werden.

Während diese sogenannten thermischen Wirkungen von HF EMF unstrittig sind, dreht sich die öffentliche und wissenschaftliche Diskussion häufig um die Frage, ob sogenannte nicht-thermische Wirkungen bei niedrigen Intensitäten zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen könnten. Nicht-thermische Effekte sind biologische Effekte, die nicht mit einer Erwärmung des Körpergewebes erklärt werden können. Nicht-thermische Wirkungen sind zum Beispiel Kraftwirkungen auf einzelne Zellen. Sie treten im Mobilfunkfrequenzbereich aber erst bei wesentlich höheren Intensitäten auf als die thermischen Wirkungen. Im Bereich niedriger Intensitäten von HF EMF konnten gesundheitliche Beeinträchtigungen infolge nicht-thermischer Wirkungen in jahrzehntelanger Forschung bisher wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden.

Auch das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF; siehe <http://www.emf-forschungsprogramm.de/>), das in den Jahren 2002 bis 2008 durchgeführt wurde, widmete sich in verschiedenen Forschungsvorhaben und Reproduktionsstudien der Frage nach gesundheitlich bedeutsamen nicht-thermischen Wirkungen von HF EMF. Es wurden keine derartigen Wirkungen nachgewiesen, bzw. bestätigt. Ebenso lieferten die nach 2008 international durchgeführten Untersuchungen keinen entsprechenden Nachweis. Daher ist das Fazit des DMF nach wie vor gültig und wurde im Rahmen eines wissenschaftlichen Fachgesprächs, das das BfS im Mai 2022 durchgeführt hat, bestätigt: „Der aktuelle wissenschaftliche Kenntnisstand gibt insgesamt keinen Anlass, die Schutzwirkung der bestehenden Grenzwerte in Zweifel zu ziehen.“ Wissenschaftliche Unsicherheiten bestehen allerdings weiterhin hinsichtlich der Frage nach möglichen Langzeitrissen bei intensiver Handynutzung über mehr als 15 Jahre. Tierexperimentelle und in-vitro-Studien sprechen insgesamt zwar gegen ein erhöhtes Risiko, Ergebnisse aus lang angelegten Bevölkerungsbeobachtungsstudien stehen aber noch aus.

In der öffentlichen Diskussion spielt auch die „Elektrosensibilität“ immer wieder eine Rolle. Hierbei geht es um die Frage, ob es Personen gibt, die besonders empfindlich auf HF EMF reagieren, so dass bei ihnen diverse gesundheitliche Beschwerden ausgelöst werden könnten. Unter Einbeziehung der Ergebnisse, die im Rahmen des DMF erzielt wurden, und die der weiteren nationalen und internationalen Studien, ändert sich nichts an der Einschätzung des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS), dass ein kausaler Zusammenhang zwischen den Beschwerden der elektrosensiblen Personen und HF EMF nicht nachweisbar ist. Die Auswertung der aktuellen Datenlage spricht vielmehr dafür, dass der Nocebo-Effekt eine Rolle spielt (Böhmert und Pophof, UMID 2019). Diese Einschätzung wird auch vom wissenschaftlichen Ausschuss „Neu auftretende und neu identifizierte Gesundheitsrisiken“ der Europäischen Kommission (SCENIHR 2015), der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP 2020) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO) (siehe Backgrounder „Electromagnetic hypersensitivity“, der WHO vom Dezember 2005) geteilt.

Die stetig steigenden Datenübertragungsmengen erfordern eine stete Weiterentwicklung der Mobilfunkstandards. Mit der fünften Mobilfunkgeneration 5G haben sich, neben Bedenken gegenüber möglichen gesundheitsschädigenden Folgen des Mobilfunks, auch Sorgen über eine wesentlich höhere Belastung durch elektromagnetische Felder in Teilen der Bevölkerung intensiviert. Bisherige Messungen zeigen, dass sich die Belastung mit elektromagnetischen Feldern seit der Einführung von 5G nicht wesentlich verändert hat (siehe BfS-Vorhaben in Abschnitt 2.1.8 oder den Messbericht des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-West-

falen). Zudem wurden die UMTS-Netze (3G) bis Ende 2021 in Deutschland abgeschaltet. Die bisher für 3G genutzten Frequenzbereiche sind den Mobilfunkbetreibern technologieneutral zugeteilt und dürfen somit auch durch andere Mobilfunkgenerationen, wie z. B. 4G, 5G und gegebenenfalls 6G genutzt werden. Neben der Wirtschaftlichkeit der Frequenznutzungen werden damit auch eine Reduzierung der steigenden Verdichtung der Frequenzbereiche und die Implementierung energiesparender Generationen gefördert. Ob der fortdauernde Netzausbau insgesamt betrachtet zu einer höheren Belastung der Bevölkerung führen wird, bleibt weiterhin zu beobachten, um ggf. rechtzeitig gegensteuern zu können. Ein substantieller Teil der sich verändernden Exposition gegenüber HF EMF betrifft den Mobilfunk, der neben Telefonie, Nachrichten und Internetzugang zunehmend auch für die Vernetzung von Geräten, Gegenständen und Fahrzeugen eingesetzt wird. Beispiele sind die Entwicklung der Städte hin zu Smart Cities, die Verbindung zwischen Autos oder von Autos mit Infrastrukturelementen (sogenannte V2X-Kommunikation) oder auch die weitere Entwicklung vernetzter Haushaltseinrichtung (Smart Home). Das BMUV und das BfS haben deshalb die Informations- und Dialogangebote verstärkt (siehe 3.). Zur Klärung von noch offenen Fragen und Reduzierung von wissenschaftlichen Unsicherheiten bezüglich Langzeitwirkung intensiver Mobilfunkgerätenutzung, Wirkungen von Millimeterwellen (> 20 GHz), Wirkungen auf Tiere und Pflanzen, Exposition durch die neuen Antennentypen und Kleinzellen, und andere komplexe Expositionsszenarien geht das BfS dem noch bestehenden Forschungsbedarf weiterhin nach.

2 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)

Zur Verbesserung der wissenschaftlichen Datenlage, v.a. hinsichtlich der Entwicklung neuer technologischer Anwendungen in verschiedenen Frequenzbereichen, wie zum Beispiel bei 5G, wurden und werden Forschungsprojekte initiiert. Sie sollen zu einer Verbesserung der Risikoabschätzung und -bewertung von HF EMF beitragen. Weiterhin ist die Höhe der Exposition der Bevölkerung durch HF EMF laufend zu beobachten, insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung bei der Nutzung dieser Felder für derzeitige und künftige moderne Kommunikationstechnologien, wie z. B. 5G oder 6G.

Die Forschung zur Risikokommunikation im Bereich des Mobilfunks dient der zielgerechten Ansprache der Bevölkerung mit wissenschaftlich fundierten Informationen.

Zur fortwährenden Verbesserung der Datenlage hinsichtlich der Expositionen der Bevölkerung und der möglichen gesundheitlichen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder und zur Verbesserung der zielgruppen-gerechten Risikokommunikation führt das BfS fortlaufend Forschungsvorhaben im Rahmen des Ressortforschungsplans des Bundesumweltministeriums, aus dem Haushalt des BfS (Projekt 2.1.6 und 2.1.7), aus Restmitteln des DMF (Projekt 2.1.4) oder aus der Finanzierung des KEMF (s. u.) durch das Investitionsgesetz Kohleregionen (Projekte 2.1.2, 2.2.2, 2.2.3, 2.2.5, 2.4.1) durch.

2.1 Im Berichtszeitraum abgeschlossene Forschungsvorhaben

2.1.1 Detaillierte vergleichende Analyse der Alters- und Geschlechtsabhängigkeit des Einflusses hochfrequenter elektromagnetischer Felder von Mobilfunk-Endgeräten auf Gehirnaktivität, Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit

Hintergrund:

Der Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Gehirnaktivität im Schlaf sowie im Wachzustand in Ruhe sowie bei kognitiver Beanspruchung wurde in insgesamt vier bereits abgeschlossenen Forschungsvorhaben des BfS an jungen, gesunden Männern sowie älteren Frauen und Männern untersucht. Fokus lag auf der Wirkung der Endgeräte des Mobilfunks (GSM, UMTS) und des Behördenfunks (TETRA). Es wurden geringfügige Veränderungen der Gehirnaktivität gefunden, die sich im Verhalten nicht spiegeln und nach Einschätzung von EEG-Experten nicht gesundheitsrelevant sind. Dabei waren die Wirkungen bei älteren Personen durchgehend ausgeprägter als bei jungen Männern. Alle Studien weisen ein identisches Studiendesign auf und wurden an jeweils 30 Testpersonen durchgeführt, weshalb ein Vergleich dieser Studien zur Untersuchung möglicher Alters- oder Geschlechtsunterschiede möglich ist.

