

## **Unterrichtung**

**durch die Bundesregierung**

### **Sechster Bericht der Bundesregierung über die Forschungsergebnisse in Bezug auf die Emissionsminderungsmöglichkeiten der gesamten Mobilfunktechnologie und in Bezug auf gesundheitliche Auswirkungen**

#### Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>I. Einleitung</b> .....	2
<b>II. Vorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)</b> .....	3
II.1 Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) – Freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber .....	3
II.1.a Forschungsvorhaben als Folge der Ergänzung der freiwilligen Selbstverpflichtung .....	4
II.1.b Überprüfung der freiwilligen Selbstverpflichtung .....	5
II.2. Weiterführende Forschung zu hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF-EMF) .....	6
II.3 Blauer Engel .....	11
<b>III. Maßnahmen der Bundesregierung zur Aufklärung und Information der Bevölkerung</b> .....	12
<b>IV. Fazit und Ausblick</b> .....	12

## I. Einleitung

Der Mobilfunk ist aus dem Alltag sehr vieler Bürgerinnen und Bürger nicht mehr wegzudenken. Im Sommer des Jahres 2010 hat die Bundesnetzagentur (BNetzA) die Versteigerung zusätzlicher Frequenzen für die mobile Kommunikation abgeschlossen. Sie sollen hauptsächlich dafür genutzt werden, in bisher mit schnellen Internetzugängen unterversorgten Gebieten in Deutschland – wie etwa in ländlichen Gemeinden – einen schnelleren Breitband-Internetzugang zu ermöglichen. Es wurden mehrere Frequenzblöcke in den Bereichen um 800 Megahertz (MHz), 1,8 Gigahertz (GHz), 2 GHz und 2,6 GHz versteigert. Diese Frequenzbereiche grenzen an die bisher für den Mobilfunk genutzten Frequenzbänder (900/1800 MHz für GSM und um 2 GHz für UMTS).

Um die Frequenzen möglichst effizient zu nutzen und einen schnellen Internetzugang mit einer möglichst hohen Datenübertragungsrate zu erreichen, wurde die 4. Generation der Mobilfunkstandards, der LTE-Standard (LTE = Long Term Evolution), in Deutschland eingeführt. Dieser ähnelt bezüglich der Signalform eher dem UMTS-Standard als dem gepulsten GSM-Verfahren.

Bereits im November 2012 stand in einer Pressemitteilung der Bundesnetzagentur (Jochen Homann): „Verbraucher profitieren vom schnellen Netzausbau der Mobilfunkunternehmen. Die Mobilfunkunternehmen Telekom Deutschland GmbH, Vodafone D2 GmbH und Telefónica Germany GmbH & Co. OHG haben die Versorgungsverpflichtung im 800 MHz-Bereich nun auch in Brandenburg und damit im gesamten Bundesgebiet erfüllt“. Bis Ende 2015 werden lt. Plan die evtl. noch vorhandenen Lücken auf dem Land geschlossen und somit der LTE-Ausbau vollzogen sein.

Zusätzlich wird bis voraussichtlich Ende 2014 das bundesweite digitale Funknetz nach dem Standard TETRA (Terrestrial Trunked Radio) für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS), wie Feuerwehr, Polizei, Rettungsdienste, THW aufgebaut. Die bisher genutzten Analogfunknetze, die Frequenzbereiche zwischen 70 und 450 Megahertz verwenden, werden schrittweise abgelöst. TETRA wurde von dem Europäischen Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI) als professioneller Mobilfunkstandard standardisiert. Es ist ein digitales, zelluläres Bündelfunksystem für Sprach- und Datenübertragung und dient dem abhörsicheren Austausch von Informationen in geschlossenen Nutzergruppen. Bündelfunknetze weisen eine ähnliche Struktur und ähnliche technische Daten auf wie die GSM-Netze.

Nach wie vor wird in der Öffentlichkeit und in der Wissenschaft über mögliche gesundheitliche Gefährdungen durch die hochfrequenten elektromagnetischen Felder des Mobilfunks diskutiert. So hat die Internationale Krebsforschungsagentur (IARC) der Weltgesundheitsorganisation im Mai 2011 hochfrequente elektromagnetische Felder in die Gruppe 2B der IARC-Skala (Stufe 1 = kanzerogen für Menschen bis Stufe 4 = wahrscheinlich nicht kanzerogen für Menschen) eingestuft. Dies bedeutet, dass es nach Einschätzung der IARC nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand begrenzte Hinweise auf eine krebserregende Wirkung dieser Felder auf den Menschen gibt. Diese stammen aus epidemiologischen Beobachtungen, können aber nur unzureichend beziehungsweise nicht durch experimentelle Befunde gestützt werden. Das Bundesamt für Strahlenschutz hält es daher weiterhin für erforderlich, durch gezielte Forschung abzuklären, ob negative Auswirkungen mit der Nutzung der Mobilfunktechnik verbunden sind und inwieweit die Feldexposition der Bevölkerung minimiert werden kann.

Im Jahr 2002 hat der Deutsche Bundestag die Bundesregierung beauftragt, alle zwei Jahre über die aktuellen Forschungsergebnisse in Bezug auf Emissionsminderungsmöglichkeiten der gesamten Mobilfunktechnologie und Forschungsergebnisse in Bezug auf entsprechende gesundheitliche Auswirkungen zu berichten (Bundestagsdrucksache 14/8584). Dieser Bitte kommt die Bundesregierung mit diesem sechsten Bericht nach.

Hochfrequente elektromagnetische Felder umfassen den Frequenzbereich von 100 kHz bis 300 GHz und werden allgemein für die drahtlose Informationsübertragung genutzt, neben dem Mobilfunk auch für Rundfunk und Fernsehen und im Haushalt zum Beispiel für Schnurlostelefone, WLAN, Bluetooth und Babyüberwachungsgeräte. Maßgeblich für den Schutz vor 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 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 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 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. Auch die in der Zwischenzeit international durchgeführten Untersuchungen ergaben keinen entsprechenden Nachweis. Daher ist das Fazit des DMF nach wie vor gültig: „Die Ergebnisse des DMF geben insgesamt keinen Anlass, die Schutzwirkung der bestehenden Grenzwerte in Zweifel zu ziehen.“

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 Einschätzung des Bundesamtes für Strahlenschutz, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen den Beschwerden der elektrosensiblen Personen und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern nicht nachweisbar ist, nichts geändert. Diese Einschätzung wird auch von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) geteilt (siehe: Elektromagnetische Felder und öffentliche Gesundheit – Elektromagnetische Hypersensibilität (Elektrosensibilität). Fact sheet N° 296 vom Dezember 2005, [www.who.int/entity/peh-emf/publications/facts/ehs\\_fs\\_296\\_german.pdf](http://www.who.int/entity/peh-emf/publications/facts/ehs_fs_296_german.pdf)).

