

**Unterrichtung****durch die Bundesregierung****Neunter Bericht der Bundesregierung über die Forschungsergebnisse in Bezug auf die Emissionsminderungsmöglichkeiten der gesamten Mobilfunktechnologie und in Bezug auf gesundheitliche Auswirkungen  
(Neunter Emissionsminderungsbericht)****Inhaltsverzeichnis**

	Seite
1 <b>Einleitung .....</b>	3
2 <b>Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.....</b>	4
2.1    Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Gehirnaktivität, Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit älterer Männer.....	5
2.2    Detaillierte vergleichende Analyse der Alters- und Geschlechtsabhängigkeit des Einflusses hochfrequenter elektromagnetischer Felder von Mobilfunk-Endgeräten auf Gehirnaktivität, Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit .....	5
2.3    Internationaler Workshop zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (inkl. 5G) auf die belebte Umwelt.....	6
2.4    Was denkt Deutschland über Strahlung? Umfrage 2019 .....	6
2.5    Bewertende Literaturstudie zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (inkl. 5G) auf oxidative Prozesse bei Menschen sowie in Tier- und Laborstudien .....	7
2.6    Berücksichtigung aktueller Mobilfunkantennen-Technik bei der HF-EMF-Exposition-bestimmung .....	7

*Vorabfassung – wird durch die endgültige Fassung ersetzt.*

	Seite
2.7 Systematisches Review zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (inklusive 5G) auf die Fruchtbarkeit bei Menschen sowie in Tier- und Laborstudien .....	8
2.8 Wirkungen auf Zellen der Körperoberfläche bei Expositionen mit Zentimeter- und Millimeterwellen (5G Frequenzen) .....	8
2.9 Machbarkeitsstudie eines auf Smartphone-Apps beruhenden Hochfrequenz-Messnetzwerkes zur Abschätzung der Exposition der Bevölkerung mit elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks (inklusive 5G) .....	9
2.10 Nutzung von Mobiltelefonen und Verlauf der Gliom-Inzidenz seit 1979.....	9
<b>3 Internationale Forschungsergebnisse: NTP- und Ramazzini-Studie.....</b>	<b>10</b>
<b>4 Maßnahmen zur Transparenz und Information über Expositionen und deren gesundheitliche Bewertung.....</b>	<b>11</b>
4.1 Maßnahmen der Bundesregierung zur Aufklärung und Information der Bevölkerung .....	11
<b>5 Freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunkbetreiber .....</b>	<b>13</b>
5.1 Die Selbstverpflichtung von 2001 und ihre Fortschreibungen .....	13
5.2 Ergänzende Selbstverpflichtung zu Kleinzellen .....	13
5.3 Überprüfung der freiwilligen Selbstverpflichtung.....	13
<b>6 Fazit.....</b>	<b>14</b>
<b>7 Ausblick .....</b>	<b>14</b>

## 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, 14/9144). Mit dem vorliegenden Bericht kommt die Bundesregierung diesem Auftrag nunmehr zum neunten Mal nach. Der Berichtszeitraum erstreckt sich vom 1. September 2018 bis zum 31. August 2020.

Hochfrequente elektromagnetische Felder umfassen den Frequenzbereich von 100 kHz bis 300 GHz, der an verschiedene Funkdienste zugewiesen wurde und von deren Funkanwendungen für die drahtlose Informationsübertragung, wie z. B. Mobilfunk, Hörfunk, Fernsehen, Schnurlosetelefone, WLAN, Bluetooth, Babyüberwachungsgeräte usw. genutzt wird.

Maßgeblich für die Beurteilung von möglichen gesundheitlichen Auswirkungen der hochfrequenten elektromagnetischen Felder ist nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand weiterhin die Gewebeerwärmung. Erst wenn sich durch die Einwirkung hochfrequenter Felder die Körpertemperatur um deutlich mehr als ein Grad erhöhte, konnten in wissenschaftlichen Untersuchungen gesundheitlich bedeutsame Beeinträchtigungen nachgewiesen werden.

Während diese sogenannten thermischen Wirkungen der hochfrequenten Felder 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 hochfrequenter Felder 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 der Frage nach gesundheitlich bedeutsamen nicht-thermischen Wirkungen der hochfrequenten Felder. Es wurden keine derartigen Wirkungen nachgewiesen. Ebenso lieferten die nach 2008 international durchgeführten Untersuchungen keinen entsprechenden Nachweis. Daher ist das Fazit des DMF nach wie vor gültig: „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 Langzeitrisken 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, also die Frage, ob es Personen gibt, die besonders empfindlich auf hochfrequente Felder reagieren, so dass bei ihnen diverse gesundheitliche Beschwerden ausgelöst werden könnten. Betrachtet man hierzu die Ergebnisse, die im Rahmen des DMF erzielt wurden, und die der weiteren nationalen und internationalen Studien, so hat sich an der Bewertung, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen den Beschwerden der elektrosensiblen Personen und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern nicht nachweisbar ist, nichts geändert. Die Auswertung der aktuellen Datenlage spricht vielmehr dafür, dass der Nocebo-Effekt eine Rolle spielt (<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/publikationen/umid-02-19-nocebo-effekt-v2.pdf>). Sie teilt damit die Einschätzung der Weltgesundheitsorganisation (WHO) (siehe: Elektromagnetische Felder und öffentliche Gesundheit – Elektromagnetische Hypersensibilität (Elektrosensibilität). Fact sheet N° 296 vom Dezember 2005, [https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/ehs\\_fs\\_296\\_german.pdf?ua=1](https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/ehs_fs_296_german.pdf?ua=1)).