Ziel:

Anhand der Daten aus den abgeschlossenen Studien des BfS sollte in diesem Projekt eine mögliche Altersabhängigkeit der beobachteten Veränderungen der Gehirnaktivität anhand des Vergleichs älterer und junger Männer und der Einfluss des Geschlechts anhand des Vergleichs zwischen älteren Männern und älteren Frauen beurteilt werden.

Ergebnis:

Unabhängig von der Exposition wurde eine ganze Reihe alters- und geschlechtsabhängiger Effekte auf die untersuchten Endpunkte beobachtet. Alters- und geschlechtsabhängige bzw. -unabhängige Expositionseffekte waren deutlich seltener. Das Ausmaß der Veränderungen lag im Bereich normaler physiologischer Schwankungen aus denen keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen abgeleitet werden konnten.

Forschungsnehmer: Charité, Berlin

Laufzeit: August 2019 bis November 2020

Abschlussbericht: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022040532025>

2.1.2 Workshop über die Wirkung elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf oxidativen Stress

Hintergrund:

Im Zusammenhang mit elektrischen und magnetischen Feldern der Stromversorgung und elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks wird in der Wissenschaft sowie in der Öffentlichkeit immer wieder argumentiert, dass diese Felder „oxidativen Stress“ auslösen. Unter dem Begriff „oxidativer Stress“ versteht man ein Ungleichgewicht zwischen Reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) und Prozessen, die diese reaktionsfreudigen Spezies abbauen. Dabei handelt es sich um natürliche, im Körper entstehende Nebenprodukte des Zellstoffwechsels. Üblicherweise sind ROS unter zellphysiologischer Kontrolle, d.h. es gibt zahlreiche Mechanismen, die eine erhöhte ROS-Konzentration verhindern. Ein vermehrtes Auftreten von oxidativem Stress über längere Zeiträume könnte möglicherweise zur Entstehung von Krankheiten, wie zum Beispiel Krebs oder Erkrankungen des zentralen Nervensystems, beitragen.

Ziel:

Der Workshop sollte den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand im Bereich der Wirkung von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern auf oxidativen Stress zusammenfassen. Die Datenlage wurde mit Expert*innen aus dem Feld zusammengetragen und diskutiert.

Ergebnis:

Die Ergebnisse des Workshops deuten nicht darauf hin, dass elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder zu einer vermehrten Bildung von oxidativem Stress führen, wenn die Grenzwerte eingehalten werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand muss die Risikobewertung dahingehend nicht angepasst werden. Weiterhin zeigte der Workshop, dass Standards für die Bestimmung des oxidativen Stresses in Experimenten erforderlich sind, um methodische Mängel zu beheben.

Organisator: Valentum Kommunikation

Laufzeit: 16. bis 18. Februar 2022 in Cottbus

Abschlussbericht folgt.

2.1.3 Sichtweisen der Bevölkerung auf den 5G-Mobilfunkstandard und dessen kommunikative Darstellung

Hintergrund:

Das Thema „Mobilfunk und Gesundheit“ erfährt seit Einführung des Mobilfunks immer wieder Wellen von vermehrtem öffentlichem Interesse. Dieses Interesse richtete sich im Berichtszeitraum vor allem auf die Einführung des neuen Mobilfunkstandards 5G. Das BfS führte in der Vergangenheit bereits einige Umfragen durch, die die Sichtweise der Bevölkerung zum Thema „Mobilfunk und Gesundheit“ erkundete. Aus diesen Umfragen sowie aus weiteren Studien ist bekannt, dass die Bevölkerung wegen des Mobilfunks insgesamt weniger besorgt ist als wegen anderer Themen, wie etwa multiresistenten Bakterien oder gentechnisch veränderten Nahrungsmitteln. Ebenso ist bekannt, dass das Wissen über die Funktionsweise des Mobilfunks – und damit über expositionsrelevante Faktoren – in weiten Teilen der Bevölkerung eher gering ist.

Ziel:

Die Sichtweisen der Bevölkerung auf den Mobilfunk im Allgemeinen sowie auf 5G im Speziellen zu erfassen, um die Informations- und Dialogangebote des BfS entsprechend anzupassen.

Ergebnis:

Die Befragung zeigte, dass die Mehrheit mit 5G sowohl persönliche als auch gesellschaftliche Chancen und Risiken verknüpft. Hinsichtlich möglicher Gesundheitsrisiken besteht weiterhin Verunsicherung, vor allem mit Hinblick auf 5G, dem ein größeres Gesundheitsrisiko zugeschrieben wird, als bisherigen Mobilfunkstandards. Auch besteht ein Defizit hinsichtlich der verfügbaren Informationen zu 5G. Die Ergebnisse der Studie dienen als aktuelle Informationsquelle, die zur zielgerichteteren Verbesserung der entsprechenden Kommunikationsbemühungen des BfS genutzt wird.

Forschungsnehmer: GIM Analytics (Gesellschaft für innovative Marktforschung)

Laufzeit: September 2020 bis Dezember 2021

Abschlussbericht: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022041132225>

2.1.4 Nutzung von Mobiltelefonen und Verlauf der Gliom-Inzidenz seit 1979

Hintergrund:

In einzelnen, vor allem älteren Fall-Kontroll Studien wurde ein erhöhtes Gliom- (Hirntumor-)risiko im Zusammenhang mit der Nutzung von Mobiltelefonen beobachtet. Die Anzahl der Neuerkrankungen (Inzidenz) über die letzten vier Jahrzehnte (seit Einführung und Verbreitung der Mobilfunktechnologie) dienen als Basis, um zu überprüfen, ob die beobachteten Trends mit den in diesen Einzelstudien berichteten erhöhten Risiken vereinbar sind. Für die skandinavischen Länder, in denen Mobiltelefone besonders früh und intensiv genutzt worden sind, wurden die Trends in Gliom-Inzidenz für die Zeitperiode von 1974 bis 2008 bereits untersucht. Es wurde kein Hinweis auf einen Anstieg der Inzidenzraten gefunden. Nun stehen in diesen Ländern die Daten aus den nationalen Krebsregistern für mindestens fünf weitere Jahre (bis 2013) zur Verfügung. Außerdem können basierend auf der laufenden internationalen COSMOS-Studie (Cohort Study of Mobile Phone Use and Health) objektive Nutzungsdaten von den Mobilfunkbetreibern zur Expositionsabschätzung herangezogen werden.

Ziel:

Weiterführung der Untersuchung der zeitlichen Entwicklung der Gliom-Inzidenz, zur Überprüfung ob die beobachteten Trends mit den in Einzelstudien berichteten erhöhten Risiken vereinbar sind.

Ergebnis:

Insgesamt liefern die Ergebnisse der vorliegenden Studie keine belastbare Evidenz für einen Anstieg der Inzidenzraten, der mit der Verbreitung der Nutzung von Mobiltelefonen in Zusammenhang stehen könnte. Die beobachtete zeitliche Entwicklung der Gliom-Inzidenz ist nicht kompatibel mit den in einigen wenigen früheren Fall-Kontroll-Studien beobachteten Risiken durch Mobilfunknutzung. Eine mögliche Risikoerhöhung insbesondere bei langen Latenzzeiten oder für bestimmte Untergruppen kann mit der vorliegenden Studie jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Forschungsnehmer: Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC), Lyon, Frankreich

Laufzeit: Juli 2018 bis Dezember 2020

Abschlussbericht: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022063033222>

2.1.5 Mobilfunkkonflikte aus der Vergangenheit als Lehrbeispiel für die Kommunikation über 5G (5G Medienanalyse)

Hintergrund:

Mit der Einführung von 5G Anfang 2019 in Deutschland ergaben sich für die darauffolgenden Jahre einige Änderungen. Zur Verwirklichung des neuen Standards wurden mehr Mobilfunk-Basisstationen benötigt, die zum Teil neue Antenneneigenschaften, wie Beamforming, aufweisen. Zudem wird 5G zukünftig auch elektromagnetische Felder mit deutlich höherer Frequenz (> 20 GHz) als bisherige Mobilfunkgenerationen nutzen. Zusammen mit der Annahme, dass insgesamt die Exposition gegenüber Mobilfunkfeldern steigen wird, hat 5G in einigen Teilen der Bevölkerung Ängste und Sorgen und teilweise Proteste gegen die Einführung ausgelöst, da Auswirkungen auf Mensch und Umwelt befürchtet wurden. Ähnliche Proteste gab es bereits in der Vergangenheit bei Einführung vorheriger Mobilfunkgenerationen. Auch damals wurden in der Diskussion gesundheitsrelevante Argumente gegen den Mobilfunk aufgeführt.

Ziel:

Die Darstellung der Konflikte bei der Einführung vom Mobilfunk der ersten Generationen in den Medien wurde der gegenwärtigen 5G-Einführungssituation gegenübergestellt.

