

## Unterrichtung

durch die Bundesregierung

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

#### Inhaltsverzeichnis

|   | Seite |
|---|-------|
| <b>I. Einleitung</b> .....  | 2     |
| <b>II. Vorhaben des Bundesumweltministeriums</b> .....                                    | 2     |
| 1. Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm .....   | 2     |
| 1.1 Auswirkungen auf Tier und Mensch (Biologie) .....                                     | 3     |
| 1.2 Erfassung der Exposition (Dosimetrie) .....   | 3     |
| 1.3 Epidemiologische Untersuchungen (Epidemiologie) .....                                 | 4     |
| 1.4 Risikokommunikation .....   | 4     |
| 2. Stand der Kenntnisse über gesundheitliche Auswirkungen und<br>Vorsorgemaßnahmen .....  | 4     |
| 3. Auswirkung auf die geltende Gesetzeslage .....   | 7     |
| <b>III. Vorhaben des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit<br/>(BMWA)</b> .....    | 7     |
| 1. Genehmigungsverfahren .....  | 7     |
| 2. Risikokommunikation .....  | 7     |
| <b>IV. Vorhaben des Bundesministeriums für Forschung und<br/>Technologie (BMBF)</b> ..... | 7     |
| 1. Das Potenzial neuer Technologien .....   | 7     |
| 2. Förderung emissionsmindernder Technologien .....                                       | 8     |
| <b>V. Fazit und Ausblick</b> .....  | 8     |
| <b>Anhang 1</b> .....   | 9     |
| <b>Anhang 2</b> .....   | 12    |

## I. Einleitung

Die Mobilkommunikation, die sich derzeit zum mobilen Internet weiterentwickelt, ist zu einer Wachstumsbranche für Deutschland und Europa geworden. Es ist nicht nur die Wirtschaft, für die mobile Kommunikation ein unverzichtbarer Innovationsträger geworden ist, sondern es sind auch die Bürgerinnen und Bürger, die diese Technik in ihrem täglichen Leben nicht mehr missen wollen. Mehrere 100 000 Arbeitsplätze sind bisher im Bereich der Mobilkommunikation und der Mobil Dienstleistungen in Deutschland geschaffen worden.

Daher ist es wichtig abzuklären, welche möglicherweise negativen Begleitumstände mit der weiteren Verbreitung der mobilen Kommunikation einhergehen. Mit dem Ausbau der neuen UMTS-Mobilfunkgeneration hat sich in der Öffentlichkeit die Diskussion über mögliche gesundheitliche Gefährdungen durch elektromagnetische Felder intensiviert.

Die Bundesregierung verfolgt und begleitet mit großer Intensität die politische und wissenschaftliche Diskussion zu möglichen Gesundheitsgefahren durch elektromagnetische Felder. Sie stützt sich dabei auf die Empfehlungen anerkannter unabhängiger internationaler Fachgremien wie der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der Internationalen Kommission zum Schutz vor nicht ionisierenden Strahlen (ICNIRP) sowie der deutschen Strahlenschutzkommission. Zusammen mit dem Bundesamt für Strahlenschutz bewerten diese Institutionen regelmäßig den aktuellen Erkenntnisstand über die Wirkungen elektromagnetischer Felder. Dabei werden alle international verfügbaren Befunde sowohl zu thermischen als auch zu nicht thermischen Wirkungen berücksichtigt. Dieses Verfahren zur Bewertung des jeweiligen wissenschaftlichen Standes ist notwendig, weil die Betrachtung einzelner Studien kein konsistentes Bild über die gesundheitlichen Wirkungen elektromagnetischer Felder ergeben kann. Einzelne vorliegende Hinweise auf biologische Effekte unterhalb oder in der Nähe der Grenzwerte bedürfen deshalb der Einordnung und Bewertung im Vergleich zu anderen Forschungsergebnissen.