Wissenschaftliche Unsicherheiten bestehen allerdings noch hinsichtlich der Frage nach möglichen Langzeitsiken bei intensiver Handynutzung über mehr als 10 Jahre. Außerdem könnten Kinder empfindlicher auf hochfrequente elektromagnetische Felder reagieren als Erwachsene. Das Bundesamt für Strahlenschutz sieht weiterhin Forschungsbedarf zur Klärung dieser offenen Fragen.

## **II. Vorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)**

Zur Verbesserung der wissenschaftlichen Datenlage zu den beschriebenen Unsicherheiten und hinsichtlich der Entwicklung neuer technologischer Anwendungen in verschiedenen Frequenzbereichen der hochfrequenten elektromagnetischen Felder 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 rasante Entwicklung bei der Nutzung hochfrequenter Felder für moderne Kommunikationstechnik.

Die Forschung zur Risikokommunikation im Bereich des Mobilfunks dient der zielgerechten Ansprache der Bevölkerung.

### **II.1 Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) – Freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber**

Ein wichtiges Element, das die Vorsorgemaßnahmen der Bundesregierung im Mobilfunkbereich unterstützt, ist die freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber, die diese im Nachgang zur Versteigerung der UMTS-Lizenzen im Jahr 2001 gegenüber der Bundesregierung abgegeben hatten. Damit sollten die Konflikte beim Netzausbau verringert und die Vorsorge im Bereich Mobilfunk auf freiwilliger Basis verstärkt werden. Teil der freiwilligen Selbstverpflichtung war 2001 die Zusage, das vom BMU initiierte DMF anteilig mit 8,5 Millionen Euro zu unterstützen. Es wurden insgesamt 54 Forschungsvorhaben zu den Teilbereichen Biologie, Dosimetrie, Epidemiologie und zur Risikokommunikation durchgeführt. Diese Forschungsvorhaben sind mittlerweile alle abgeschlossen (siehe <http://www.emf-forschungsprogramm.de/>).

Im Jahr 2008 wurde die freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber erneuert, 2011 erweitert und im Februar 2012 ergänzt. Die Erweiterung und Ergänzung der Selbstverpflichtung in den Jahren 2011 und 2012 beinhaltet erneut die Förderung von wissenschaftlicher Forschung. Für die Ergänzung im Jahr 2012 liegt der Schwerpunkt im Bereich Wissensmanagement und Risikokommunikation.

### II.1.a Forschungsvorhaben als Folge der Ergänzung der freiwilligen Selbstverpflichtung

Die Folge der Ergänzung der freiwilligen Selbstverpflichtung im Jahr 2012 ist, dass weitere Forschungsvorhaben durchgeführt wurden beziehungsweise werden. Es stehen hierfür insgesamt 6 Millionen Euro zur Verfügung. Das BMUB und die Mobilfunknetzbetreiber beteiligen sich an dieser Summe zu gleichen Teilen.

Thema
Untersuchung der Möglichkeiten des besseren Wissenstransfers / Wissensmanagements – im Hinblick auf das DMF-Forschungsprogramm – über Generationen bzw. über Themenzyklen / Aufmerksamkeitszyklen hinweg
Umfrage zur differenzierten Nutzung und Wahrnehmung des Mobilfunks
Erstellung einer praxisorientierten Handreichung zur Beurteilung von Studienergebnissen für Mitarbeiter von Kommunalverwaltungen
Evaluierung des EMF-Portals und Ableitung von Erkenntnissen und Empfehlungen für dessen weitere Gestaltung
Erstellung einer weiterführenden Broschüre zur Ergänzung der Handreichung zur Beurteilung von Studienergebnissen

Die Ergebnisse dieser Forschungsvorhaben fließen direkt in die gezielte Ansprache von Bevölkerungsgruppen ein und stellen somit eine Maßnahme zum verbesserten Gesundheits- und Verbraucherschutz dar.

#### **Untersuchung der Möglichkeiten des besseren Wissenstransfers / Wissensmanagements – im Hinblick auf das DMF-Forschungsprogramm – über Generationen bzw. über Themenzyklen/Aufmerksamkeitszyklen hinweg**

In diesem Forschungsvorhaben wurde ein Konzept für die Überführung der Ergebnisse des DMF in ein Wissensmanagementsystem (WMS) – in ein sogenanntes Content Management System mit WM-spezifischen Erweiterungen – erstellt. Ziel dieses Vorhabens war die Erstellung einer Internetplattform, die für BfS-interne Nutzer mittels eines schnellen und nutzerfreundlichen Zugriffs auf alle Ergebnisse und Erkenntnisse eine erhebliche Erleichterung bei der themenspezifischen Arbeit darstellen soll. Der Austausch von Wissen könnte nach Einführung des WMS durch ein aktives Einstellen von personifizierten Informationen über diese Plattform erfolgen. Für BfS-externe Nutzer könnte diese Plattform gut aufbereitete Informationen mit aktualisiertem Hintergrundwissen bieten.

#### **Umfrage zur differenzierten Nutzung und Wahrnehmung des Mobilfunks**

Zwischen den Jahren 2003 und 2006 und zusätzlich im Jahr 2009 beauftragte das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) im Rahmen des DMF repräsentative Bevölkerungsumfragen, um Fragen zum Stellenwert des Mobilfunks und zur Mobilfunknutzung beantworten zu lassen. Die Umfrage in 2013 greift einen Großteil der Fragen der vergangenen Umfragen auf, setzt jedoch einen Schwerpunkt auf das Nutzungsverhalten von Handys durch Kinder und Jugendliche, um Hinweise auf spezifische Expositionsszenarien zu erhalten.