Ergebnis:

Bei Konflikten nehmen Gesundheitsaspekte häufig eine besonders machtvolle Position ein. Immer wieder findet dabei eine Verhärtung gegensätzlicher Einschätzungen und eine Dichotomisierung statt, die eine Konfliktregulierung erschweren. Insgesamt nehmen Konfliktintensitäten zu. Grundlegend erweisen sich – damals wie heute – Wissenschafts- und Risikokommunikation in Bezug auf ihr Potenzial, Auslöser von Konflikten aufzugreifen sowie mit Risiken und Unsicherheit umzugehen, als entscheidend.

Forschungsnehmer: Eberhard-Karls-Universität Tübingen und Universität des Saarlandes

Laufzeit: Dezember 2020 bis November 2021

Abschlussbericht folgt.

2.1.6 Fachgespräch zum Monitoring von Immissionen und tatsächlichen Expositionen der Allgemeinbevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern

Hintergrund:

Besonders bei der Einführung neuer und bei der Weiterentwicklung bestehender Techniken werden Fragen zu den Immissionen und Veränderungen der tatsächlichen EMF-Expositionen der Allgemeinbevölkerung gestellt. Es wurde daher beschlossen, dass das BfS seine Aktivitäten bezüglich eines EMF-Monitorings verstärken wird.

Verschiedene EMF-Monitoringansätze wurden und werden in einigen Bundesländern sowie im Ausland verfolgt. Bereits im Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) wurden Ansätze für ein Monitoring der Immissionen von Mobilfunk-Basisstationen vorgestellt und bewertet, wobei die eingeschränkte Aussagekraft der Daten mit einem Netz von stationären Messstellen diskutiert wurde. Bei der Durchführung eines Monitorings müssen noch weitere Hürden beachtet werden, wie die Empfindlichkeit und Messdynamik von Messgeräten oder der große Frequenzbereich, für dessen Erfassung mehrere Messgeräte notwendig sind.

Ziel:

Ziel war es, Beiträge zur Identifizierung von Bedarfen und Realisierungsmöglichkeiten des Monitorings von Immissionen und tatsächlichen Expositionen der Allgemeinbevölkerung gegenüber anthropogenen nieder- und hochfrequenten EMF zu liefern.

Ergebnis:

Fachliche Bedarfe, bestehende Zuständigkeiten und Aufgabenverteilungen, Realisierungsmöglichkeiten und -grenzen wurden identifiziert und diskutiert. Die auf dieser Basis gesammelten Erkenntnisse werden genutzt, um zu ermitteln und zu begutachten, welche Konzepte und Ansätze brauchbar sind und sich mit den zur Verfügung stehenden Mitteln umsetzen lassen.

Organisator: ORCA

Laufzeit: 25. bis 26. November 2021

Ein Bericht zum Fachgespräch auf der BfS-Website folgt.

2.1.7 Fachgespräch Wirkmechanismen magnetischer Felder auf biologische Systeme – Von der Molekulardynamik-Simulation bis zum Experiment

Hintergrund:

In den meisten Ländern der Welt ist die Bevölkerung mittlerweile nahezu ununterbrochen gegenüber anthropogen bedingter elektromagnetischer Strahlung exponiert. Ob schwache Magnetfelder (unterhalb der Grenzwerte) biologische Effekte auslösen können, die möglicherweise von gesundheitlicher Relevanz sind, ist nach wie vor ein Thema laufender Forschung. Für ein verbessertes Verständnis gesundheitlicher Wirkungen ist die Identifikation der physikalischen Wechselwirkungen elektromagnetischer Felder mit den Komponenten eines biologischen Systems von Bedeutung. Letztere umfassen sehr unterschiedliche Längenbereiche: Von Gewebestrukturen wie etwa der Haut über einzelne Zellen bis zu Proteinen und schließlich den Spins einzelner Radikale.

Ziel:

Die Intention des Fachgesprächs war ein Austausch von Expert*innen aus Fachgebieten, die das volle Spektrum sowohl der relevanten Zeit- und Längenbereiche als auch der darin angewandten Arbeitsmethoden abdecken. Neben der Abbildung des aktuellen Standes der Forschung war die Identifikation offener Fragen und die interdisziplinäre Diskussion ein zentrales Anliegen des Fachgesprächs.

Ergebnis:

Ausgehend von großen Gewebestrukturen wie der Haut, über einzelne Zellen bis hin zu Proteinen und Quanteneffekten wurden Wirkmechanismen dargestellt und interdisziplinär diskutiert. Die beobachteten Effektstärken, insbesondere externer magnetischer Felder, sind sehr klein gegenüber dem üblichen thermischen Rauschen. Es ist weitere Forschung notwendig, um die Wirkung von elektromagnetischen Feldern auf komplexe biologische Prozesse besser zu verstehen.

Organisator: Zum goldenen Hirschen

Laufzeit: 23. bis 25. Mai 2022

Ein Bericht zum Fachgespräch auf der BfS-Website folgt.

2.1.8 Berücksichtigung aktueller Mobilfunkantennen-Technik bei der HF-EMF-Expositionsbestimmung

Hintergrund:

In modernen Mobilfunknetzen werden zunehmend Antennen eingesetzt, die ihre Strahlungscharakteristik elektronisch verändern und bedarfsgerecht anpassen können. Das Verfahren ist unter Bezeichnungen wie Keulenformung oder Beamforming von RADAR-Anlagen bekannt, die Verwendung in der Mobilfunktechnik jedoch noch vergleichsweise jung. Vor allem für Basisstationen, die bei Frequenzen von einigen Gigahertz kompatibel zur fünften Mobilfunkgeneration arbeiten, wird die Technik eingesetzt. Die Hochfrequenzmesstechnik ist weit entwickelt. Für den gesamten vom Mobilfunk genutzten Frequenzbereich stehen grundsätzlich geeignete Messverfahren zur Verfügung. Die Bestimmung von Immissionsbeiträgen von Basisstationsantennen mit den beschriebenen Eigenschaften stellt allerdings eine messtechnische Herausforderung dar. Einerseits müssen sich schnell ändernde Feldverteilungen korrekt erfasst und bewertet werden. Andererseits muss eine Strategie entwickelt werden, mit der auf Basis eines aktuellen Messergebnisses auf den maximalen Beitrag geschlossen werden kann, den eine Sendeanlage an einem Messort zur Exposition beisteuern kann. Bislang verwendete Verfahren, bei denen die von einer Anlage gleichbleibend ausgesendeten Signalausschnitte gemessen und als Ausgangspunkt für die Bewertung genutzt werden, stoßen hier an Grenzen.

Ziel:

In dem Vorhaben sollten Messstrategien entwickelt werden, mit denen tatsächliche, typische und maximal mögliche Immissions- und Expositionsbeiträge von Mobilfunkbasisstationen mit Beamforming-Antennen verlässlich bestimmt werden können. Dazu wurden an 100 ausgewählten Orten in der nahen und weiteren Umgebung von Basisstationsstandorten, die mit der Antennentechnik ausgerüstet sind, die Immissions- und Expositionsbeiträge bestimmt.

Ergebnis:

Es wurden verschiedene Messverfahren zur Bestimmung der 5G-Immission entwickelt. Die Messungen ergaben eine große Streubreite der an einem Messpunkt auftretenden maximalen Immissionen (Grenzwertausschöpfung zwischen 0,2 und 28,9 Prozent). Momentan-Immissionen ohne provozierten Verkehr (Grenzwertausschöpfung zwischen 0,04 und 1,1 Prozent) oder Immissionen bei typischer Nutzung (Grenzwertausschöpfung zwischen 0,04 und 1,4 Prozent) lagen zum Großteil nahe an der Nachweisgrenze des Messgeräts. Einen großen Einfluss auf die Immissionshöhe hat die Sichtverbindung zwischen Immissionsort und 5G-Antenne, während der Abstand als Maß zur Abschätzung der Immissionshöhe wenig geeignet ist.

Forschungsnehmer: RWTH Aachen

Laufzeit: Januar 2020 bis März 2021

Abschlussbericht folgt.

2.1.9 Machbarkeitsstudie eines auf Smartphone-Apps beruhenden Hochfrequenz-Messnetzwerkes zur Abschätzung der Exposition der Bevölkerung mit elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks (inkl. 5G)

Hintergrund:

Ein HF-Expositions-Monitoring könnte zur Abschätzung der von den Feldern ausgehenden gesundheitlichen Risiken für die Bevölkerung hilfreich sein. Damit zeitliche und örtliche Variationen mit einer für belastbare Expositionsdaten ausreichenden Auflösung erfasst werden können, sind regelmäßig wiederholte Messungen an vielen Punkten nötig. Die Realisierung eines flächendeckenden und kontinuierlichen Monitorings ist aufgrund des mit herkömmlichen Methoden verbundenen Aufwands nicht möglich. Für den Bereich des Mobilfunks könnte ein Crowdsourcing-basierter Ansatz, der auf die Erhebung von Messdaten mittels Standard-Smartphones setzt, Abhilfe schaffen. Hiermit ließe sich womöglich ein engmaschiges und kontinuierlich arbeitendes Messnetzwerk aufbauen.