Die Bundesregierung nimmt die in der öffentlichen Debatte zum Ausdruck kommenden Besorgnisse sehr ernst. Mit den Vorsorgemaßnahmen im Bereich Mobilfunk, die die Bundesregierung im Dezember 2001 beschlossen hat, wurde vor allem die Forschung in diesem Bereich intensiviert. Folgende Forschungsaktivitäten wurden im Einzelnen beschlossen:

- Das Bundesumweltministerium wird die jährlichen Haushaltsmittel für die Wirkungsforschung deutlich erhöhen. Im Zeitraum 2002 bis 2005 stehen 8,5 Mio. Euro zur Verfügung. Hinzu kommt die gleiche Summe aus der Selbstverpflichtung der Netzbetreiber.
- Das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit wird im Zeitraum 2002 bis 2005 5 Mio. Euro für Forschungsarbeiten im Zusammenhang mit technischen Regulierungsfragen beim Aufbau der UMTS-Netze zur Verfügung stellen.

- Das Bundesministerium für Bildung und Forschung führt eine gezielte Initiative zur Förderung emissionsmindernder Technologien bei Mobilfunksystemen mit einem Volumen von 7 Mio. Euro im Zeitraum 2002 bis 2005 durch.

Vor diesem Hintergrund hat der Deutsche Bundestag die Bundesregierung gebeten, alle zwei Jahre, erstmals 2004, einen Bericht der aktuellen Forschungsergebnisse vorzulegen. Dies betrifft vor allem Forschungsergebnisse in Bezug auf Emissionsminderungsmöglichkeiten der gesamten Mobilfunktechnologie (u. a. Handy-Endgeräte, Minderung der Strahlungswirkung durch den Einsatz von Headsets, Mobilfunksendeanlagen) und Forschungsergebnisse in Bezug auf gesundheitliche Auswirkungen. Im Forschungsbericht soll insbesondere die Frage erörtert werden, ob die geltenden Grenzwerte der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsgesetzes zum Schutz vor elektromagnetischer Strahlung vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse dem Vorsorgeprinzip genügen (Bundestagsdrucksache 14/8584).

## II. Vorhaben des Bundesumweltministeriums

Der bisher nachgewiesene gesundheitsrelevante Wirkungsmechanismus elektromagnetischer Felder beruht auf der Gewebeerwärmung, die bei der Aufnahme (Absorption) elektromagnetischer Energie in Organismen entsteht. Die Frage nach möglichen anderen Wirkungsmechanismen hochfrequenter Felder, die nicht auf eine Erwärmung zurückgeführt werden können, und die unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte liegen, ist nach wie vor unbeantwortet. Bei Feldstärken unterhalb der geltenden Grenzwerte existieren widersprüchliche bzw. nicht reproduzierte wissenschaftliche Ergebnisse zu unterschiedlichen biologischen Effekten.

Diese sind als Hinweise auf einen möglichen gesundheitlichen Einfluss jedoch Grund genug, entsprechende Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen, auch wenn ein konkretes gesundheitliches Risiko für die Bevölkerung aber daraus derzeit nicht abgeleitet werden kann. Zu den Vorsorgemaßnahmen gehört neben der Sicherstellung einer möglichst geringen Exposition auch die Intensivierung und Koordinierung der Forschung im Hinblick auf mögliche gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen des Mobilfunks.

### 1. Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) betreut seit 2002 im Rahmen des Umweltforschungsplans des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) einen Forschungsschwerpunkt zu den gesundheitlichen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder. Die im Rahmen der Selbstverpflichtung von den deutschen Mobilfunknetzbetreibern zugesagten Finanzmittel zur Unterstützung der Forschung wurden Anfang 2003 dem BfS zur Erweiterung des Forschungsschwerpunktes zur Verfügung gestellt. Das BfS hat da-

raufhin das Deutsche Mobilfunk-Forschungsprogramm (DMFP) initiiert. Die im Rahmen des Umweltforschungsplans bereits vergebenen Projekte wurden in dieses Programm integriert. Darüber hinaus wurden vom BfS weitere Projektvorschläge erarbeitet, zu denen die Strahlenschutzkommission (SSK) Anfang Juli 2003 eine Stellungnahme abgab.