Der Ausbau der Mobilfunkinfrastruktur gehört zu den wichtigen politischen Zielen der Bundesregierung. Die Versorgung der Bevölkerung mit mobil nutzbaren Sprach- und Datendiensten ist auch wichtiger Baustein für die Schaffung und Erhaltung gleichwertiger Lebensverhältnisse innerhalb der Bundesrepublik und relevant für den Erhalt unserer Wettbewerbsfähigkeit. Die dadurch ansteigenden Datenübertragungsmengen erfordern stete Weiter- und Neuentwicklungen der Mobilfunkstandards. Mit der fünften Mobilfunkgeneration „5G“ und den Bestrebungen, bundesweit flächendeckende Mobilfunkversorgung zu erreichen, haben sich in Teilen der Bevölkerung Bedenken gegenüber möglichen gesundheitsschädigenden Folgen des Mobilfunks verstärkt. Ob der stete Netz-

ausbau insgesamt betrachtet auch zu einer wesentlich höheren Belastung der Bevölkerung führt, bleibt zu beobachten, um ggf. rechtzeitig gegensteuern zu können. Ein substantieller Teil der sich verändernden Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern betrifft den Mobilfunk, der neben Telefonie, Nachrichten und Internetzugang zunehmend auch für die Vernetzung von Geräten, Gegenständen und Fahrzeugen eingesetzt wird. Beispiele sind die Entwicklungen und Nutzungen digitaler Technologien in fast allen Bereichen von Städten und Kommunen (Smart Cities), die Verbindung zwischen Autos oder von Autos mit Infrastrukturelementen (sogenannte V2X-Kommunikation) oder auch die weitere Entwicklung vernetzter Haushaltseinrichtungen (smart home). Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) und das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) haben deshalb die Informations- und Dialogangebote verstärkt (siehe Abschnitt 3.). Zur Klärung noch offener Fragen und zur Reduzierung wissenschaftlicher Unsicherheiten bezüglich der Langzeitwirkungen von intensiven Mobilgerätenutzungen (Handys, tragbare Datenterminals usw.), Wirkungen von elektromagnetischen Feldern oberhalb von 20 GHz, Expositionen durch die neuen aktiven und intelligenten Antennentypen, Kleinzellen, und andere komplexe Expositionsszenarien, besteht weiterhin Forschungsbedarf.

Die beschriebenen Entwicklungen in den Mobilfunknetzen erfordern auf verschiedenen Handlungsfeldern Maßnahmen der jeweils zuständigen Behörden und Institutionen des Bundes. Um dabei eine einheitliche Vorgehensweise koordiniert, effizient und wirksam zu verfolgen, hat die Bundesregierung im November 2019 ihre Mobilfunkstrategie beschlossen. In dieser werden die Maßnahmen mit Bezug auf Netzausbau gebündelt. Neben den Bereichen weiße Flecken, 5G-Netzaufbau, Ausbauverpflichtungen und Zurverfügungstellung von Frequenzbändern verfolgt diese Strategie auch eine Reihe von Maßnahmen mit Bezug zu elektromagnetischen Feldern und möglichen gesundheitlichen Wirkungen, wie etwa eine übergreifende Kommunikationsinitiative, die Übertragung des für Basisstationen größerer Leistung etablierten Schutzniveaus auf Kleinzellen, eine Reihe von Transparenzmaßnahmen und eine kontinuierliche Förderung der Grundlagenforschung. Soweit thematisch relevant, werden diese Maßnahmen in den folgenden Kapiteln vorgestellt.

## 2 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Zur Verbesserung der wissenschaftlichen Datenlage v. a. hinsichtlich der Entwicklung neuer technologischer Anwendungen in verschiedenen Frequenzbereichen der hochfrequenten elektromagnetischen Felder wie zum Beispiel bei 5G wurden und werden Forschungsprojekte initiiert. Sie sollen zu einer Verbesserung der Risikoabschätzung und -bewertung für hochfrequente elektromagnetische Felder beitragen. Weiterhin ist die Höhe der Exposition der Bevölkerung durch hochfrequente Felder laufend zu beobachten, insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung bei der Nutzung hochfrequenter Felder für moderne Kommunikationstechnologien z. B. für höchste Datenübertragungsraten.

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

Im Berichtszeitraum wurden durch das BfS die in der folgenden Übersicht gelisteten Forschungsvorhaben im Rahmen des Ressortforschungsplans des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) oder aus Restmitteln des DMF (Vorhaben 2.3.10) abgeschlossen oder initiiert:

- Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Gehirnaktivität, Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit älterer Männer
- Detaillierte vergleichende Analyse der Alters- und Geschlechtsabhängigkeit des Einflusses hochfrequenter elektromagnetischer Felder von Mobilfunk-Endgeräten auf Gehirnaktivität, Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit
- Internationaler Workshop zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf die belebte Umwelt (inkl. 5G)
- Was denkt Deutschland über Strahlung? Umfrage 2019
- Bewertende Literaturstudie zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf oxidative Prozesse bei Menschen sowie in Tier- und Laborstudien (inkl. 5G)
- Berücksichtigung aktueller Mobilfunkantennen-Technik bei der HF-EMF-Expositionsbestimmung

- Systematisches Review zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf die Fruchtbarkeit bei Menschen sowie in Tier- und Laborstudien (inkl. 5G)
- Wirkungen auf Zellen der Körperoberfläche bei Expositionen mit Zentimeter und Millimeterwellen (5G-Frequenzen)
- Machbarkeitsstudie eines auf Smartphone-Apps beruhenden Hochfrequenz-Messnetzwerkes zur Abschätzung der Exposition der Bevölkerung mit elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks (inkl. 5G)
- Nutzung von Mobiltelefonen und Verlauf der Gliom-Inzidenz seit 1979

## 2.1 Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Gehirnaktivität, Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit älterer Männer

### Hintergrund:

Mobiltelefone und Endgeräte des BOS-Funks (TETRA) könnten Effekte auf das zentrale Nervensystem (ZNS) hervorrufen. Veränderungen im EEG wurden bei gesunden jungen Männern unter einer Exposition mit GSM und UMTS und danach auch unter der beruflichen Exposition mit TETRA gefunden. Schwerpunkt dieser Studie lag bei der Altersabhängigkeit der beobachteten Effekte bei Männern.

Ziel der randomisierten, doppelblinden, Cross-Over-Studie war es, zu untersuchen, ob eine Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern, wie sie bei Gebrauch von GSM-900-Mobiltelefonen und TETRA-Endgeräten entstehen, einen akuten Einfluss auf das ZNS haben. Dabei wurden mögliche Einflüsse auf das Gehirn im Schlaf sowie im Wachzustand in Ruhe und bei kognitiver Beanspruchung untersucht.