Ziel:

Die technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit des o. g. Ansatzes war zu prüfen. Konkret sollte die Frage geklärt werden, ob die von vielen Endgeräten gemessenen Signalstärke-Indikatoren ein repräsentatives Bild der Exposition über das gesamte genutzte Mobilfunkspektrum zeichnen können.

Ergebnis:

Insgesamt hat die Untersuchung gezeigt, dass die grundsätzliche technische Machbarkeit für ein auf Smartphones basierendes Messnetzwerk zur Immissionsabschätzung gegeben ist. Dem gegenüber stehen jedoch auch relevante Einschränkungen, bspw. können aktuell nicht alle Immissionen jedes Mobilfunkstandards ausreichend erfasst werden. Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie liefern eine fundierte Basis zur weiteren Abwägung der Umsetzung eines auf Smartphone-Apps basierenden Monitorings.

Forschungsnehmer: RWTH Aachen, Institut für Hochfrequenztechnik

Laufzeit: Dezember 2019 bis November 2021

Abschlussbericht folgt.

2.2 Im Berichtszeitraum begonnene Forschungsvorhaben

2.2.1 Beteiligung an einer Folgestudie zur Verifikation oder Falsifikation der Ergebnisse der NTP-Langzeitstudie an Mäusen und Ratten zu Ganzkörperexposition mit Mobilfunkfelder

Hintergrund:

Vorliegende Ergebnisse wissenschaftlicher Tierstudien mit Ratten und Mäusen berichten teilweise von erhöhter Tumorzinzidenz bzw. Tumorpromotion durch Exposition mit HF EMF. Die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf den Menschen ist jedoch schwierig, unter anderem deshalb, weil unter ähnlichen Befeldungsbedingungen (Ganzkörperexposition) die Absorptionsverteilung im Körper der Tiere deutlich unterschiedlich zu jener im menschlichen Körper ist, und bei gleicher spezifischer Ganzkörperabsorptionsrate von deutlich unterschiedlichen Auswirkungen auf Metabolismus und Thermoregulation bei den Tieren und Menschen ausgegangen werden muss. Die durch die HF-Absorption den Tieren zugeführte Wärmeenergie könnte somit als Mediator im Rahmen von Studien hinsichtlich möglicher nichtthermischer Wirkungen von HF-EMF wirken.

Ziel:

Überprüfung der Machbarkeit einer Realisierung thermischer Kontrollgruppen durch Oberflächenabsorption von Millimeterwellen für Tierstudien mit Ratten und Mäusen in denen die thermische Last der HF-Exposition im gegenwärtigen Mobilfunk-Frequenzbereich (< 6 GHz) nachgebildet wird, ohne jedoch gleichzeitig zu einer relevanten Absorption von HF-EMF in den inneren (Ziel-)Organen der Tiere zu führen. Auf diese Weise könnte es

möglich sein, in zukünftigen Studien zwischen einem direkten Feldeffekt im Zielorgan und thermisch vermitteltem Wirkprinzip zu unterscheiden.

Forschungsnehmer: Seibersdorf Laboratories, Österreich

Laufzeit: Januar 2021 bis November 2022

2.2.2 Untersuchung eines möglichen Effekts einer Exposition mit elektromagnetischen Feldern auf das Epigenom und das Transkriptom

Hintergrund:

Einige Studien untersuchten den Einfluss einer Exposition gegenüber HF EMF auf epigenetische Modifikationen am Genom (die Gesamtheit aller epigenetischen Modifikationen wird als Epigenom bezeichnet) und auf ein gestörtes Ableseverhalten der genetischen Informationen (die primären Produkte der Ablesung, die sogenannten Transkripte, werden in ihrer Gesamtheit als Transkriptom bezeichnet). Bei näherer Betrachtung wird deutlich, dass sich diese Studien im Hinblick auf den untersuchten Testorganismus, die verwendeten Frequenzbereiche und die Expositionsdauer teils erheblich unterscheiden. Auch lassen viele Studien notwendige Qualitätskriterien, wie Verblindung oder eine adäquate und nachvollziehbare Exposition, vermissen. Diese heterogene Studienlage erschwert die Einordnung der Ergebnisse aus strahlenschutztechnischer Sicht und macht die Durchführung qualitativ hochwertiger Analysen für die weitere Risikobewertung notwendig.

Ziel:

Überprüfung, ob MF oder HF EMF die Genexpression über Beeinflussung des Epigenoms und/oder Transkriptoms verändern können. Dafür soll die Datenlage zu möglichen Effekten solcher Felder auf das Epigenom und das Transkriptom zusammengefasst und bewertet werden. In Abhängigkeit und auf Basis der Ergebnisse aus der Literaturrecherche wird anschließend eine experimentelle Studie an Zellen durchgeführt.

Forschungsnehmer: Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Laufzeit: März 2022 bis September 2024

2.2.3 Smart Cities: Abschätzung der Gesamtexposition des Menschen durch zusätzliche 5G Mobilfunktechnologien anhand modellierter Zukunftsszenarien

Hintergrund:

Die Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks unterliegt durch den technologischen Fortschritt einem ständigen Wandel. Die bisherigen Mobilfunknetze und drahtlosen Netzzugangstechnologien werden in Zukunft durch Technologien der fünften Mobilfunkgeneration (5G) ergänzt, bzw. teilweise ersetzt werden. Es wird erwartet, dass die Gesamtexposition der Bevölkerung sich nicht wesentlich erhöhen wird. Da eine messtechnische Erfassung der Immissionsdaten jedoch erst nach vollständiger Einführung von 5G vorgenommen werden kann, ist eine Abschätzung/Modellierung der zukünftigen Entwicklung der Gesamtexposition der Allgemeinbevölkerung aus Strahlenschutzsicht hilfreich.

Ziel:

Abschätzung/Modellierung der Gesamtimmission der Bevölkerung durch die zusätzliche zu erwartende 5G Technologie.

Forschungsnehmer: Seibersdorf Laboratories, Österreich

Laufzeit: Mai 2021 bis Januar 2023

2.2.4 Risikowahrnehmung auf 5G: Wirkungsanalyse von Dialog- & Informationsangeboten

Hintergrund:

Die Implementierung von 5G weckt in einem Teil der Bevölkerung große Sorgen vor damit möglicherweise einhergehenden Gesundheitsgefahren. Die öffentlich zugängliche Informationslage ist diffus und der Themenkomplex EMF fachlich komplex. Lokale Informationsveranstaltungen mobilisieren vor allem skeptisch bis oppositionell eingestellte Bürger*innen. Die übliche Teilnehmer- & Altersstruktur entspricht somit nicht zwingend dem Meinungsquerschnitt in der Gesamtgesellschaft.

Ziel:

Verknüpfung von demoskopischen und dialogorientierten Instrumenten zur Wirkungsanalyse von Informationsangeboten und Deliberation auf die Sichtweisen zu 5G anhand einer Stichprobe an Zufallsbürger*innen.

Forschungsnehmer: nexus Institut, Berlin, und Kantar, München

Laufzeit: Mai 2022 bis Oktober 2023

2.2.5 Risiken elektromagnetischer Felder aus Sicht von Allgemeinmediziner*innen und Kinderärzt*innen in Deutschland II

Hintergrund:

Im Bereich der elektromagnetischen Felder ist es aufgrund der wichtigen Rolle von Ärzt*innen als Schnittstelle für die Weitergabe von gesundheitsrelevanten Verhaltensempfehlungen wichtig, dass Empfehlungen der Ärzt*innen auf dem wissenschaftlichen Kenntnisstand basieren. Andernfalls könnten Ratschläge von Ärzt*innen ggf. zu einer Verschlechterung der Patient*innensituation führen, so z.B. zu einer vorschnellen Identifizierung elektromagnetischer Felder als Beschwerdeverursacher oder zu einem Außer-Acht-Lassen anderer möglicher Ursachen.

Ziel:

Ermittlung in welchem Ausmaß Ärzt*innen mit mutmaßlichen Beschwerden durch EMF in ihren Praxen konfrontiert werden, wie sie den Zusammenhang beurteilen, wie sie die EMF-Risiken selbst einschätzen und welche Form der Therapie sie ihren Patient*innen ggf. verordnen.