Die Aufmerksamkeit für das Thema HF-EMF (hochfrequente elektromagnetische Felder) ist – gemessen an der hohen Nutzungsquote des Mobilfunks – als eher gering einzuschätzen und hat sich in den vergangenen Jahren verringert. Der SAR-Wert (spezifische Absorptionsrate) ist ungefähr einem Drittel der Bevölkerung bekannt, kommt aber zum Beispiel bei einem Handykauf nur bei circa sechs bis neun Prozent der befragten Personen zur Anwendung. Jedes fünfte Kind zwischen sechs und neun Jahren besitzt bereits ein Handy, ab zehn Jahren unterscheidet sich der Handybesitz nicht mehr von den Erwachsenen: nämlich mehr als 90 Prozent. Die Hauptnutzung des Handys ist bei Kindern jedoch nicht das Telefonieren, sondern das Spielen, Musikhören, Videos anschauen, Chatten. Über mögliche gesundheitliche Auswirkungen besorgt zeigen sich weiterhin konstant 30 Prozent der Bevölkerung. Gesundheitlich beeinträchtigt fühlen sich sieben Prozent, wobei sich ein Teil dieser Gruppe als elektrosensibel (siehe oben) bezeichnet. Vorsorge zum Schutz gegen mögliche oder vermutete Wirkungen der HF-EMF des Mobilfunks ist im gesamten Befragungszeitraum für acht von zehn Befragten kein relevantes Thema: Sie ziehen solche Maßnahmen weder in Erwägung, noch führen sie diese durch. Eine/r von

zehn Befragten hat über Vorsorgemaßnahmen nachgedacht und sechs von hundert Befragten haben bereits Maßnahmen ergriffen. Diese sechs Prozent nennen neben Maßnahmen, die sich auf das Handy selbst beziehen, eine ganze Reihe weiterer Verhaltensweisen: angefangen von der Abschirmung über den bewussten Gebrauch von elektrischen Geräten bis hin zum politischen Engagement.

Mit dieser Umfrage konnte eine hohe Konstanz über viele Befragungsinhalte hinweg gezeigt werden. Bezogen auf die Gesamtgesellschaft ist somit das Thema Mobilfunk weiterhin relevant.

### **Erstellung einer praxisorientierten Handreichung zur Beurteilung von Studienergebnissen für Mitarbeiter von Kommunalverwaltungen**

Die Beurteilung von Gesundheitsrisiken durch den Mobilfunk anhand von Studien, die in der Presse veröffentlicht sind, fällt nicht leicht. Der im Forschungsvorhaben erstellte Leitfaden soll es insbesondere Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern einer Kommunalverwaltung, aber auch anderen Interessierten, ermöglichen, derartige Studien richtig einzuschätzen. Der Leitfaden geht auf die wichtigsten Qualitätsmerkmale von Studien ein. Zudem sind in einem Glossar die wichtigsten Begriffe aus derartigen Studien zusammengestellt. Der Leitfaden wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens auf seine Praxistauglichkeit hin überprüft. Der Leitfaden wurde hinsichtlich des Designs verbessert und ist fertig gestellt. Er steht zum Download auf der BfS-Seite bereit.

### **Evaluierung des EMF-Portals und Ableitung von Erkenntnissen und Empfehlungen für dessen weitere Gestaltung**

Das Informationsportal zum Thema elektromagnetische Felder (EMF-Portal), das vom Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (FEMU) am Universitätsklinikum Aachen betrieben wird, stellt einen wichtigen Baustein der Risikokommunikation des BMUB dar. Um für die interessierten Benutzer die Qualität dieses Portals sicherzustellen, wird das EMF-Portal über ein Vorhaben durch einen externen Auftragnehmer evaluiert. Ergebnisse sind ab Sommer 2015 zu erwarten.

### **Erstellung einer weiterführenden Broschüre zur Ergänzung der Handreichung zur Beurteilung von Studienergebnissen**

Nach der Erstellung der praxisorientierten Handreichung zur Beurteilung von Studienergebnissen für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Kommunalverwaltungen stellte sich heraus, dass viele der Befragten, die den oben angeführten Leitfaden überprüft hatten, eine tiefergehende Aufarbeitung des Themas wünschten, um kompetent Auskunft geben zu können. Die Erstellung der Broschüre befindet sich derzeit in der Ausschreibung.

## **II.1.b Überprüfung der freiwilligen Selbstverpflichtung**

Die Einhaltung der Selbstverpflichtung wird durch alle zwei Jahre erstellte unabhängige Gutachten überprüft. Die letzte Überprüfung wurde vom Deutschen Institut für Urbanistik (difu) und der Schlange & Co. GmbH im Auftrag des Informationszentrums Mobilfunk (IZMF) und Vodafone durchgeführt. Diese dienen der Bundesregierung als Grundlage für die jährlich mit den Mobilfunknetzbetreibern geführten Überprüfungsgespräche.

Das Jahresgutachten 2013 bestätigt für den Bereich der Kooperation mit den Kommunen bei der Standortauswahl im Wesentlichen das erreichte hohe Niveau der Informationsmaßnahmen und Abstimmungsprozesse der vergangenen Jahre. Im Bereich der Verbraucherinformation wurde dagegen auch 2013 erneut Optimierungsbedarf festgestellt. Insbesondere gibt es im Bereich der aktiven Verbraucherinformation Defizite; so wird der weiterhin niedrige Informations- und Kenntnisstand der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Handyshops zu gesundheitsrelevanten Fragen und auch nicht vorhandenes Informationsmaterial zu dieser Thematik kritisiert. Weiter positiv entwickelt sich der bereits im letzten Berichtszeitraum festgestellte Trend des Angebotes von strahlungsarmen Handys. Der Marktanteil strahlungsarmer Handys beträgt mittlerweile zwischen 30 und 40 Prozent. Die Bundesregierung erwartet von den Betreibern, die Entwicklung strahlungsärmerer Handys weiter voranzutreiben und Verbraucher durch geeignete Instrumente besser über die Produkte zu informieren (s. auch Abschnitt II.3).

Abzuwarten bleibt, wie sich der seit dem 22. August 2013 neu eingeführte Paragraph 7a der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) auf Standortkonflikte in den Kommunen auswirkt.

## II.2. Weiterführende Forschung zu hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF-EMF)

Zur Klärung der offenen wissenschaftlichen Fragen und zur weiteren Verbesserung der Datenlage hinsichtlich der realen Expositionen der Bevölkerung und der möglichen gesundheitlichen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder wurden nach Abschluss des DMF seit 2012 durch das BfS folgende Forschungsvorhaben im Rahmen des Umweltforschungsplans des Bundesumweltministeriums initiiert sowie koordiniert:

Thema
Altersabhängige Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf Entwicklungs- und Differenzierungsprozesse des Zentralnervensystems in juvenilen Labornagern
Erweiterungsstudie zur multinationalen Fall-Kontroll-Studie zu Hirntumoren durch Radiofrequenzstrahlung bei Kinder und Jugendlichen (MOBI-KIDS)
Einfluss hochfrequenter Felder des Mobilfunks auf das blutbildende System in vitro
Einfluss hochfrequenter Felder auf menschliche Fibroblasten (Gentoxizität)
Tumorpromotion durch hochfrequente elektromagnetische Felder in Kombination mit kanzerogenen Substanzen
Probandenstudie zur Untersuchung des Einflusses der für TETRA genutzten Signalcharakteristik auf kognitive Funktionen
Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Gehirnaktivität, Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit älterer Personen – Pilotstudie
Bestimmung der Exposition der allgemeinen Bevölkerung durch neue Mobilfunktechniken
Entwicklung und Anwendung von Verfahren zur Bestimmung der Exposition gegenüber nichtionisierender Strahlung mit Frequenzen im Terahertzbereich
Modellierung der Verteilung von SAR-Werten im gesamten Körper und detailliert im Bereich des Kopfes unter besonderer Berücksichtigung des Auges bei Expositionen durch in Deutschland verwendete TETRA-Endgeräte