Erstmalig wurden die Projektvorschläge zusammen mit der Stellungnahme der SSK auch der Öffentlichkeit zur Kommentierung vorgelegt. Hierzu wurde vom BfS ein Internetportal eingerichtet (<http://www.emf-forschungsprogramm.de>), das alle wesentlichen Informationen über das Programm und die einzelnen Projekte enthält. Das Portal wird regelmäßig aktualisiert, um auch weiterhin die transparente Darstellung des Programms und seiner Ergebnisse zu ermöglichen. Eine Version in englischer Sprache wurde ebenfalls eingerichtet.

Im September 2003 wurden während eines Fachgesprächs in Berlin unter Beteiligung von Vertretern aus Staat, Wissenschaft, Wirtschaft, Umwelt- und Verbraucherverbänden die neuen Projektvorschläge zusammen mit den dazu eingegangenen Kommentaren aus der Öffentlichkeit sowie das Gesamtprogramm besprochen. Auf der Grundlage der Ergebnisse dieses Fachgesprächs wurde das Gesamtprogramm um Forschungsprojekte erweitert, die im Rahmen des Beteiligungsprozesses als wichtige Ergänzung des Gesamtprogramms anerkannt worden waren.

Das Deutsche Mobilfunk-Forschungsprogramm sieht insgesamt 52 Forschungsprojekte vor, wovon 22 Projekte dem Bereich Biologie, 14 dem Bereich Dosimetrie, neun Projekte dem Bereich Epidemiologie und sieben Projekte dem Bereich Risikokommunikation zugeordnet werden.

Bisher wurden ca. 65 Prozent der Mittel für Projekte festgelegt. Über die Vergabe der übrigen Mittel kann erst entschieden werden, wenn die Ergebnisse von vorgeschalteten Machbarkeitsstudien vorliegen. Falls sich bestimmte Projekte nicht als machbar erweisen sollten, werden die Mittel für andere bereits geplante Projekte eingesetzt. Es wird damit sichergestellt, dass im Rahmen des DMFP die zugesagten Mittel von insgesamt 17 Mio. Euro vollständig ausgeschöpft werden.

Der Anhang zu diesem Bericht enthält eine Liste aller geplanten Vorhaben, die unter Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden finanziellen Rahmens bearbeitet werden. Ziel ist es, die bestehenden Unsicherheiten bei der Bewertung der Risiken elektromagnetischer Felder zu verringern und grundsätzliche biologische Wirkungen und Mechanismen von schwachen hochfrequenten elektromagnetischen Feldern wissenschaftlich zu erforschen und deren gesundheitliche Relevanz unter Einbeziehung internationaler Forschungsergebnisse zu bewerten. Das Programm ist so ausgerichtet, dass die Ergebnisse für den gesamten Bereich der Telekommunikation einschließlich sich abzeichnender zukünftiger Entwicklungen Aussagen zulassen.

## 1.1 Auswirkungen auf Tier und Mensch (Biologie)

Durch Untersuchungen an Zellen, Tieren und, soweit möglich, auch am Menschen wird unterschiedlichsten Fragestellungen nachgegangen. Zu den Forschungsschwerpunkten gehören die Charakterisierung möglicher Einflüsse der hochfrequenten elektromagnetischen Felder auf die intellektuelle Informationsverarbeitung (Kognition), auf den Blutfluss im Gehirn (cerebraler Blutfluss), Wach- und Schlaf-Elektroenzephalogramm (EEG) sowie auf die Funktion der Blut-Hirn-Schranke, die einen kontrollierten Stoffaustausch zwischen Blut und Gehirn ermöglicht. Vor allem sollen eventuelle langfristige Wirkungen elektromagnetischer Felder, z. B. auf die Entstehung bzw. den Verlauf von Krebserkrankungen oder auf die kognitiven Fähigkeiten (z. B. Gedächtnis, Konzentrationsfähigkeit oder Lernfähigkeit), erfasst und überprüft werden. In einem weiteren Forschungsprojekt sollen mögliche altersabhängige Wirkungen elektromagnetischer Felder untersucht werden. Hierzu liegen bisher kaum Daten vor. Da die Mobilfunktechnik in erheblichem Umfang auch von Kindern und Jugendlichen genutzt wird, besteht hier besonderer Klärungsbedarf.