Forschungsnehmer: Ludwig-Maximilians-Universität München

Laufzeit: April 2022 bis September 2023

2.3 Vor dem Berichtszeitraum begonnene, laufende Forschungsvorhaben

2.3.1 Bewertende Literaturstudie zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf oxidative Prozesse bei Menschen sowie in Tier- und Laborstudien (inkl. 5G)

Hintergrund:

In vielen wissenschaftlichen Studien wird als möglicher Wirkmechanismus elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (EMF) aller Frequenzbereiche sogenannter „oxidativer Stress“ postuliert. Dabei sollen die Felder die Konzentration freier Radikale erhöhen, was zu verstärkten oxidativen Prozessen in Zellen führen könnte. Als mögliche Folge werden DNA-Schädigung und ein verstärktes Auftreten von Krebs diskutiert. Jedoch

ist das Ausmaß der beobachteten Effekte oft gering und die gesundheitliche Relevanz unklar. Zudem weisen laut SCENIHR viele dieser Studien qualitative Mängel auf, wie unzureichende Angaben zur Dosimetrie oder fehlende Verblindung. Zudem unterscheiden sich die Studien zum Teil erheblich im verwendeten Zelltyp, der Intensität der Felder, der Expositionsdauer oder dem Zeitpunkt der ROS Messung. Damit ist die Datenlage zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf den oxidativen Stress sehr inkonsistent, was eine Bewertung der Studien und deren Relevanz aus Strahlenschutzsicht erschwert.

Ziel:

Die Datenlage zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder aller Frequenzbereiche auf den oxidativen Stress wird durch Fachleute systematisch aufgearbeitet und bewertet, Wissenslücken identifiziert und mögliche weitere Forschungsansätze vorgeschlagen.

Forschungsnehmer: Fraunhofer Institut für Toxikologie und experimentelle Medizin (ITEM), Hannover

Laufzeit: September 2019 bis August 2020 (Corona-Pandemie-bedingte Verzögerung bis voraussichtlich Ende 2022)

2.3.2 Bewertende Literaturstudie zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf die Fruchtbarkeit bei Menschen sowie in Tier- und Laborstudien

Hintergrund:

Es gibt aus einigen Veröffentlichungen Hinweise auf einen möglichen negativen Einfluss von elektromagnetischen Feldern auf die Fruchtbarkeit des Menschen. Insbesondere wird von Zusammenhängen zwischen einer Verringerung der männlichen Fruchtbarkeit und der Nutzung von Mobilfunktelefonen berichtet. Die gesamte Studienlage ist jedoch bezüglich der Studienqualität und den Ergebnissen sehr inkonsistent und somit auch widersprüchlich. Während einige Arbeiten auf einen schädlichen Einfluss von elektromagnetischen Feldern auf die Fruchtbarkeit im Menschen und auch in Tieren und in Zellen berichten, gibt es andere Studien, die keinen Effekt beobachten. Zudem unterscheiden sich die Studien in Ihrer Methodik, z.B. was die Statistik und die Verblindung oder das Mitführen von Kontrollen betrifft. Die Thematik des Einflusses elektromagnetischer Felder auf die Fruchtbarkeit ist daher unübersichtlich und trägt zur Verunsicherung der Bevölkerung bei.

Ziel:

Die Datenlage zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder aller Frequenzbereiche auf die Fruchtbarkeit wird durch Fachleute systematisch aufgearbeitet und bewertet, Wissenslücken identifiziert und mögliche weitere Forschungsansätze vorgeschlagen.

Forschungsnehmer: Fraunhofer ITEM, Hannover

Laufzeit: Mai 2020 bis Januar 2022 (Corona-Pandemie-bedingte Verzögerung bis voraussichtlich Ende 2022)

2.3.3 Wirkungen auf Zellen der Körperoberfläche bei Expositionen mit Zenti- und Millimeterwellen (5G Frequenzen)

Hintergrund:

Im Zuge der Einführung von 5G sollen zukünftig Frequenzen im Zenti- und Millimeterwellenbereich über 20 GHz genutzt werden. In diesem Frequenzbereich ist die wissenschaftliche Datenlage in Bezug auf biologische Wirkungen der elektromagnetischen Felder vergleichsweise gering. Da die Eindringtiefe der elektromagnetischen Felder bei diesen Frequenzen sehr klein ist, werden durch kommende 5G-Anwendungen hauptsächlich die Körperoberfläche, also Haut und Augen, betroffen sein.

Ziel:

Untersuchung der Auswirkungen einer Exposition mit Zenti- und Millimeterwellen (5G-Frequenzen) auf Zellen der Körperoberfläche. Dafür werden humane Hautzellen (Fibroblasten und Keratinozyten) bei zwei unterschiedlichen Leistungsflussdichten und bei zwei unterschiedlichen Frequenzen (27 GHz und 41 GHz) befeldet. Zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten (2 Std und 48 Std) werden anschließend die Auswirkungen der Exposition auf die Genexpression und die DNA-Methylierung der Zellen untersucht.

Forschungsnehmer: Jacobs University Bremen, Focus Area Health

Laufzeit: November 2019 bis September 2022 (Corona-Pandemie-bedingte Verzögerung bis voraussichtlich Ende 2022)

3 Maßnahmen zur Transparenz und Information über Expositionen und deren gesundheitliche Bewertung

3.1 Maßnahmen der Bundesregierung zur Aufklärung und Information der Bevölkerung

Die Aufklärung der Bevölkerung über mögliche gesundheitliche Wirkungen elektromagnetischer Felder hat für die Bundesregierung einen hohen Stellenwert. Es werden hierfür zum einen Printmedien (Broschüren und Flyer) eingesetzt, zum anderen werden Informationen im Internet (BfS-Homepage und Social-Media-Kanäle) bereitgestellt. Weitere Aspekte der Öffentlichkeitsarbeit sind die Teilnahme an bzw. Durchführung von Informationsveranstaltungen oder die Zusammenarbeit mit Influencern.

Das Strahlenschutzgesetz (StrlSchG), erlassen als Artikel 1 des Gesetzes zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), sieht die jährliche Berichterstattung durch das Bundesumweltministerium an den Deutschen Bundestag und den Bundesrat über die Entwicklung der Radioaktivität in der Umwelt vor. Zusätzlich enthält dieser Bericht auch Informationen über die neuesten Erkenntnisse und Entwicklungen aus dem Bereich der nichtionisierenden Strahlung (NIR). Hierzu zählen ebenfalls die neuesten Erkenntnisse aus dem Mobilfunkbereich, mit denen die Fachöffentlichkeit informiert wird.

Das Bundesamt für Strahlenschutz hat zahlreiche Informationsmaterialien in diversen Formaten zum Thema Mobilfunk erarbeitet, die auf das Informationsbedürfnis unterschiedlicher Zielgruppen wie bspw. Wissenschaftler*innen und Forscher*innen, interessierte Laien, Kinder und Jugendliche oder Politiker*innen abgestimmt sind. Für das Fachpublikum finden sich auf der Internetseite des BfS im Bereich „Wissenschaft & Forschung“ neben der Darstellung unterschiedlicher Forschungsprogramme, -projekte und -beteiligungen auch zahlreiche fachliche Stellungnahmen zu EMF-Studien. Diese werden häufig laienverständlich für die Themenseite zu elektromagnetischen Feldern aufbereitet, wo sich vor allem Informationen für Nichtwissenschaftler*innen zu Grundlagen, Feldquellen, Wirkungen und Schutz finden. Für diese Zielgruppen gibt es bspw. weiterhin im Allgemeinen die analog und digital erhältlichen Broschüren „Strahlung und Strahlenschutz“ und „Bewertung gesundheitsbezogener Risiken“ sowie im Speziellen die Broschüren „Strahlenschutzkonkret Mobilfunk – Fragen und Antworten“ und „Strahlenschutzstandpunkt: 5G – Die 5. Mobilfunk-Generation“ oder laienverständliche Videos zum Thema Mobilfunk im Multimediabereich der BfS-Homepage. Die Videos „Elektromagnetische Felder des Mobilfunks“ oder „Die neue Mobilfunkgeneration 5G“ erklären die Grundlagen der elektromagnetischen Felder beim Mobilfunk und – ebenso wie eine interaktive Grafik – die Neuerungen beim Mobilfunkstandard 5G. Die Videos veranschaulichen dabei wie Mobilfunk funktioniert, mit welchen Expositionen unter verschiedenen Bedingungen auch mit Blick auf 5G zu rechnen ist, welche gesundheitlichen Wirkungen von hochfrequenten Feldern wissenschaftlich gut belegt sind und welchen Schutz die Einhaltung bestehender Grenzwerte gewährleistet. Weiterhin geben sie Tipps, wie man bei der Handynutzung die persönliche Exposition verringern kann. Ebenso finden sich auf der Homepage unterschiedliche Unterrichtsmaterialien, Infoblätter und Poster für Kinder und Jugendliche. Um unter anderem die letztgenannte Zielgruppe besser zu erreichen, hat das BfS auch Social-Media-Kanäle auf Instagram, Twitter, YouTube und Mastodon, die mit passenden Inhalten und Reihen bespielt werden. Für Politiker und Behördenvertreter wurde darüber hinaus die webbasierte Reihe Strahlenschutzfokus geschaffen, in der sich unter anderem der Beitrag „5G: Netzausbau in guter Begleitung“ findet.