Drei dieser Vorhaben dienen dazu, die Risikobewertung für die Exposition von Kindern zu verbessern. Aufgrund der rasanten Zunahme der Nutzung hochfrequenter elektromagnetischer Felder für moderne Kommunikationsmittel werden Kinder in zunehmendem Maße mit diesen Feldern exponiert. Die höchste Exposition erfahren sie genauso wie Erwachsene durch die Nutzung von Mobiltelefonen. Der Frage einer möglichen höheren Empfindlichkeit von Kindern gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern muss daher weiter nachgegangen werden. Da die heutigen Kinder vermutlich lebenslang mit diesen Feldern exponiert sein werden, ist außerdem die Frage nach möglichen Langzeitwirkungen von besonderer Bedeutung.

### Altersabhängige Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf Entwicklungs- und Differenzierungsprozesse des Zentralnervensystems in juvenilen Labornagern

In dieser 2013 abgeschlossenen tierexperimentellen Studie wurde die vergleichsweise hohe lokale Exposition eines Handynutzers nachgebildet. Die auf den Kopfbereich fokussierte HF-Exposition weiblicher Wistar Ratten begann im Alter von 14 Tagen nach der Geburt und wurde bis zum Alter von 19 Monaten fortgesetzt. Durch den frühen Beginn wurden möglicherweise empfindlichere Entwicklungsphasen des Gehirns von der Exposition mit umfasst. Für die Studie musste eine Anlage entwickelt werden, die eine lokale Exposition heranwachsender Tiere ermöglicht. Die Exposition erfolgte nach GSM-900 Standard im Kopfbereich für 2 Stunden pro Tag, 5 Tage pro Woche. Die über das Rattengehirn gemittelten SAR-Werte betragen 0 (Scheinxposition), 0,7, 2,5 und 10 W/kg.

Bei den jungen Tieren wurde die Ausbildung von Entwicklungszeichen wie Augen- und Ohröffnung sowie die Ausbildung von Reflexen geprüft. Unterschiede zwischen Kontrollen und exponierten Tieren traten nicht auf.

Der Schwerpunkt der Studie lag auf Tests zu Verhalten, Lernen und Gedächtnis. Die Tests (RotaRod Treadmill zur Untersuchung der motorischen Koordination und Motivation, achtarmiges Labyrinth für räumliche Orientierung und Gedächtnis, open-field-Test für Explorationsverhalten, Motivation und Ängstlichkeit sowie der Water-Maze-Test für Motivation, Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis) wurden im Alter von 1 - 2 Monaten (juvenil), 10 - 11 Monaten (adult) und 16 - 17 Monaten (präsenil) durchgeführt. Durch die Wiederholung der Tests im mittleren und höheren Lebensalter können auch Effekte erfasst werden, die sich erst in späteren Lebensphasen erkennbar auswirken. Es zeigten sich jedoch keine Hinweise auf negative Auswirkungen der Kopfexpositionen auf Verhalten, Lernen und Gedächtnis.

Der einzige signifikante Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen betraf das Körpergewicht. Dieses lag ab dem Alter von 15 Monaten bei den Käfigkontrollen, das heißt bei den Tieren, die nicht stundenweise in die Expositionsanlage verbracht wurden, signifikant über dem der scheinexponierten und der exponierten Tiere. Die präsenilen Tiere der Käfigkontrolle zeigten zudem in zwei der vier Verhaltenstests (RotaRod und Open-Field) ein im Vergleich zu den scheinexponierten und den exponierten Tieren verringertes Explorationsverhalten und geringere Aktivität. Vermutlich wirkt sich hier das tägliche „Handling“ der (schein)exponierten Tiere positiv aus, ein Effekt, der aus der Literatur bekannt ist. Die geringere Aktivität der Käfigkontrollen könnte auch ihre im fortgeschrittenen Alter höheren Körpergewichte erklären.

Am Ende der Versuchsphase wurden Gehirn und Hypophyse auf das Vorhandensein von Tumoren untersucht. 38 von 120 Tieren wiesen einen gutartigen Tumor der Hypophyse (ein Adenom) auf, allerdings über alle Gruppen verteilt. Hinweise auf ein erhöhtes Tumorrisiko aufgrund der HF-Exposition ergaben sich nicht.

### **Erweiterungsstudie zur multinationalen Fall-Kontroll-Studie zu Hirntumoren durch Radiofrequenzstrahlung bei Kindern und Jugendlichen (MOBI-KIDS)**

Das BfS fördert im Rahmen eines UFOPLAN-Vorhabens die sog. MOBI-KIDS-Studie. Im Rahmen einer internationalen multizentrischen Fall-Kontroll-Studie wird das Auftreten von Hirntumoren bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 10 bis 24 Jahren in Abhängigkeit von der Nutzung von Mobiltelefonen und anderen Expositionen mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern untersucht. Neben Deutschland sind 15 weitere Länder an der Studie beteiligt. Durch das Vorhaben soll die Aussagekraft des deutschen Studienteils erhöht werden, indem a) zusätzlich zu krankenhausbezogenen Kontrollen auch bevölkerungsbezogene Kontrollen verwendet werden und b) die Gesamtexposition gegenüber Mobilfunk bei einem Teil der Kinder und Jugendlichen mit Hilfe von Personendosimetern erfasst wird.

Seit Anfang des Jahres 2011 läuft die Rekrutierung der Fälle und Kontrollen an den 76 in Deutschland an der Studie beteiligten Kliniken, meist Universitätskliniken aus dem neurochirurgischen und onkologischen Bereich. Für die im UFOPLAN geförderte Erweiterungsstudie wurden Probanden im Raum München rekrutiert, interviewt und Dosimetermessungen durchgeführt. Abschließende Ergebnisse werden in Kürze vorliegen.

### **Einfluss hochfrequenter Felder des Mobilfunks auf das blutbildende System in vitro**

In diesem Vorhaben werden mögliche Auswirkungen einer langfristigen Exposition mit hochfrequenten Feldern auf den sich entwickelnden Organismus untersucht. Aufgrund ihrer weitreichenden gesundheitlichen Folgen sind langfristige Wirkungen im Zusammenhang mit dem blutbildenden System, dem Immunsystem und der Kanzerogenese von besonderer Bedeutung.