### Ergebnis:

Es konnten einige wenige physiologische Expositionseffekte auf die Hirnaktivität im Schlaf und im Wachzustand beobachtet werden, wobei bei der Vielzahl durchgeföhrter Tests Zufallseffekte nicht ausgeschlossen werden konnten. Es konnten keine nennenswerten Auswirkungen der Exposition auf die Schläfrigkeit und auf kognitive Funktionen festgestellt werden. Insgesamt liefern die leichten physiologischen Veränderungen keine Hinweise dafür, dass eine HF-EMF-Exposition ausgehend von Mobiltelefonen und TETRA-Endgeräten gesundheitsbeeinträchtigende Auswirkungen hat oder auch den Schlaf stört.

**Forschungsnehmer:** Charité Berlin

**Laufzeit:** Mai 2016 bis März 2019

**Abschlussbericht:** <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2019101519604>

## 2.2 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 Gehirnaktivität, Schlaf und Kognition wurde in insgesamt vier Forschungsvorhaben des BfS an jungen, gesunden Männern sowie älteren Frauen und Männern untersucht. 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 wiesen ein identisches Studiendesign auf und wurden an jeweils 30 Testpersonen durchgeführt.

**Ziel:**

Anhand der Daten aus den vorliegenden Studien des BfS soll nun die 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.

**Forschungsnehmer:** Charité Berlin

**Laufzeit:** August 2019 bis November 2020

### **2.3 Internationaler Workshop zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (inkl. 5G) auf die belebte Umwelt**

**Hintergrund:**

Eine fundierte Datenbasis auf dem Gebiet der Auswirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf Tiere und Pflanzen fehlt. Eine letzte Zusammenfassung des Kenntnisstandes erfolgte im Jahr 1999 durch ICNIRP auf Basis eines internationalen Workshops. Der Wissensstand musste daher dringend aktualisiert werden.

**Ziel:**

Bei dem internationalen interdisziplinären Workshop wurden unter Beteiligung von Expert\*innen aus dem Strahlenschutz, dem Umweltschutz sowie Zoologie, Botanik und Ökologie mögliche Umweltauswirkungen anthropogener elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder aller Frequenzen (Stromleitungen, Elektromobilität und induktives Laden, drahtlose Kommunikation) auf Tiere, Pflanzen und Ökosysteme zusammengetragen und diskutiert. Beziiglich 5G wurde insbesondere eine mögliche höhere Energieabsorption in Insekten bei höheren Frequenzen betrachtet.

**Ergebnis:**

Zusammenfassendes Fazit war, dass derzeit keine gesicherten wissenschaftlichen Belege für schädliche Wirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt unterhalb der Grenzwerte für den Menschen vorliegen, es aber Einzelhinweise gibt, denen mit weiterer Forschung nachgegangen werden sollte. Ein vollständiger Bericht zum Workshop und dessen Ergebnissen kann auf den Internetseiten des BfS unter [https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/ergebnisse/emf-umwelt/emf-umwelt\\_node.html](https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/ergebnisse/emf-umwelt/emf-umwelt_node.html) eingesehen werden.

**Organisator:** Valentum Kommunikation GmbH

**Laufzeit:** Der Workshop fand vom 5. bis 7. November 2019 in München statt.

**Abschlussbericht:** <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020050821802>

### **2.4 Was denkt Deutschland über Strahlung? Umfrage 2019**

**Hintergrund:**

Ein zentraler Bestandteil des Strahlenschutzes ist die Information der Bevölkerung über Strahlenwirkungen und Strahlenrisiko sowie über das richtige Strahlenschutzverhalten. Als Basis für diese Aufgabe erhebt das BfS seit vielen Jahren Informationen anhand von regelmäßigen sozialwissenschaftlichen Studien zum gesellschaftlichen und individuellen Umgang mit ausgewählten Strahlenthemen sowie zur Risiko- und Informationswahrnehmung. Ziel dieser Befragung war es, (erstmals) die allgemeine gesellschaftliche Verankerung von Strahlung und Strahlenschutz, die Wahrnehmungen, Kenntnisse und Informationsbedürfnisse der Bevölkerung in Deutschland zu erheben. Damit lieferte sie wichtige Erkenntnisse über das Umfeld, in dem sich das BfS mit seinen wissenschaftlichen Arbeiten und Informations- sowie Kommunikationsmaßnahmen bewegt.

**Ergebnis:**

Die Bürger verstehen unter dem Begriff Strahlung „Mobilfunkstrahlung“ und „radioaktive Strahlung“. Jeder fünfte Deutsche macht sich über die schädlichen Einflüsse von Strahlung Gedanken. Die Menschen haben das Gefühl, dass die Strahlenbelastung steigt und fühlen sich gleichzeitig nicht gut informiert über das Thema Strahlung. Beziiglich Mobilfunk ist positiv hervorzuheben, dass mehr als die Hälfte der Befragten richtigerweise im Mobiltelefon die Hauptexpositionsquelle sieht. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist unter <https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/berichte/handreichung-strahlenbewusstseinsstudie.html> zu finden.

**Forschungsnehmer:** Aproxima Gesellschaft für Markt- und Sozialforschung Weimar mbH

**Laufzeit:** Juli 2019 bis September 2019

**Abschlussbericht:** <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2019110720000>

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

**Hintergrund:**

In vielen wissenschaftlichen Studien wird als möglicher Wirkmechanismus elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (EMF) aller Frequenzbereiche sog. „oxidativer Stress“ postuliert. Dabei sollen die Felder die Konzentration freier Radikale erhöhen, was zu verstärkten oxidativen Prozessen in Zellen führen könnte. Das könnte u. a. zu DNA-Schädigung und verstärktem Auftreten von Krebs führen. Jedoch ist das Ausmaß der beobachteten Effekte oft gering und die gesundheitliche Relevanz unklar. Zudem weisen laut der Stellungnahme des europäischen Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR) über mögliche gesundheitliche Wirkungen der Exposition durch elektromagnetische Felder aus dem Jahr 2015 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 Messung der freien Radikale. 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 November 2020.