Unter dem Vorsitz des BfS findet zwei- bis dreimal jährlich der Runde Tisch Elektromagnetische Felder (RTEMF) statt. Der RTEMF ist ein unabhängiges Beratungs- und Diskussionsgremium des BfS und gibt Institutionen und gesellschaftlichen Gruppen die Möglichkeit, sich mit dem BfS über einschlägige Fragestellungen zum Thema „Elektromagnetische Felder“ auf fachlicher Ebene auszutauschen. Der RTEMF soll das BfS bei der Kommunikation über elektromagnetische Felder beratend unterstützen und dabei die Transparenz wissenschaftlicher Erkenntnisse fördern. Mitglieder des RTEMF sind Vertreter*innen der Wissenschaft, von Behörden, von Interessenverbänden sowie der Wirtschaft. Die Protokolle der RTEMF-Sitzungen sind auf der BfS Webseite einsehbar.

Für alle Fragen zum Thema Mobilfunk und zu aktuellen gesundheitlichen Fragen in Bezug auf hochfrequente elektromagnetische Felder stehen der Öffentlichkeit Mitarbeiter*innen des Bundesamtes für Strahlenschutz zur Verfügung, die telefonisch und per E-Mail erreichbar sind. Im Rahmen der Internetauftritte von BMUV und BfS werden unter dem Stichwort „Elektromagnetische Felder“ sachliche Informationen zum gesamten elektromagnetischen Spektrum gegeben (Niederfrequenz, Zwischenfrequenz, Hochfrequenz, Infrarot und Ultraviolett) sowie häufig gestellte Fragen unter dem Stichwort „FAQ“ beantwortet.

Im Februar 2020 wurde das „Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF)“ gegründet und in Cottbus, einem neuen BfS-Standort, angesiedelt. Das Kompetenzzentrum bündelt die vorhandene Expertise im BfS, hat Informations- und Dialogangebote intensiviert und ist damit die zentrale Anlaufstelle zu allen Strahlenschutzfragen bezüglich Stromnetzausbau, Elektromobilität und Mobilfunk für alle interessierten Bürger*innen, aber auch lokale Behörden, Mandatsträger*innen, Journalist*innen, etc. Während die Gesamtzahl an digital, hybrid oder analog durchgeführten Bürgerinformationsveranstaltungen zum Thema Hochfrequenz im Jahr 2021 insgesamt 43 betrug, wurde diese Zahl 2022 bereits im dritten Quartal erreicht. In der Tendenz sind damit sowohl die angefragten, als auch die durchgeführten Veranstaltungen mit Beteiligung von KEMF-Referent*innen in diesem Bereich deutlich gestiegen. Neben den Veranstaltungen im Hochfrequenzbereich werden auch Veranstaltungen im Niederfrequenzbereich (bspw. Infoveranstaltungen zum Stromnetzausbau) sowie Formate mit beiden Frequenzbereichen bedient (bspw. die Internationale Funkausstellung). Neben den eigenen Bemühungen des BfS ist der Anstieg im Hochfrequenzbereich auch auf die Kooperation mit unterschiedlichen Partnern wie dem Gigabitbüro des Bundes oder der Dialoginitiative Deutschland spricht über 5G zurückzuführen. Als neue BfS/KEMF-Formate wurden die Online-Infoveranstaltungen für Bürger*innen sowie für kommunale Amtsträger und Bedienstete (sog. Bürgermeister*innen-Sprechstunde) eingeführt, die in regelmäßigen Abständen zu Stromnetzausbau oder Mobilfunk informieren.

Weiterhin steht bei der Bundesnetzagentur unter der Adresse <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Vportal/TK/Funktechnik/EMF/start.html> eine öffentlich zugängliche Datenbank aller Funkanlagen zur Verfügung, für die eine gültige Standortbescheinigung erteilt ist. Die Standortbescheinigung weist die einzuhaltenden Sicherheitsabstände zur jeweiligen Funkanlage aus. Neben den Daten von routinemäßigen Überprüfungen von elektromagnetischen Feldern an öffentlichen Plätzen sind in dieser Datenbank auch die Ergebnisse von EMF-Messreihen enthalten. Die EMF-Messreihe ist eine von der Bundesnetzagentur bundesweit durchgeführte Messkampagne zur Darstellung von Feldstärken, die an unterschiedlich weit von der Basisstation entfernten Messpunkten ermittelt wurden. Die Messpunkte werden jährlich in Zusammenarbeit mit den Umweltministerien der Länder ausgewählt und in der EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur veröffentlicht. Zudem betreibt die Bundesnetzagentur zurzeit neun automatische Messstationen zur Messung der Immissionen von Funkanlagen im Frequenzbereich 9 kHz bis 3 GHz. Die Grenzwertausschöpfung von Funkanlagen im relevanten Frequenzbereich im Verlauf eines Tages, einer Woche oder eines Monats am Betriebsort kann eingesehen werden. All diese Messungen stellen einen Beitrag zu mehr Transparenz in der Diskussion zu tatsächlichen Immissionen und mögliche Gesundheitsgefährdung dar.

Für die begonnene Einführung des Mobilfunkstandards 5G und die damit verbundenen Änderungen in Bezug auf die Immissionssituation der Bevölkerung hatte die Bundesregierung bereits 2017 in ihrer 5G-Strategie (<https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/eine-5g-strategie-fuer-deutschland-389380>) vorgesehen, dass „die bestehenden hohen Sicherheitsstandards beim vorbeugenden Gesundheitsschutz in allen Entwicklungsphasen erhalten bleiben“. Zudem wurde dort zugesagt, dass die Einführung von 5G gegenüber der Öffentlichkeit mit transparenten Informationen begleitet wird. Dies wird u. a. auch durch die laufende ressortübergreifende Kommunikationsinitiative „Deutschland spricht über 5G“ (<https://www.deutschland-spricht-ueber-5g.de/>) realisiert. Neben regelmäßig mit dem BfS durchgeführten Bürgerinfoveranstaltungen finden sich auf der Homepage und den Social-Media-Kanälen der Dialoginitiative zahlreiche Formate mit unterschiedlichen Schwerpunkten zum Thema 5G. Mit der im März 2022 vorgestellten Gigabitstrategie der Bundesregierung (<https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/gigabitstrategie-2017464>) wird die 5G-Strategie fortgesetzt. Mit der neuen Gigabitstrategie soll der flächendeckende Mobilfunkausbau und insbesondere der Ausbau von Glasfaseranschlüssen

noch einmal deutlich vorangetrieben werden. Auch die Gigabitstrategie sieht vor, dass „der vorbeugende Gesundheitsschutz im Hinblick auf die mit dem Mobilfunk verbundenen elektromagnetischen Felder (EMF) wissenschaftsbasiert gewährleistet“ und der Ausbau mit einem breiten Dialogangebot begleitet wird.

3.2 Blauer Engel

Die Strahlenschutzkommission hat bereits im Jahr 2001 in der Empfehlung „Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern“ empfohlen, „... bei der Entwicklung von Geräten und der Errichtung von Anlagen die Minimierung von Expositionen zum Qualitätskriterium zu machen.“ Sie weist darauf hin, dass – entgegen der öffentlichen Besorgnis, die vor allem Mobilfunkbasisstationen (ortsfeste Anlagen) betrifft – unter dem Gesichtspunkt des vorbeugenden Gesundheitsschutzes die Immission insbesondere durch die elektromagnetischen Felder von Geräten, z. B. von Endgeräten der mobilen Telekommunikation zu betrachten sei, weil es hier am ehesten zu einer hohen Exposition eines Nutzers kommen könne. Der Umsetzung dieser Empfehlung dient das deutsche staatliche Umweltzeichen „Blauer Engel“.

Zu den Umwelt-Engel-Vergabekriterien für Mobiltelefone, Ausgabe DE-UZ 106, gehört, dass sich die maximale Strahlungsintensität eines auszeichnungsfähigen Gerätes, ausgedrückt als SAR-Wert, im unteren Drittel der auf dem Markt befindlichen Geräte befindet. Daneben werden die Energieeffizienz und die Materialeigenschaften im Hinblick auf Umwelt- und Recyclingfreundlichkeit berücksichtigt. Anforderungen an die Rohstoffherkunft bei sogenannten Konfliktrohstoffen gestellt und die Beachtung grundlegender Sozialstandards bei der Herstellung gefordert. Bereits seit Mitte Juni 2002 können Hersteller von Mobiltelefonen den „Blauen Engel“ beantragen, sofern die Geräte die von der Jury Umweltzeichen beschlossenen Kriterien einhalten. Im Jahr 2017 wurde zusätzlich zum SAR-Wert, der beim Betrieb des Geräts am Ohr auftritt, erstmals ein Wert für den Betrieb am Körper in die Vergabekriterien aufgenommen. Dies trägt neuen Nutzungs- und damit verbundenen Expositionsszenarien Rechnung. Bei der letzten Überarbeitung der Vergabekriterien Anfang 2022 wurde diese Anforderung entschärft und damit entsprechend der für die Entwicklung der Vergabekriterien geltenden Leitlinien an die Marktsituation angepasst.