Da die Exposition durch körpernahe Quellen, insbesondere durch das Handy beim Telefonieren, um Größenordnungen höher ist als die durch weiter entfernte Sendeeinrichtungen, werden für die Untersuchungen bevorzugt Feldexpositionen verwendet, die denjenigen entsprechen, die bei Handytelefonaten auftreten. Bei Kindern ist zudem das blutbildende System im aktiven Knochenmark der Schädelknochen beim Handygebrauch stärker exponiert als bei Erwachsenen. Untersucht wird der Einfluss hochfrequenter Felder auf das blutbildende System in vitro, das heißt auf unterschiedliche Differenzierungsstadien der blutbildenden Zellen. Biologische Effekte, die an Zellen gemessen werden, können Hinweise auf mögliche Wirkungsmechanismen und damit auch auf mögliche gesundheitliche Auswirkungen geben. Ergebnisse werden Ende 2015 erwartet.

Um Hinweisen auf geschädigende Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung aus dem EU-Forschungsprogramm REFLEX nachzugehen, wurden Untersuchungen in unterschiedlichen menschlichen Zellsystemen durchgeführt. Bereits im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms wurde eine Multicenter-Studie an zur Zellteilung stimulierten menschlichen Blutzellen (Lymphozyten) abgeschlossen. Hinweise auf gentoxische Wirkungen der HF-Exposition zeigten sich nicht. In einem weiteren Projekt wurde nun die Wirkung auf menschliche Hautzellen (Fibroblasten) untersucht.

**Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf menschliche Fibroblasten (Gen-toxizität)**

Ziel des 2013 abgeschlossenen Projekts war es, mögliche DNA- oder Chromosomen-schädigende Wirkungen der für Mobilfunksysteme genutzten hochfrequenten elektromagnetischen Felder auf menschliche Zellen zu untersuchen. Kulturen von Fibroblasten von älteren (50 - 60 Jahre) und jugendlichen (19 - 20 Jahre) Spendern wurden mit gepulsten GSM 1800 Mobilfunksignalen, SAR 0.2, 2 und 10 W/kg intermittierend (5 min an, 10 min aus) exponiert. Untersucht wurden die folgenden biologisch relevanten Endpunkte: DNA-Strangbrüche mit dem alkalischen COMET-Assay, oxidative DNA-Schäden mit dem Fpg-COMET-Assay, Bildung von Mikrokernen, numerische Chromosomenaberrationen, Proliferationsindex, durchflusszytometrische Zellzyklusanalyse sowie Zelltod (Apoptose) mit dem TUNEL-Assay.

Die Analysen zeigten für keinen der in diesem Projekt untersuchten Endpunkte signifikante Einflüsse der hochfrequenten elektromagnetischen Felder. Auch ergaben sich keine Hinweise auf besondere Empfindlichkeiten einer Altersgruppe oder auf besondere Wirkungen der intermittierenden Exposition, die gewählt wurde, um dem Expositionsszenario des REFLEX-Programms zu folgen. Ergebnisse der Arbeitsgruppe Rüdiger (Diem et al. 2005, Schwarz et al. 2008) werden nicht bestätigt.

In einer weiteren Studie wird untersucht, ob hochfrequente elektromagnetische Felder des Mobilfunks die Tumorentwicklung fördern oder beschleunigen können.

**Tumorpromotion durch hochfrequente elektromagnetische Felder in Kombination mit kanzerogenen Substanzen**

Ziel dieser tierexperimentellen, an weiblichen B6C3F1-Mäusen durchgeführten Studie ist es, Hinweisen aus einer Pilotstudie aus dem Jahre 2010 bezüglich möglicher tumor-promovierender / kokanzerogener Wirkungen hochfrequenter elektro-magnetischer Felder des UMTS-Standards in Kombination mit dem chemischen Tumorigeninitiator ENU (Ethylnitrosoharnstoff) nachzugehen. Die chronische Ganzkörper-Exposition mit UMTS-Signalen beginnt bei den mit einer ENU-Injektion behandelten Muttertieren, die weiblichen Nachkommen verbleiben bis zum Ende der Gesamtexpositionsdauer von 24 Monaten im Feld (UMTS 0, 0.04, 0.4 und 2 W/kg). Auftretende Neoplasien, ihre Vorstadien und Metastasen in relevanten Zielorganen (Gehirn, Lunge, Milz, Leber, Nieren und mesenteriale Lymphknoten) werden systematisch untersucht. Wurfgrößen, Lebensfähigkeit, Gewicht sowie Entwicklungsparameter werden ebenfalls erfasst. Endergebnisse werden Ende 2014 erwartet.

In zwei Studien wurde der Einfluss von Handys auf Gehirnaktivität, Kognition und Schlaf untersucht. Nachdem bereits im Rahmen des DMF Veränderungen im EEG bei gesunden jungen Männern unter einer Exposition mit GSM und UMTS gefunden wurden, lag hier der Schwerpunkt bei einer relativ starken beruflichen Exposition durch den Behördenfunk sowie bei der Alters- und Geschlechtsabhängigkeit der beobachteten Effekte.

**Probandenstudie zur Untersuchung des Einflusses der für TETRA genutzten Signalcharakteristik auf kognitive Funktionen**

Dieses Vorhaben wurde von der Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BDBOS) gefördert und vom BfS fachlich betreut. Es wurden mögliche Einflüsse einer Exposition mit TETRA-Endgeräten, die für den digitalen Behördenfunk genutzt werden, auf die Gehirnaktivität, kognitive Leistungsfähigkeit und den Schlaf untersucht. Die Studie wurde an gesunden, jungen Männern aus der Gruppe der potenziellen Nutzer durchgeführt. Es wurden das Wach- und Schlaf-EEG registriert und Kognitionstests durchgeführt. Eine Exposition mit TETRA bis zu 6 W/kg hatte weder einen Einfluss auf die Schlafqualität noch auf die Befindlichkeit am Morgen nach einer nächtlichen Exposition. Die Wachsamkeit und kognitive Leistungsfähigkeit, das Wohlbefinden und das Auftreten verschiedener Symptome am Tag waren durch eine Exposition mit dem Signal eines TETRA-Endgerätes ebenfalls nicht beeinflusst. Es wurden geringfügige Veränderungen im Schlaf- und Wach-EEG beobachtet. Diese waren in ihrem Umfang vergleichbar mit den bereits bekannten Beobachtungen beim Mobilfunk (GSM, UMTS, 2 W/kg). Die Effekte waren bei 6 W/kg nicht ausgeprägter als bei 1,5 W/kg. Subjektiv wurden sie nicht wahrgenommen, eine Bedeutung für die Gesundheit ist nicht bekannt. Insgesamt ist davon auszugehen, dass von den Endgeräten des BOS-Funks kein gesundheitliches Risiko ausgeht. Die Hirnaktivität im Wachzustand und im Schlaf variiert jedoch alters- und geschlechtsspezifisch. Deshalb können Ergebnisse, die an jungen gesunden Männern erzielt wurden, nicht auf andere Altersklassen und auf Frauen übertragen werden.