## **2.6 Berücksichtigung aktueller Mobilfunkantennen-Technik bei der HF-EMF-Expositionsbestimmung**

**Hintergrund:**

In modernen breitbandigen Mobilfunknetzen mit hohen Kapazitäten werden zunehmend aktive intelligente Antennen eingesetzt, die ihre Strahlungscharakteristik softwaregesteuert und elektronisch an die örtlichen Teilnehmeraufkommen und -bedarfe anpassen können. Das Verfahren ist unter den Bezeichnungen, wie z. B. Keulenformung oder „Beamforming“ bekannt und wird seit längerem bei Radar-Anlagen eingesetzt. Die Verwendung in der Mobilfunktechnik bietet sich auf den zusätzlichen Funkfrequenzen der 5G-Mobilfunknetze zur cleveren Erhöhung der Teilnehmerkapazitäten und zur Verbesserung der Verbindungen zu den einzelnen Endgeräten an.

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 Mess-Ort 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 sollen Messstrategien entwickelt werden, mit denen tatsächliche, typische und maximal mögliche Immissions- und Expositionsbeiträge von Mobilfunkbasisstationen mit Beamforming-Antennen verlässlich bestimmt werden können. An 100 ausgewählten Orten in der nahen und weiteren Umgebung von Basisstationsstandorten, die mit dieser Antennentechnik ausgerüstet sind, sollen die Immissions- und Expositionsbeiträge bestimmt werden.

**Forschungsnehmer:** RWTH Aachen

**Laufzeit:** Januar 2020 bis März 2021

## **2.7 Systematisches Review zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (inklusive 5G) auf die Fruchtbarkeit bei Menschen sowie in Tier- und Laborstudien**

**Hintergrund:**

Seit 1999 sind verschiedene wissenschaftliche Arbeiten erschienen, die auf einen möglichen schädlichen Einfluss hoch- und niederfrequenter elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf die Fruchtbarkeit des Menschen hindeuten. Als möglichen Wirkmechanismus, der die beobachtbaren Veränderungen oder Schädigungen im Gewebe und den Keimzellen erklären könnte, wird durch elektromagnetische Felder ausgelöster oxidativer Stress postuliert. Allerdings ist die Gesamtstudienlage sehr uneinheitlich, was sowohl die Qualität der Studien als auch deren Aussagen betrifft. So weisen viele Studien teils erhebliche methodische Mängel wie fehlende Verblindung, mangelhafte Kontrollen und fehlerhafte Versuchsaufbauten bei der Exposition mit elektromagnetischen Feldern auf. Weiterhin zeigen sich in vielen Studien keine oder sogar positive Auswirkungen der Befeldung auf die Fruchtbarkeit von Tier und Mensch. Diese uneinheitliche Studienlage erschwert aus Sicht des Strahlenschutzes die Bewertung der möglichen Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf die Fruchtbarkeit.

**Ziel:**

Die Datenlage zu möglichen schädlichen Einflüssen von nieder- und hochfrequenten Feldern auf die Fruchtbarkeit von Menschen und Tieren soll durch Fachleute systematisch aufgearbeitet und bewertet, Wissenslücken identifiziert und möglicher Forschungsbedarf ermittelt werden.

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

**Laufzeit:** Mai 2020 bis Januar 2022

## **2.8 Wirkungen auf Zellen der Körperoberfläche bei Expositionen mit Zentimeter- und Millimeterwellen (5G Frequenzen)**

**Hintergrund:**

Im Zuge der Einführung von 5G sollen zukünftig Frequenzen im Zentimeter- und Millimeterwellenbereich (hier: Frequenzbänder über 20 GHz) genutzt werden. In diesem Spektrum ist die wissenschaftliche Datenlage in Bezug auf biologische Wirkungen der elektromagnetischen Felder vergleichsweise gering. Da die Eindring-

tiefe der elektromagnetischen Felder bei diesen Frequenzen sehr klein ist, wird durch die künftigen 5G-Anwendungen, für die die genannten Bänder genutzt werden, hauptsächlich die Körperoberfläche, also Haut und Augen, betroffen sein.

**Ziel:**

Untersuchung der Auswirkungen einer Exposition mit Zentimeter- 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 Stunden und 48 Stunden) 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

## **2.9 Machbarkeitsstudie eines auf Smartphone-Apps beruhenden Hochfrequenz-Messnetzwerkes zur Abschätzung der Exposition der Bevölkerung mit elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks (inklusive 5G)**

**Hintergrund:**

Ein Expositions-Monitoring hochfrequenter elektromagnetischer Felder könnte zur Bewertung 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 Ansatz, der auf die Erhebung von Messdaten mittels Standard-Smartphones setzt, Abhilfe schaffen. Dieses sogenannte Crowdsourcing-Prinzip verspricht nach heutigem Wissensstand den Aufbau eines engmaschigen und kontinuierlich arbeitenden Messnetzwerks mit hinreichend genauen Monitoring-Ergebnissen.

**Ziel:**

Untersuchung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit des genannten Ansatzes. Konkret soll die Frage geklärt werden, ob die von vielen Endgeräten gemessenen Signalstärke-Indikatoren ein repräsentatives Bild der Exposition über das gesamte genutzte Mobilfunkspektrum zeichnen können.

**Forschungsnehmer:** RWTH Aachen

**Laufzeit:** Dezember 2019 bis November 2021

## **2.10 Nutzung von Mobiltelefonen und Verlauf der Gliom-Inzidenz seit 1979**

**Hintergrund:**

In einzelnen Studien wurde ein Zusammenhang zwischen der Nutzung von Mobiltelefonen und dem Risiko, an einem Gehirntumor (insbesondere am Gliom) zu erkranken, beobachtet. Die Anzahl der Neuerkrankungen (Inzidenz) über die letzten vier Jahrzehnte (seit Einführung und Verbreitung der Mobilfunktechnologie) diente als Basis, um zu überprüfen, ob die beobachteten Trends mit den in Einzelstudien berichteten erhöhten Risiken vereinbar sind. Für die skandinavischen Länder, in denen Mobiltelefone besonders früh und intensiv genutzt worden sind, wurden die Trends der 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.