Derzeit (Stand Juli 2022) gibt es einen Zeichnungsnehmer, dessen Smartphone im Januar 2022 mit dem Blauen Engel ausgezeichnet wurde. Damit ist die Akzeptanz des Blauen Engels für Mobiltelefone seitens Hersteller und Anbietern weiterhin als schlecht zu beurteilen. Die Bundesregierung hält eine für den Verbraucher einfach zu erkennende Kennzeichnung strahlungsarmer Geräte nach wie vor für wünschenswert. Die Hersteller sind weiterhin aufgefordert, die Entwicklung strahlungsärmerer Handys voranzutreiben und sich auch weiter an einer verstärkten Verbraucherinformation zu beteiligen.

Für Babyüberwachungsgeräte (Babyphone) gibt es seit 2018 überarbeitete Vergabekriterien (DE-UZ 125) für den Blauen Engel. Die Vergabekriterien begrenzen bei den hochfrequenten elektromagnetischen Feldern die elektrische Feldstärke der Funkgeräte auf der dem Baby zugewandten Seite in einem Meter Abstand und bei den niederfrequenten Magnetfeldern die magnetische Flussdichte in 30 cm Abstand. Geräte, die ausschließlich als Dauersender arbeiten, sind von der Vergabe des Blauen Engels ausgeschlossen. Die Energieeffizienz und die Materialeigenschaften im Hinblick auf Umwelt- und Recyclingfreundlichkeit sind in den Vergabekriterien ebenfalls berücksichtigt. Derzeit (Stand Juli 2022) gibt es einen Zeichnehmer, dessen Gerät aber anscheinend zurzeit nicht im Handel verfügbar ist.

Mit DE-UZ 131 gibt es darüber hinaus ein Umweltzeichen für solche digitalen Schnurlostelefone (einschließlich solcher mit Voice-Over-IP-Funktion), die die in den Vergabekriterien definierten Kriterien „Anpassung der Sendeleistung“, „Reichweitenbegrenzung“ sowie „Abschalten der Sendesignale im Standby-Betrieb“ erfüllen. Auch bei den im Januar 2020 zuletzt überarbeiteten Kriterien für diese Produktgruppe sind zudem Anforderungen an Energieeffizienz und Materialeigenschaften im Hinblick auf Umwelt- und Recyclingfreundlichkeit berücksichtigt. Aktuell (Stand Juli 2022) sind mehrere Modelle eines Anbieters mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

In der Gesamtschau zeigt sich, dass bei den Herstellern die Möglichkeit zur Kennzeichnung ihrer Produkte als strahlungsarm nur auf geringe Resonanz trifft, selbst wenn ein relevanter Anteil von Produkten am Markt die Vergabekriterien erfüllen würde.

4 Freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber

4.1 Die freiwillige Selbstverpflichtung

Ein wichtiges Element, das die Vorsorgemaßnahmen der Bundesregierung im Mobilfunkbereich unterstützt, ist die freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber gegenüber der Bundesregierung aus dem Jahr 2001. Teil der freiwilligen Selbstverpflichtung war die Mitfinanzierung des vom BMUV initiierten DMF. Es wurden insgesamt 54 Forschungsvorhaben zu den Teilbereichen Biologie, Dosimetrie, Epidemiologie und zur Risikokommunikation durchgeführt und die Ergebnisse veröffentlicht: <http://www.emf-forschungsprogramm.de>

In den Jahren 2008 und 2012 wurde die freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber jeweils erneuert und um weitere finanzielle Mittel ergänzt, was die Förderung weiterer Forschungsvorhaben ermöglicht hat. Alle Abschlussberichte sind im digitalen Online Repositorium und Informations-System (DORIS) unter <https://doris.bfs.de/jspui/simple-search?query=Stromnetzausbau&submit=Los> zu finden. Im April 2020 wurde die freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber (Deutsche Telekom Technik GmbH, Drillisch Netz AG, Telefónica Germany GmbH & Co. KG, Vodafone GmbH) gegenüber der Bundesregierung fortgeschrieben (https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Strahlenschutz/selbstverpflichtung_kleinzellen_bf.pdf). Zentraler Punkt dieser Selbstverpflichtung sind die Kleinzellen, wobei bereits installierte Kleinzellen eingeschlossen sind. Kleinzellen sind Funkanlagen mit einer deutlich geringeren Sendeleistung als herkömmliche Basisstationen. Die Sendeleistung von Kleinzellen beträgt 2 bis 10 Watt EIRP (äquivalente isotrope Strahlungsleistung). Sie werden dort installiert, wo ein großes Datenaufkommen zu erwarten ist, d. h. dort, wo sich viele Menschen aufhalten. Die Mobilfunkbetreiber verpflichten sich, bei in Außenbereichen errichteten Kleinzellen dasselbe Schutzniveau einzuhalten, das für Basisstationen größerer Leistung durch die Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV) gesichert ist. Die freiwillige Selbstverpflichtung ist auf drei Jahre befristet. Der Stand zur Umsetzung der Zusagen aus der ergänzenden Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber zu Kleinzellen wurde in einem Statusbericht zusammengefasst. Der Bericht wurde von den vier Mobilfunknetzbetreibern erstellt und am 30. September 2021 veröffentlicht (https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Strahlenschutz/kleinzellen_gutachten_bf.pdf). Darin geben die Mobilfunknetzbetreiber einen Überblick über die Realisierungsvarianten von Kleinzellen, den Fortschritt bei der Dokumentation von Kleinzellen im EMF-Datenportal für Landesbehörden, Kommunen und Gemeinden, sowie hinsichtlich des Beteiligungsprozesses von Kommunen beim Kleinzellen-Netzausbau. Des Weiteren haben die Mobilfunknetzbetreiber ein messtechnisches Monitoring von Kleinzellen-Standorten in Auftrag gegeben. Die Erfassung wurde durch wissenschaftliche Experten aus dem EM Institut Regensburg, dem Institut für Hochfrequenztechnik der RWTH Aachen und der TU Ilmenau durchgeführt.

Auf Basis des Statusberichts und des Messberichts wird eine Weiterführung der ergänzenden Selbstverpflichtung zu Kleinzellen nach Ablauf der drei Jahre zwischen Mobilfunkbetreibern und der Bundesregierung erörtert.

4.2 Überprüfung der freiwilligen Selbstverpflichtung

Die Einhaltung der Selbstverpflichtung wird durch alle zwei Jahre erstellte, unabhängige Gutachten überprüft. Die letzte Überprüfung 2021 wurde im Auftrag der Telefónica Germany GmbH & Co. OHG, der Deutschen Telekom Technik GmbH, der Vodafone GmbH sowie erstmals der 1&1 Mobilfunk GmbH (umgewandelt aus der o. g. Drillisch Netz AG) vom Deutschen Institut für Urbanistik (difu), Berlin erstellt (<https://difu.de/publikationen/2022/mobilfunkgutachten-2021>). Es wurden die derzeit vier in Deutschland agierenden Mobilfunknetzbetreiber, die auch Auftraggeber dieses Gutachtens waren, überprüft.

Das Mobilfunkgutachten 2021 des difu bestätigt im Wesentlichen das erreichte Niveau der vergangenen Jahre. Grundsätzlich zeigt sich, dass die freiwillige Selbstverpflichtung weitgehend eingehalten wird. In einigen Punkten, die teilweise bereits in den vorangehenden Gutachten angemerkt worden waren, besteht Verbesserungspotential, soll das erreichte Niveau erhalten bzw. ausgebaut werden. Dazu bedarf es auf kommunaler Seite einer Erhöhung des Angebots an kommunalen Ansprechpartner*innen für die Netzbetreiber, um beispielsweise Standortentscheidungen oder die Nichtnutzung von vorgeschlagenen Alternativstandorten besser in die Kommunen und damit der Bevölkerung kommunizieren zu können. Die meisten Konflikte gibt es bei der Neuerrichtung von Mobilfunksendeanlagen, wobei Anwohner*innenproteste im Gutachten 2021 am häufigsten als Konfliktauslöser genannt wurden. Nur in wenigen Fällen wurden Auseinandersetzungen um Grenzwerte als Auslöser der Konfliktsituation genannt.