### **Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Gehirnaktivität, Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit älterer Personen – Pilotstudie**

Im Rahmen dieses Vorhabens wurden die notwendigen Voraussetzungen für eine Studie zur Gehirnaktivität von Personen beider Geschlechter im fortgeschrittenen Erwachsenenalter unter dem Einfluss von Mobilfunk-Endgeräten geschaffen. Der aktuelle wissenschaftliche Kenntnisstand zu den Einflüssen der Handy-Signale GSM, UMTS und TETRA auf Gehirnaktivität und kognitive Leistungsfähigkeit von Nutzern mit dem Schwerpunkt Alters- und Geschlechtsabhängigkeit wurde erarbeitet und der Forschungsbedarf festgelegt. Ein Ethikvotum zur Durchführung einer Probandenstudie an 20 Frauen und 20 Männern im Alter von über 60 Jahren wurde eingeholt. Eine Expositionsanlage mit den Signalen TETRA (6 W/kg) und GSM900 (2 W/kg) wurde hergestellt. Eine Studie an älteren Frauen soll 2014 beginnen, eine weitere an älteren Männern ist für 2016 geplant.

Die zunehmende Nutzung hochfrequenter Felder zum Zwecke der drahtlosen Information oder für andere Zwecke kann zu einer Erhöhung der Exposition der Bevölkerung führen. Zwei Forschungsvorhaben wurden abgeschlossen, in denen die Höhe der Exposition durch neuere Technologien ermittelt wurde.

### **Bestimmung der Exposition der allgemeinen Bevölkerung durch neue Mobilfunktechniken**

Der Anlass für dieses Forschungsvorhaben bestand im Ausbau der Sender-Infrastruktur für die funkgestützte Telekommunikation in Deutschland, insbesondere durch Inbetriebnahme neuer Funkanlagen für den öffentlichen Mobilfunk (LTE) und für das Digitalfunknetz der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (TETRA-BOS). Bereits im Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm waren Verfahren entwickelt und angewandt worden, mit denen die Exposition der allgemeinen Bevölkerung gegenüber den hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks, insbesondere der GSM- und UMTS-Technik, bestimmt werden kann.

In diesem, 2011 vom BfS beauftragten und 2012 abgeschlossenen Vorhaben soll die Datenlage insgesamt weiter verbessert und vor allem im Hinblick auf Daten über die Expositionsbeiträge der neuen Funkdienste ergänzt werden.

Die in der Umgebung von Standorten mit LTE-Basisstationen gemessenen und auf einen definierten Anlagenzustand (maximale Anlagenauslastungen) hochgerechneten LTE-Immissionen betragen zwischen 0,002 und 7,28 Prozent der Feldstärkegrenzwerte. Die Grenzwerte sind in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetz (26. BImSchV) festgelegt. Der Medianwert betrug 0,70 Prozent. Die in der Umgebung von Standorten mit TETRA-BOS-Basisstationen gemessenen und auf einen definierten Anlagezustand (maximale Anlagenauslastung) hochgerechneten TETRA-BOS-Immissionen betragen zwischen 0,03 und 4,63 Prozent der Feldstärkegrenzwerte. Der Medianwert betrug 0,46 Prozent. Sowohl Größenordnung als auch örtliche Verteilungsmuster der LTE- und TETRA-BOS-Immissionen waren vergleichbar mit den entsprechenden Daten für GSM und UMTS. Die Ertüchtigung der untersuchten Standorte mit LTE führte im Mittel zu einem Anstieg der Immissionen um 37 Prozent, die Ertüchtigung mit TETRA-BOS zu einem Anstieg um 47 Prozent. Für TETRA-BOS-Standorte in Städten wurden höhere Zuwächse festgestellt als für Standorte in ländlichen Gebieten, was unter anderem auf die in Städten größere Zahl installierter TETRA-BOS-Funkkanäle zurückgeführt wird.

Obwohl die Basisstationen der neuen Mobilfunktechniken die Immissionen hochfrequenter Felder zwar insgesamt erhöhen, bleibt die von ortsfesten Mobilfunksendeanlagen verursachte Gesamtmission auch im näheren Umfeld von Basisstationsstandorten in den für die Bevölkerung zugänglichen Bereichen nach wie vor auf einem niedrigen Niveau. An keinem der untersuchten Messpunkte wurden die Grenzwerte der 26. BImSchV erreicht. Bei Einhaltung der Grenzwerte ist nach aktuellem wissenschaftlichen Kenntnisstand nicht mit nachteiligen Gesundheitswirkungen zu rechnen. Die Ergebnisse des Forschungshabens zeigen, dass die Exposition gegenüber den hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks auch weiterhin hauptsächlich durch die körpernah betriebenen Sender (Handy, Smartphone) bestimmt wird. Das Vorhaben ist auf der Internetseite [http://www.emf-forschungsprogramm.de/akt\\_emf\\_forschung.html/dosi\\_HF\\_004.html](http://www.emf-forschungsprogramm.de/akt_emf_forschung.html/dosi_HF_004.html) detailliert beschrieben.

### **Entwicklung und Anwendung von Verfahren zur Bestimmung der Exposition gegenüber nichtionisierender Strahlung mit Frequenzen im Terahertzbereich**

Im elektromagnetischen Spektrum bildet Terahertzstrahlung (THz-Strahlung) das Bindeglied zwischen Millimeterwellen und Infrarotstrahlung. In der Vergangenheit wurde der Terahertzstrahlung wenig Aufmerksamkeit gewidmet, da keine künstlichen Quellen zur Verfügung standen und keine technischen Anwendungen bekannt waren. Mittlerweile sind einige Entwicklungen auf dem Gebiet zu beobachten und erste technische Quellen verfügbar. Im Zusammenhang mit der Exposition der allgemeinen Bevölkerung werden Anwendungen bei

Ganzkörperscannern diskutiert, mit denen aus bis zu mehreren Metern Entfernung unter der Kleidung verborgene Waffen, Explosivstoffe oder z. B. Betäubungsmittel detektiert werden können. Derartige Systeme könnten zukünftig z. B. auf Flughäfen die etablierten Sicherheitskontrollen ergänzen oder in anderen sensiblen öffentlichen Bereichen eingesetzt werden. Im industriellen Umfeld sind Anwendungen bei der Materialprüfung, in der Medizin bei bildgebenden diagnostischen Verfahren möglich. Im Umfeld der Mobilfunktechnik werden Anwendungen im Bereich der Datenkommunikation diskutiert. Besonders hohe Übertragungsraten werden für Multimedia-Anwendungen im Hausbereich und zur schnellen Kommunikation zwischen mobilen Geräten und Multimedia-Download-Stationen im Freien oder zwischen mobilen Geräten untereinander benötigt, für die grundsätzlich drahtlose Übertragungen im Terahertzfrequenzbereich in Frage kommen könnten.