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

**Laufzeit:** Juli 2018 bis November 2020

### 3 Internationale Forschungsergebnisse: NTP- und Ramazzini-Studie

Zwei im Jahr 2018 veröffentlichte experimentelle Studien an Mäusen und Ratten fachten die Diskussion um eine mögliche krebsfördernde Wirkung der Felder des Mobilfunks erneut an. Die Studie des National Toxicology Program (NTP) zu Langzeiteffekten einer Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des GSM- und UMTS-Frequenzbereichs lieferte nach Meinung der Autoren eine expositionsbedingte klare Evidenz für das Auftreten von Herztumoren und eine mäßige Evidenz für das Auftreten von Hirntumoren und Erkrankungen des Nebennierenmarks bei Ganzkörper-exponierten männlichen Ratten. Bei den Tierexperimenten handelt es sich um Ganzkörperexpositionen, die ca. 20-fach und mehr über dem für die Allgemeinbevölkerung gültigen Grenzwert für Ganzkörperexpositionen liegen. Die Ergebnisse der NTP-Studie können auf der Internetadresse

[„https://ntp.niehs.nih.gov/whatwestudy/topics/cellphones/index.html“](https://ntp.niehs.nih.gov/whatwestudy/topics/cellphones/index.html), eingesehen werden. Im Gegensatz dazu sieht das BfS nach sorgfältiger Analyse der vielfältigen Ergebnisse zwar Hinweise, aber keine klare oder mäßige Evidenz für eine karzinogene Wirkung bei den in der Studie angewandten hohen Ganzkörperexpositionen. Methodische Schwächen und Inkonsistenzen in den Studienergebnissen limitieren die Aussagekraft der Studie deutlich. Die karzinogene Wirkung war auf männliche Ratten beschränkt (fehlte bei weiblichen Ratten und bei beiden Geschlechtern der Mäuse). Die Inzidenzen der im Vergleich zu den beobachteten Krebserkrankungen zu erwartenden Krebsvorstufen lagen zu niedrig, um mit den gängigen Modellen der Tumorentstehung übereinzustimmen. Eine besondere Auffälligkeit der Studie war die hohe Sterblichkeit der Kontrolltiere im Vergleich zu den exponierten Tieren; dies erschwert den direkten Vergleich der im Alter auftretenden Tumore. Auch methodische Besonderheiten dieser toxikologischen Studie (keine Verblindung in der initialen pathologischen Begutachtung und keine Korrektur für multiples Testen) können zu verzerrten oder zufälligen Ergebnissen geführt haben. Hinzu kommt, dass die Körpertemperatur nicht gemessen wurde. Bei den hohen Ganzkörperexpositionen ist deshalb nicht auszuschließen, dass thermischer Stress – mit Körpertemperaturerhöhungen, die oberhalb der Grenzwerte auftreten und bekanntermaßen zu gesundheitlichen Effekten führen – zu den auffälligen Ergebnissen speziell bei männlichen Ratten geführt hat. Zu dieser These hat das BfS einen Letter to the Editor in der Fachzeitschrift „Bioelectromagnetics“ veröffentlicht (Kuhne et al. Bioelectromagnetics, 2020). Eine vollständige Stellungnahme des BfS zur NTP-Studie ist unter folgendem Link abrufbar: <https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/stellungnahmen/emf/ntp-studie/dossier-ntp-studie.html>.

Die sogenannte Ramazzini-Studie veröffentlichte 2018 erste Teilergebnisse einer Langzeitstudie zu Auswirkungen von GSM-modulierten hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf Ratten (Falcioni et al. Environ Res, 2018). Die Ganzkörper-SAR lag dabei unterhalb bzw. in der höchsten Expositionsgruppe auf vergleichbarem Niveau mit den Basisgrenzwerten für die Allgemeinbevölkerung. Es zeigte sich eine signifikant erhöhte Inzidenz von Herztumoren. Die Autoren schlussfolgern, dass ihre Ergebnisse mit den Ergebnissen der NTP-Studie konsistent sind und diese stützen. Das BfS teilt diese Schlussfolgerung aus den folgenden Gründen nicht: Das Design der Ramazzini-Studie ist nicht zur Bestätigung der NTP-Studie ausgelegt worden. Vielmehr weist die Studie durch die hohe Anzahl verschiedener Endpunkte Charakteristiken eines Screenings auf und nicht – wie es zur Bestätigung der NTP-Studie notwendig wäre – einen konfirmatorischen Ansatz. Zudem wird die Vergleichbarkeit beider Studien dadurch erschwert, dass sie sich deutlich hinsichtlich der Expositionsstärke unterscheiden, bei der die Effekte beobachtet worden sind. Weitere Schwächen der Ramazzini-Studie sind die große (derzeit unbekannte) Anzahl an Endpunkten, wodurch die Möglichkeit eines Zufallstreßers, d.h. eines zufälligen, falsch-positiven Testergebnisses, nicht vernachlässigbar ist, insbesondere da die beobachtete Anzahl an Ratten mit Herztumoren nur knapp oberhalb des Bereiches der historischen Kontrollen liegt (erwartet 1 bis 2, gefunden 3) und die Tumorraten bei den Kontrolltieren ungewöhnlich klein war (erwartet 2 bis 3, gefunden 0). Zusätzlich zur Problematik des multiplen Testens ist daher eine Verzerrung durch die Kontrollgruppe nicht auszuschließen.

#### 4 Maßnahmen zur Transparenz und Information über Expositionen und deren gesundheitliche Bewertung

##### 4.1 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. Daher erfolgt die Öffentlichkeitsarbeit über eine Reihe von Kanälen, zum Beispiel Printmedien, Informationen im Internet, wie z. B. <https://www.bmu.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/strahlenschutz/nichtionisierende-strahlung/strahlenschutz-beim-mobilfunk/fragen-und-antworten-zur-einfuehrung-der-5g-mobilfunknetze-und-emf/>, und die Teilnahme an bzw. Durchführung von Informationsveranstaltungen. Die Mobilfunkstrategie der Bundesregierung sieht einen weiteren Ausbau dieser Maßnahmen vor – insbesondere durch eine ressortübergreifende Kommunikationsinitiative zum Mobilfunkausbau, die unter dem Titel „Deutschland spricht über 5G“ sachlich, transparent, neutral und umfassend informieren und Dialogangebote bereitstellen soll. Dabei werden die technischen Eigenschaften, die Anwendungsfelder und die Möglichkeiten neuer Technik ebenso im Fokus stehen wie gesellschaftliche Auswirkungen und mögliche gesundheitliche Aspekte. Mit der Vorbereitung dieser Initiative wurde im Berichtszeitraum begonnen.