Bei der Überprüfung der Zusagen im Bereich der Verbraucherkommunikation wurden erstmals nicht nur die Unternehmensseiten, sondern auch die Privat- und Geschäftskundenseiten der vier Netzbetreiber bewertet. Die Mehrzahl der Unternehmensseiten wurde als „gut“ bewertet. Auf den Privat- und Geschäftskundenseiten fehlten verbreitet Informationen zu den Themen Mobilfunk, Umwelt und Gesundheit. Auch wenn postalische Anfragen oder Anfragen über Foren und Hotlines teilweise nicht befriedigend beantwortet wurden, bewertet das Gutachten diesen Bereich im Ganzen als zufriedenstellend. Bemängelt wurden außerdem fehlende und zum Teil auch unterschiedliche Angaben zu SAR-Werten von gleichen Endgeräten. Die Gutachter mahnten eine Vereinheitlichung zu SAR-Werten von Endgeräten auf allen Seiten an.

5 Fazit

Die Forschungsaktivitäten des Bundesamtes für Strahlenschutz verfolgen einen breiten und umfassenden Ansatz. Die Exposition durch neue Entwicklungen im Bereich Mobilfunk bzw. allgemein im Bereich moderner Kommunikationsmittel wird möglichst frühzeitig erfasst. Mit den Vorhaben zur Klärung offener Fragen über gesundheitliche Auswirkungen bezüglich hochfrequenter elektromagnetischer Felder wird der wissenschaftliche Kenntnisstand zunehmend vertieft, wobei – ebenfalls so früh wie möglich – die Auswirkungen neuer Technologien untersucht werden.

Um die gestiegene Nachfrage nach transparenter und breitgestreuter Kommunikation dieses öffentlichkeitswirksamen Themas zu gewährleisten, wurde das Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF) in Cottbus gegründet, welches im Berichtszeitraum bereits einen großen Beitrag zur Intensivierung der Information und Kommunikation der Bevölkerung geleistet hat. Mit zielgruppenspezifischen Formaten und Angeboten wird der Bevölkerung das Thema Mobilfunk und Gesundheit vermittelt. Neben klassischen Medien und Formaten wird dazu auch verstärkt auf dialogorientierte und digitale Angebote im Bereich der Wissenschaftskommunikation gesetzt.

Auch auf der Basis der neueren Ergebnisse kann festgestellt werden, dass durch die geltenden Grenzwerte der 26. BImSchV die Bevölkerung ausreichend vor gesundheitlichen Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder geschützt ist. Um die fachlichen Grundlagen für die Risikobewertung weiter zu verbessern, fördert das Bundesumweltministerium weiterhin gezielt Forschung, v. a. zur Verbesserung der Datenlage hinsichtlich neuer Technologien, wie z. B. 5G und 6G oder Elektromobilität.

6 Ausblick

Die Digitalisierung der Gesellschaft schreitet rasant fort. Um dem vorbeugenden Gesundheitsschutz Rechnung zu tragen ist es auch weiterhin wichtig, den Strahlenschutz im Zuge einer umwelt-, gesundheits- und verbraucherbewussten Digitalisierung zu beachten. Es geht darum, den Einsatz elektromagnetischer Felder auf ein notwendiges Maß zu begrenzen bei voller Entwicklung aller technischen Möglichkeiten. Dies trägt zum Schutz der Bürger*innen bei und gibt den notwendigen Freiraum für den sicheren Betrieb von zukünftigen mobilfunkbasierten Technikentwicklungen. Gleichzeitig wird mit einem solchen Weg das Verständnis für Chancen und Risiken der Digitalisierung in der Bevölkerung gefördert.

Von besonderer Bedeutung erweisen sich neben den Entwicklungen neuer Standards auch die Fortentwicklungen der bestehenden Mobilfunkstandards, insbesondere in Bezug auf die vierte Mobilfunkgeneration mit dem LTE-Standard. Im Hinblick auf elektromagnetische Felder sind hierbei verschiedene technische Entwicklungen relevant: Zum einen stehen in verstärktem Ausmaß die Inbetriebnahme von Sendeanlagen mit vergleichsweise geringerer Leistung, sog. Kleinzellen, zur Verfügung. Diese dienen den Kapazitätserweiterungen der bestehenden Mobilfunknetze, an Orten mit hohem Datenverkehrsaufkommen nahe an Aufenthaltsorten der Bevölkerung. Zum anderen wird der Mobilfunk künftig zunehmend auch höhere Frequenzen nutzen. Hierbei hat die Nutzung sogenannter „Zenti- und Millimeterwellen“ im Bereich von 24 bis 27 GHz begonnen, wobei eine Nutzung in den kommenden Jahren weniger zum Ausbau der öffentlichen Mobilfunknetze erfolgen dürfte, sondern v. a. als Campuslösungen. Zum dritten erfolgt in den 5G-Netzen die verstärkte Nutzung „intelligenter Antennen“, die mittels elektronischer Steuerung ihre Strahlungskeulen zielgenauer auf die mobilen Endgeräte ausrichten können (sog. „Beamforming“).

Entscheidend für die Emissionsminderung der gesamten Mobilfunktechnologie ist es weiterhin, dass Fragen in Bezug auf elektromagnetische Felder bereits bei der Entwicklung der Technologie konsequent als Rahmenbedingung beachtet werden. Die 5G-Strategie der Bundesregierung hatte in diesem Zusammenhang vorgesehen, dass bei Normung und Standardisierung bereits im Entwicklungsstadium der für 5G relevanten technischen Innovationen der Schutz vor den Auswirkungen elektromagnetischer Felder berücksichtigt wird. Denselben Ansatz nimmt

sich die Bundesregierung in der Gigabitstrategie auch für die laufende Entwicklung des 6G-Standards vor. Dies soll im Einklang mit den internationalen Leitlinien erfolgen und so dazu beitragen, dass das bestehende hohe Schutzniveau beibehalten wird und als europaweit anerkannter Maßstab verankert bleibt. Aus diesem Blickwinkel wird die Bundesregierung die laufenden internationalen Aktivitäten begleiten und erforderlichenfalls im Hinblick auf die nationale Einführung die Einhaltung der genannten Rahmenbedingungen sicherstellen. Die Gigabitstrategie verfolgt einen ähnlichen Ansatz zur Unterstützung der jüngst gestarteten europäischen Initiative zur Entwicklung der sechsten Mobilfunkgeneration (6G). Hier unterstützt und fördert die Bundesregierung energiesparende und immissionsarme Technologien. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert im Rahmen seiner 6G-Initiative die Forschung und Entwicklung in ganz Deutschland. 6G wird, wie 5G, ebenfalls höhere Frequenzbereiche nutzen. Initiale europäische Diskussionen beziehen sich auch auf 6G-Frequenzen von über 100 GHz. Neue Forschungsschwerpunkte werden zu gegebener Zeit nach den ersten europäischen Festlegungen zu diskutieren sein.

An diesen grundlegenden Zielen richtet sich auch die weitere Forschung zu EMF aus. Hierbei gibt es im Bereich der gesundheitlichen Auswirkungen einen Schwerpunkt bei den im Mobilfunk neu genutzten, höheren Frequenzbändern. Die Bundesregierung sieht dazu öffentlich geförderte Forschung vor, die der Bund im Bereich der Wirkung elektromagnetischer Felder von 5G mit Schwerpunkt auf Frequenzen oberhalb 20 GHz unterstützen wird und somit auch künftige 6G-Frequenznutzungen einschließen wird. Ein weiterer Schwerpunkt besteht darin, wie sich die Exposition der Bevölkerung – insbesondere auch unter Einbeziehung von Kleinzellen und unter Berücksichtigung der Beamforming-Technologie – entwickeln wird. Überdies wird zu untersuchen sein, wie sich – ggfs. auch durch innovative Methoden der Netzplanung – eine Emissionsminderung der gesamten Mobilfunktechnologie, also unter Einbeziehung der Emissionen von ortsfesten Anlagen und von mobilen Endgeräten, erreichen lässt. Bis dato wird die individuelle Exposition vor allem durch die körpernahe Nutzung von Endgeräten dominiert.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) etabliert weiterhin einen kontinuierlichen und wissenschaftsbasierten Austausch in den Querschnittsbereichen Gesundheitsschutz, gesellschaftliche Akzeptanz und Energieeffizienz im Zusammenhang mit der Technologieentwicklung für künftige Mobilfunktechnologien wie 6G, in den das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) eng eingebunden ist.

Überdies ist es Ziel der Bundesregierung, die bislang befristete Zusage der Mobilfunknetzbetreiber im Bereich der Kleinzellen in ein dauerhaftes Regime zu überführen und auch die Kleinzellen innerhalb von Gebäuden adäquat in das Schutzsystem einzubinden.