Weil über mögliche Expositionen von Personen sowie über praxistaugliche Verfahren zu deren Bestimmung nur wenige Informationen vorlagen, wurden in einem vom BfS in 2011 beauftragten und 2013 abgeschlossenen Forschungsvorhaben Verfahren zur Expositionsbestimmung entwickelt und angewendet. Einerseits wurde das Eindringen in den Körper im Hinblick auf eine geeignete Dosimetrie rechenstechnisch simuliert, andererseits wurden praxistaugliche, messtechnische Verfahren vorgeschlagen.

Zur Messung der durch THz-Systeme verursachten Exposition wird danach ein zweistufiges Verfahren vorgeschlagen: Zunächst wird am Expositionsort mithilfe einer linsengekoppelten THz-CMOS-Kamera ein Hotspot lokalisiert bzw. die Einfallrichtung des Strahls ermittelt. In einem weiteren Schritt wird die Messung der lateralen Leistungsdichteverteilung am Expositionsort ausgeführt. Hierfür wurde die direkte Strahlabtastung mit einem THz-CMOS-Direkt-detektor kleiner Apertur oder alternativ (bei Gauß-förmigen Verteilungen) mit der Knife-Edge-Methode untersucht.

Für die Expositionsbestimmung mittels numerischer Dosimetrie wurden detaillierte Modelle der menschlichen Haut und des Auges sowie Feld-Anregungsmodelle, z. B. für eine Gauß'sche Strahlanregung, erstellt. Die für die Berechnung der körperinneren Feld- und SAR-Verteilungen benötigten, jedoch in der Literatur nicht ausreichend beschriebenen, dielektrischen Materialparameter im THz-Frequenzbereich wurden mittels der „effective medium theory“ bestimmt. Zur Expositionsbewertung wurden ferner – ausgehend von der SAR als Quelle – die expositionsbedingten Temperaturanstiege ermittelt.

Die Projektergebnisse zeigen Möglichkeiten auf, die Exposition gegenüber nichtionisierender Strahlung mit Frequenzen im Terahertzbereich zu bestimmen. In der Zukunft ist eine zunehmende Nutzung dieses hohen Frequenzbereichs für unterschiedliche Anwendungen anzunehmen. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens verbessern daher die Voraussetzungen für den Strahlenschutz und die Strahlenschutzvorsorge auf diesem Gebiet.

Die hochfrequenten Felder bei der Nutzung von TETRA-Endgeräten zum Zweck der drahtlosen Kommunikation könnten zu einer Erhöhung der Exposition bei den Beschäftigten führen. In diesem abgeschlossenen Forschungsvorhaben wurde die Höhe der Exposition durch diese neue Technologie mittels Modellierung ermittelt.

### **Modellierung der Verteilung von SAR-Werten im gesamten Körper und detailliert im Bereich des Kopfes unter besonderer Berücksichtigung des Auges bei Expositionen durch in Deutschland verwendete TETRA-Endgeräte**

Die 2012 abgeschlossene Studie wurde von der Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben finanziert und vom Bundesamt für Strahlenschutz durchgeführt. Untersucht wurde die Exposition der Nutzer von TETRA-Funkgeräten, die im derzeit im Aufbau befindlichen digitalen Funknetz der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (Polizei, Feuerwehren, Rettungsdienste etc.) verwendet werden. Vielfältige Szenarien wurden betrachtet, die sowohl den typischen Alltagsgebrauch, als auch vergleichsweise kritische, aber realistische Nutzungen abbilden. So wurden Expositionen im Kopfbereich und im Rumpfbereich betrachtet, die bei den unterschiedlichen Trage- bzw. Gebrauchssituationen auftreten können. Zudem wurden Szenarien untersucht, die die Nutzung von mobilen Endgeräten in Fahrzeugen sowie von fahrzeuggebundenen Geräten nachbilden. Als Bewertungsgröße wurde die spezifische Absorptionsrate SAR im biologischen Gewebe bestimmt. Hierfür wurden Simulationsmodelle zweier in der Praxis gebräuchlicher Handfunksprechgeräte entwickelt und mit Hilfe von Feldmessungen optimiert und validiert. Für die fahrzeuggebundenen Geräte wurde eine typische TETRA Außenantenne nachgebildet. Die Untersuchungen wurden an zwei hoch aufgelösten anatomischen Modellen des menschlichen Körpers (männlich und weiblich) mittels computergestützter Simulationsverfahren durchgeführt. Außer der SAR wurden für empfindliche Zielorgane (z. B. Augen) zusätzlich die aufgrund der absorbierten Strahlungsenergie hervorgerufenen Temperaturerhöhungen im Körper berechnet.

Festgestellt wurde, dass beim typischen Einsatz von TETRA Funkgeräten im BOS-Netz (Sprach- und SDS-Übertragung ohne Kanalbündelung, 0,25 W mittlerer Sendeleistung) keine Überschreitung der zum Schutz der Gesundheit empfohlenen SAR-Höchstwerte zu erwarten ist. Dies gilt grundsätzlich auch für die eher untypischen Anwendungsfälle, bei denen zwar höhere Expositionen möglich sind, die aber den für beruflich exponierte Personen empfohlenen Höchstwert nicht überschreiten. Die Gewebeerwärmung durch die absorbierte Strahlungsleistung betrug bei 0,25 W mittlerer Sendeleistung maximal 0,25 K und erreichte somit keine gesundheitlich bedenkliche Größenordnung.

### II.3 Blauer Engel

Die Strahlenschutzkommission hat in der Empfehlung „Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern“ darauf hingewiesen, „... bei der Entwicklung von Geräten und der Errichtung von Anlagen die Minimierung von Expositionen zum Qualitätskriterium zu machen.“ Sie stellt fest, dass – entgegen der öffentlichen Besorgnis, die vor allem Mobilfunkbasisstationen (ortsfeste Anlagen) betrifft – unter dem Gesichtspunkt des vorsorgenden 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 vom BMU vorgeschlagene Umweltzeichen „Blauer Engel“. Eines der Vergabekriterien dafür ist, dass die maximale Strahlungsintensität des Gerätes, ausgedrückt als SAR-Wert, nicht mehr als 0,6 Watt pro Kilogramm beträgt. Daneben werden die Energieeffizienz und die Materialeigenschaften im Hinblick auf Umwelt- und Recyclingfreundlichkeit berücksichtigt. Bereits seit Mitte Juni 2002 können Hersteller von Mobiltelefonen den „Blauen Engel“ beantragen, sofern die Handys die von der Jury Umweltzeichen festgelegten Kriterien (u. a. strahlungsarm) einhalten.