Das 2017 erlassene Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) sieht die jährliche Berichterstattung durch das BMU 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 zum Thema Mobilfunk erarbeitet, die auf das Informationsbedürfnis sowohl des Fachpublikums als auch der interessierten Laien bzw. der Kinder und Jugendlichen abgestimmt sind. Die Broschüre „Strahlung und Strahlenschutz“, Infoblätter zu einzelnen Themen des Mobilfunks, die Strahlenschutzthemen, die sich mit einzelnen Aspekten des Mobilfunks genauer auseinandersetzen, die Broschüre „Mobilfunk: Wie funktioniert das eigentlich?“ für Kinder und Jugendliche, und das Unterrichtsmaterial „Mobilfunk“ für Lehrer\*innen sind hier ebenso wie ein Animationsfilm (<http://www.bfs.de/SharedDocs/Videos/BfS/DE/emf-mobilfunk.html>) zu erwähnen. Das Video „Elektromagnetische Felder des Mobilfunks“ erklärt die Grundlagen der elektromagnetischen Felder beim Mobilfunk. Es veranschaulicht, wie Mobilfunk funktioniert, mit welchen Expositionen unter verschiedenen Bedingungen zu rechnen ist, welche gesundheitlichen Wirkungen von hochfrequenten Feldern wissenschaftlich gut belegt sind und welchen Schutz die Einhaltung bestehender Grenzwerte gewährleistet. Das Video enthält weiterhin Tipps, wie die persönliche Exposition bei der Handynutzung verringert werden kann.

Für alle Fragen zum Thema Mobilfunk im Allgemeinen und zu aktuellen gesundheitlichen Fragen in Bezug auf hochfrequente elektromagnetische Felder stehen der Öffentlichkeit Mitarbeiter\*innen des BfS zur Verfügung, die unter einer öffentlichen Rufnummer und per E-Mail erreichbar sind. Im Rahmen der Internetauftritte von BMU (<http://www.bmu.bund.de>) und BfS (<http://www.bfs.de>) werden unter dem Stichwort „Elektromagnetische Felder“ sachliche Informationen zum gesamten elektromagnetischen Spektrum gegeben (Niederfrequenz, Hochfrequenz, Infrarot und Ultraviolet) sowie häufig gestellte Fragen unter dem Stichwort „FAQ“ beantwortet.

In Bezug zum Strahlenschutz wurde im Koalitionsvertrag von 2018 festgelegt, dass ein dem BfS zugehöriges Kompetenzzentrum etabliert wird, das dem steigenden Informationsbedarf zu Strahlenschutz- und Gesundheitsaspekten bei elektromagnetischen Feldern dienen soll. Im Februar 2020 wurde das „Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF)“ gegründet. Im Rahmen der Initiative des Bundes zur Strukturstärkung in den ehemaligen Kohleregionen bzw. den Regelungen des Investitionsgesetzes Kohleregionen wird das Zentrum in Cottbus, einem neuen BfS-Standort, angesiedelt. Das sich im Aufbau befindliche Kompetenzzentrum bündelt die vorhandene Expertise im BfS, wird Informations- und Dialogangebote intensivieren und soll damit die zentrale Anlaufstelle zu allen Strahlenschutzfragen bezüglich Stromnetzausbau, Elektromobilität und Funkkommunikation für alle interessierten Bürger\*innen, aber auch örtliche Behörden, Mandatsträger\*innen, Journalist\*innen etc. sein. Als ein neues (digitales) Format wurde die Online-Sprechstunde für kommunale Amtsträger und Bedienstete (sog. Bürgermeister\*innensprechstunde) eingeführt, die im 14-tägigen Turnus zu Stromnetzausbau oder Mobilfunk informiert und in der die BfS-Expert\*innen Rede und Antwort stehen.

Weiterhin steht bei der Bundesnetzagentur unter der Adresse <http://emf3.bundesnetzagentur.de/karte> 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. Die

Mobilfunkstrategie der Bundesregierung sieht vor, dass auch die Standorte von Kleinzellen in dieser Datenbank sichtbar sein sollen. Neben den Daten von routinemäßigen Überprüfungen von elektromagnetischen Feldern an öffentlichen Plätzen sind in dieser Datenbank auch die Ergebnisse der EMF-Messreihen enthalten. Die EMF-Messreihen sind von der Bundesnetzagentur bundesweit durchgeführte Messkampagnen zur Überprüfung der Feldstärken, die von Funkanlagen ausgehen. Die Messorte 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. Alle diese Messungen stellen einen Beitrag zu mehr Transparenz in der Diskussion um eine mögliche Gesundheitsgefährdung dar.

### **Blauer Engel**

Die Strahlenschutzkommision 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 (orts-feste 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 Vergabekriterien 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 Recycling-freundlichkeit berücksichtigt. 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.

Derzeit (Stand August 2020) nutzt kein Anbieter die Chance, möglicherweise auszeichnungsfähige Mobiltelefone tatsächlich mit dem Blauen Engel auszeichnen zu lassen. Damit ist die Akzeptanz des Blauen Engels für Mobiltelefone seitens Herstellern und Anbietern weiterhin als sehr schlecht zu beurteilen. Die Bundesregierung hält eine für den Verbraucher einfach zu erkennende Kennzeichnung strahlungssamer Geräte nach wie vor für wünschenswert. Die Hersteller sind weiterhin aufgefordert, bei der Entwicklung von Mobilfunkendgeräten (wie z. B. Handys und Smartphones) darauf zu achten, dass Expositionen minimiert werden und dass sie sich auch weiterhin an einer verstärkten Verbraucherinformation beteiligen.

Für Babyüberwachungsgeräte (Babyphones) gibt es seit 2018 überarbeitete Vergabekriterien (DE-UZ 125) für den Blauen Engel. Die Vergabekriterien begrenzen bei den hochfrequenten elektromagnetischen Feldern die abgestrahlte Leistung und bei den niederfrequenten Magnetfeldern die magnetische Flussdichte. 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 2020) gibt es keinen Zeichennehmer.

Mit DE-UZ 131 gibt es darüber hinaus ein Umweltzeichen für digitale Schnurlosetelefone (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 Kriterien für diese Produktgruppe sind zudem Anforderungen an Energieeffizienz und Materialeigenschaften im Hinblick auf Umwelt- und Recyclingfreundlichkeit berücksichtigt. Aktuell (Stand August 2020) sind mehrere Modelle eines Anbieters mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

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

## 5 Freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunkbetreiber

### 5.1 Die Selbstverpflichtung von 2001 und ihre Fortschreibungen

Ein wichtiges Element, das die Vorsorgemaßnahmen der Bundesregierung im Mobilfunkbereich unterstützt, ist die freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunkbetreiber gegenüber der Bundesregierung aus dem Jahr 2001. Teil der freiwilligen Selbstverpflichtung war die Mitfinanzierung des vom BMU 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 Mobilfunkbetreiber jeweils erneuert und um weitere finanzielle Mittel ergänzt, was die Förderung weiterer Forschungsvorhaben ermöglicht hat. Alle Abschlussberichte sind im digitalen Online Repozitorium und Informations-System (DORIS) des BfS zu finden <https://doris.bfs.de>.

### 5.2 Ergänzende Selbstverpflichtung zu Kleinzellen

Im April 2020 wurde die freiwillige Selbstverpflichtung von den Mobilfunkbetreibern Deutsche Telekom Technik GmbH, Drillisch Netz AG, Telefónica Germany GmbH & Co. KG, Vodafone GmbH gegenüber der Bundesregierung fortgeschrieben. Die Ergänzung bezieht sich auf Kleinzellen von 2 bis 10 Watt EIRP (äquivalente isotrope Strahlungsleistung) außerhalb von Gebäuden. Kleinzellen sind kleine lokale Bereiche, die von kleinsten Basisstationen mit einer deutlich geringeren Sendeleistung als herkömmliche Basisstationen auf z. B. Gebäudedächern oder freistehenden Masten versorgt werden. Sie werden dort installiert, wo ein großes Datenaufkommen zu erwarten ist, d. h. dort, wo sich viele Menschen aufhalten. Die Mobilfunkbetreiber verpflichten sich, auch bei Kleinzellen dieselben Grenzwerte einzuhalten, die für Basisstationen größerer Leistung durch die Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV) gesichert sind.

### 5.3 Überprüfung der freiwilligen Selbstverpflichtung

Die Einhaltung der Selbstverpflichtung wird durch alle zwei Jahre erstellte, unabhängige Gutachten überprüft. In den Berichtszeitraum fallen zwei Überprüfungen aus den Jahren 2017 und 2019. Die Überprüfung 2017 wurde im Auftrag der Telefónica Germany GmbH & Co. OHG, der Deutschen Telekom Technik GmbH und der Vodafone GmbH vom Deutschen Institut für Urbanistik (difu), Berlin, und der Schlange & Co. GmbH, Consultants for Corporate Responsibility, Hamburg, erstellt. Überprüft wurden die drei Mobilfunkbetreiber, die auch Auftraggeber dieses Gutachtens waren. Das Deutsche Institut für Urbanistik (difu) erstellte den Teil für Kommunikation und Partizipation, die Beratungsgesellschaft Schlange & Co. GmbH war für den Bereich Verbraucherschutz und Verbraucherinformation zuständig. Weitere Informationen dazu sind auf der Internetseite des BMU unter <https://www.bmu.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/strahlenschutz/nichtionisierende-strahlung/strahlenschutz-beim-mobilfunk/selbstverpflichtung-der-mobilfunkbetreiber> veröffentlicht. Das Gutachten zum Bericht über die Überprüfung wurde 2018 kurz nach dem Ende des letzten Berichtszeitraums dem BMU übermittelt und soll deshalb hier kurz beschrieben werden.

Das Jahresgutachten 2017 bestätigt im Wesentlichen das erreichte Niveau der vergangenen Jahre. Die Punkte, die bereits in den Vorjahren kritisiert worden waren, wurden im Gutachten von 2017 weiterhin als verbesserungsbedürftig bezeichnet. Es handelt sich hierbei um folgende Punkte: Die Erweiterung des Angebots an regionalen Ansprechpartner\*innen der Mobilfunkbetreiber, die rechtzeitige Bekanntgabe des Sendebeginns in kleineren Gemeinden, der mangelnde Informations- und Kenntnisstand der Mitarbeiter\*innen in den Handyshops, das nicht vorhandene Informationsmaterial für Kund\*innen in den Handyshops. Nach wie vor gibt es Konflikte bei der Erweiterung bzw. Neuerrichtung von Mobilfunksendeanlagen. Alle Beteiligten, aber insbesondere die Mobilfunkbetreiber, sind aufgefordert, konstruktive Beiträge zur Konfliktlösung zu leisten. Die Überprüfung der Handyshops ergab, dass es mittlerweile wieder mehr Handys mit einem höheren SAR-Wert gibt und dass der „Blaue Engel“ weiterhin keine Akzeptanz findet. Der SAR-Wert wird auch für Tablets und Phablets ausgewiesen.

Die letzte Überprüfung 2019 wurde im Auftrag der Telefónica Germany GmbH & Co. OHG, der Deutschen Telekom Technik GmbH und der Vodafone GmbH vom Deutschen Institut für Urbanistik (difu), Berlin, erstellt. Überprüft wurden die drei Mobilfunkbetreiber, die auch Auftraggeber des Gutachtens waren. Die Ergebnisse des Jahresgutachtens 2019 werden insgesamt – wie in den vorangegangenen Jahren – als gut erachtet. Erfreulich

ist die geringe Anzahl der Konfliktfälle mit den Kommunen bei der Standortplanung, die kontinuierlich abnehmen. Zudem konnte man etwa die Hälfte der ohnehin schon wenigen Fälle durch bilateralen Austausch lösen. Weiterhin fehlt es jedoch in vielen Gemeinden an regionalen Ansprechpartner\*innen für die Mobilfunkbetreiber. Auch bezüglich Handys mit geringem SAR-Wert – ein Aspekt aus dem Verantwortungsbereich der Hersteller – gibt es wenig Verbesserung. Da der „Blaue Engel“ – als nationales Qualitätssiegel in einem globalen Markt – weiterhin keine Akzeptanz findet, war das Umweltzeichen nicht weiter Gegenstand des Gutachtens. Neu war die erstmalige Überprüfung der Informationen, die über die Kanäle YouTube, Skype und WhatsApp durch die Mobilfunkbetreiber angeboten werden. Vor dem Hintergrund, dass sich Verbraucher\*innen zunehmend online informieren, ist das Informationsangebot im Netz als besonders wichtig anzusehen. Das Video-Angebot über YouTube wurde insgesamt als gut bewertet, das Angebot speziell zu 5G hatte jedoch noch Verbesserungspotenzial. Die Informationskanäle WhatsApp und Skype wurden als positiv bewertet, Anfragen wurden schnell und präzise beantwortet.