Ein Hersteller hatte in 2007 das Umweltzeichen für ein Modell beantragt und erhalten, den Vertrag Ende 2009 allerdings aufgekündigt. Für zwei in 2013 ausgezeichnete Modelle sind die Zeichennutzungsverträge bereits nach kurzer Zeit abgelaufen. Ansonsten lehnen die Handyhersteller das Umweltzeichen „Blauer Engel“ für Mobilfunkendgeräte weiter geschlossen ab. Das Bundesumweltministerium hält eine für den Verbraucher einfach zu erkennende Kennzeichnung hingegen nach wie vor für erforderlich. Die Hersteller sind weiterhin aufgefordert, die Entwicklung strahlungsärmerer Handys voranzutreiben und sich auch weiter an einer verstärkten Verbraucherinformation zu beteiligen.

Ende 2006 wurde für eine weitere Produktgruppe, nämlich Babyüberwachungsgeräte (Babyphone), die Vergabegrundlage für den Blauen Engel veröffentlicht (RAL-ZU 125). Die Vergabekriterien begrenzen bei den hochfrequenten elektromagnetischen Feldern die abgestrahlte Leistung und bei den niederfrequenten Magnetfeldern die magnetische Flussdichte. Geräte, die 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. Während bis Ende 2008 zwei Hersteller den Blauen Engel für ihr Produkt erhalten hatten, ist aktuell (Mitte 2014) nur ein Gerät ausgezeichnet.

Seit Anfang 2009 gibt es darüber hinaus ein Umweltzeichen (RAL-UZ 131) für solche Digitalen Schnurlostelefone, die die in der Vergabegrundlage definierten Kriterien "Anpassung der Sendeleistung", "Reichweitenbegrenzung" sowie "Abschalten der Sendesignale im Standby-Betrieb" erfüllen. 2013 wurde die Vergabegrundlage überarbeitet. Auch bei den Kriterien für diese Produktgruppe sind zudem Anforderungen an Energieeffizienz und Materialeigenschaften im Hinblick auf Umwelt- und Recyclingfreundlichkeit berücksichtigt. 2010 wurden die Kriterien auf Voice over IP Telefone ausgedehnt (RAL-UZ 150). Aktuell (Mitte 2014) sind mehrere Modelle eines Herstellers mit dem Umweltzeichen ausgezeichnet.

Weitere Vergabegrundlagen für Produktgruppen, deren Funktion die Nutzung oder Aussendung hochfrequenter elektromagnetischer Felder erfordert, wurden für Mikrowellenkochgeräte für den Hausgebrauch (RAL-UZ 149), für Router mit Internetzugangsmöglichkeiten über UMTS/LTE (RAL-UZ 160) und für per Funk kommunizierende Heizkörperthermostate und Steuergeräte (RAL-UZ 168) erarbeitet und von der RAL gGmbH veröffentlicht.

### III. 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 eingesetzt, zum anderen werden Informationen im Internet bereitgestellt. Weitere Aspekte der Öffentlichkeitsarbeit sind die Teilnahme an bzw. Durchführung von Informationsveranstaltungen.

Das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) vom 19. Dezember 1986 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 Informationen über die neuesten Erkenntnisse und Entwicklungen aus dem Bereich "Nichtionisierende Strahlen" (NIR). Ein Teil des Bereichs NIR sind die neuesten Erkenntnisse aus dem Mobilfunkbereich, mit denen die Fachöffentlichkeit informiert wird.

Das BfS 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. Hier sind die Broschüre „Strahlung und Strahlenschutz“ zu erwähnen, die 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 Lehrerinnen und Lehrer.

Für drängende Fragen zum Thema Mobilfunk im Allgemeinen und zu aktuellen gesundheitlichen Fragen in Bezug auf hochfrequente elektromagnetische Felder stehen der Öffentlichkeit ein kostenloses Bürgertelefon unter der Rufnummer 01888 333 1130 und die E-Mail-Adresse [info@bfs.de](mailto:info@bfs.de) zur Verfügung. Im Rahmen der Internetauftritte von BMUB (<http://www.bmub.bund.de>) und BfS (<http://www.bfs.de>) werden unter dem Stichwort „Elektromagnetische Felder“ sachliche Informationen zum gesamten elektromagnetischen Spektrum gegeben (Niederfrequenz, Hochfrequenz und UV) sowie häufig gestellte Fragen unter dem Stichwort „FAQ“ beantwortet. Die im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms und danach angestrebten Forschungsarbeiten sind für die Öffentlichkeit transparent im Internet unter <http://www.emf-forschungsprogramm.de> dargestellt.

Weiterhin steht bei der BNetzA unter der Adresse <http://emf3.bundesnetzagentur.de/karte> eine öffentlich zugängliche Datenbank aller Funkanlagen zur Verfügung, die eine Standortbescheinigung haben. Die Standortbescheinigung weist die einzuhaltenen 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 Aufnahme von Feldstärken, die von Funkanlagen ausgesendet werden. Die Messorte werden jährlich in Zusammenarbeit mit den Umweltministerien der Länder ausgewählt und in der EMF-Datenbank der BNetzA veröffentlicht. Zudem betreibt die Bundesnetzagentur zurzeit vierzehn 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 um eine mögliche Gesundheitsgefährdung dar.

### IV. Fazit und Ausblick

Die Forschungsaktivitäten der Bundesregierung verfolgen einen sehr breiten und umfassenden Ansatz. Nach Möglichkeit wird die Exposition durch neue Entwicklungen im Bereich Mobilfunk bzw. allgemein im Bereich moderne Kommunikationsmittel 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 technischer Anwendungen oder Verfahren untersucht werden. Auf der Basis der neueren Ergebnisse kann erneut 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 BMUB auch nach Abschluss des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms im Jahr 2008 weiterhin gezielt Forschung auf dem Gebiet des Mobilfunks – insbesondere zu Langzeitwirkungen und Wirkungen auf Kinder, aber auch zur Verbesserung der Datenlage hinsichtlich neuer Technologien. Außerdem soll die weitere Verbesserung der Risikokommunikation durch entsprechende Forschungsprojekte unterstützt werden. Die Mobilfunknetzbetreiber haben die Forschung hierzu finanziell unterstützt.