## 6 Fazit

Die Forschungsaktivitäten des BfS verfolgen einen sehr 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.

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, wird das BMU auch zukünftig Ressortforschung zu konkreten Fragestellungen initiieren, damit etwa die Datenlage hinsichtlich neuer Technologien wie 5G gezielt verbessert werden kann. Daneben ist es ebenso wichtig, die Grundlagenforschung zu stärken. Die Mobilfunkstrategie der Bundesregierung sieht hierzu vor, dass eine kontinuierliche Forschungsförderung im Bereich der Begleitforschung, insbesondere zu Themen mit Bezug auf die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks, eingerichtet werden soll. Durch solche verlässlichen Programme werden die Forschungseinrichtungen in die Lage versetzt, etwa auf dem Gebiet von bisher unbekannten Langzeitwirkungen des Mobilfunks oder im Bereich der grundlegenden Wirkmechanismen hoher Frequenzen, langfristig den wissenschaftlichen Kenntnisstand zu erweitern.

## 7 Ausblick

Die Digitalisierung der Gesellschaft schreitet rasant fort. Um dem vorbeugenden Gesundheitsschutz Rechnung zu tragen, ist es auch weiterhin wichtig, den Strahlenschutz und entsprechende Vorsorge im Zuge einer umwelt- und gesundheitsbewussten Digitalisierung zu beachten. Es geht darum, nur so viele Felder wie notwendig zu nutzen bei voller Entwicklung aller technischen Möglichkeiten. Dies schützt die Bürger\*innen und gibt den notwendigen Freiraum für den sicheren Betrieb von zukünftigen mobilfunkbasierten Technikentwicklungen. Gleichzeitig wird mit einem solchen Weg die Akzeptanz der Digitalisierung in der Bevölkerung gefördert.

Von besonderer Bedeutung erweisen sich hierbei die Entwicklungen neuer Mobilfunkstandards. Im Hinblick auf elektromagnetische Felder sind hierbei verschiedene technische Entwicklungen relevant. Zum einen ist in verstärktem Ausmaß die Inbetriebnahme von Sendeanlagen mit vergleichsweise geringer Leistung, sog. Kleinzellen, zu erwarten. Diese dienen den lokalen Kapazitätserweiterungen (Hotspots bzw. Orte mit hohem Verkehrsaufkommen) der 4G- und 5G-Mobilfunknetze. Zum anderen wird der Mobilfunk zukünftig zunehmend auch Frequenzen ab 20 GHz aufwärts nutzen. Initiale Netze in Deutschland werden lokale, nichtöffentliche Netze in Produktionsanlagen (sog. Campuslösungen) sein, die voraussichtlich den Frequenzbereich zwischen 24 und 27 GHz nutzen werden. In den Frequenzspektren darüber arbeiten internationale Forscher bereits an Möglichkeiten zur Nutzung von Teilbereichen bis zu 300 GHz. Zum dritten ermöglichen die für 5G vorgesehenen Frequenzbänder auch die Verwendung von aktiven bzw. intelligenten Beamforming-Antennen, die mittels Software-Steuerung die Felder zielgenau zwischen Sender und Empfänger ausrichten können. Innovationen in den Standards werden dazu führen, dass Zug um Zug die weniger effizienten Mobilfunkstandards der älteren Generationen ganz oder teilweise durch die modernen vierten und fünften Generationen verdrängt werden. Da die Funkfrequenzen in Deutschland technologienutral zugeteilt werden, können die Zuteilungsinhaber im Prinzip schon heute die Frequenzen der älteren Generationen auch für 5G (mit den frequenztechnisch bedingten eingeschränkten Leistungsmerkmalen) nutzen.

Entscheidend für die Konzepte zur Emissionsminderung der gesamten Mobilfunktechnologie wird sein, dass Fragen in Bezug auf elektromagnetische Felder bereits bei der Entwicklung der Technologie konsequent als Rahmenbedingung beachtet werden. Die 5G-Strategie der Bundesregierung sieht in diesem Zusammenhang vor, dass bei Normung und Standardisierung bereits im Entwicklungsstadium der für 5G relevanten technischen Innovationen der Schutz vor den Auswirkungen elektromagnetischer Felder berücksichtigt wird. Diese Einbeziehung ist nach der Mobilfunkstrategie der Bundesregierung fortlaufend vorgesehen und soll im Einklang mit den internationalen Leitlinien erfolgen. Insgesamt kann dies 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 bei der nationalen Einführung die Einhaltung der genannten Rahmenbedingungen sicherstellen. Ein vergleichbarer Ansatz wird im Übrigen für weitere innovative Funkanwendungen im Zuge der Digitalisierung zu verfolgen 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 vom Mobilfunk künftig genutzten höheren Frequenzbändern. Die 5G-Strategie der Bundesregierung sieht dazu öffentlich geförderte Forschung vor, die der Bund im Bereich der Wirkung elektromagnetischer Felder von 5G mit Schwerpunkt auf Frequenzen oberhalb von 20 GHz unterstützen 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 Optimierung in der Emissionsminderung der gesamten Mobilfunktechnologie, also unter Einbeziehung der Emissionen von ortsfesten Anlagen und von Endgeräten, erreichen lässt.

Dabei wird zu berücksichtigen sein, dass die individuelle Exposition vor allem durch die körpernahe Nutzung von mobilen Funkgeräten (Endgeräte) dominiert wird. Mit der in der Mobilfunkstrategie der Bundesregierung vorgesehenen kontinuierlichen Forschungsförderung ist zu erwarten, dass die deutsche Grundlagenforschung einen wesentlichen Beitrag zur Bewältigung dieser Herausforderungen liefern kann.