Ein Fall der möglichen Auswirkungen auf den Menschen ist das Phänomen Elektrosensibilität. Rund sechs Prozent der Bevölkerung fühlen sich laut einer Umfrage im Auftrag des BfS durch Mobilfunkanlagen in ihrer Gesundheit beeinträchtigt. Ein Teil dieses Personenkreises bezeichnet sich als elektrosensibel. Viele dieser Personen geben an, durch andere Faktoren bzw. Erkrankungen zusätzlich belastet zu sein, z. B. durch Allergien oder durch Schwermetalle und Chemikalien. Es soll versucht werden, die gesundheitlichen Beschwerden der elektrosensiblen Personen zu objektivieren und einen möglichen kausalen Zusammenhang zwischen der Einwirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder und den genannten Beschwerden aufzufinden. Von Interesse dabei ist auch die Frage nach möglichen Synergismen, d. h. dem Zusammenwirken unterschiedlicher Belastungen.

## 1.2 Erfassung der Exposition (Dosimetrie)

Voraussetzung für die Beurteilung von Wirkungen elektromagnetischer Felder auf den Menschen ist die möglichst genaue Ermittlung der tatsächlichen Expositionshöhe, d. h. die exakte Messung der hochfrequenten elektromagnetischen Felder in unmittelbarer Nähe des Menschen bzw. die Bestimmung der vom menschlichen Körper absorbierten Energiemengen (SAR-Werte). Die Berücksichtigung technischer Besonderheiten unterschiedlicher drahtloser Datenübertragungs- und Kommunikationsverfahren ist in diesem Zusammenhang von besonderem Interesse.

Den Schwerpunkt in der Planung des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms für den Bereich Dosimetrie bildet daher die Bestimmung realer Feldverteilungen und tatsächlicher Expositionen in der Umwelt. Gemeint sind damit Situationen in Haushalt und Büro bei der alltäglichen Nutzung von Mobiltelefonen oder in der Umgebung von Sendeanlagen verschiedener Funkdienste. Hierzu

gehört auch die Erhebung und Auswertung personenbezogener Expositionsdaten mithilfe von Personendosimetern. Eine besondere Bedeutung hat dies auch für die Durchführbarkeit epidemiologischer Studien.

### 1.3 Epidemiologische Untersuchungen (Epidemiologie)

Im Gegensatz zu experimentellen Studien, wie sie in der Biologie durchgeführt werden, führt die Epidemiologie Beobachtungsstudien am Menschen durch. Epidemiologische Untersuchungen tragen wesentlich zur Beantwortung der Frage nach möglichen Wirkungen auf die menschliche Gesundheit bei.

Um beispielsweise die Frage nach einem möglichen Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Beeinträchtigungen (Kopfschmerzen, Nervosität, Schlafstörungen, etc.), wie sie von Teilen der Bevölkerung im Hinblick auf hochfrequente elektromagnetische Felder beschrieben werden, und Mobilfunkendeanlagen wissenschaftlich belastbar beantworten zu können, wird derzeit eine große Querschnittsstudie durchgeführt.

Der Schwerpunkt weiterer epidemiologischer Studien des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms liegt auf der Untersuchung von möglichen gesundheitlichen Langzeitfolgen der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks. Hier ist insbesondere die Beteiligung an der internationalen Fall-Kontroll-Studie „Interphone“ zu nennen, die einen möglichen Zusammenhang zwischen Mobilfunk und Hirntumoren untersucht. Aufgrund der großen Fallzahl und des durchdachten Versuchsdesigns wird dieser Studie eine große Aussagekraft zugesprochen. Die Ergebnisse des deutschen Teils werden Anfang 2005 erwartet. Erste Publikationen zur Häufigkeit von Kleinhirnbrückenwinkeltumoren (Akustikusneurinom) bei Mobilfunknutzern aus Dänemark und Schweden liegen bereits vor. Beide Studien zeigen kein höheres Erkrankungsrisiko an Akustikusneurinomen für Kurznutzer von Handys (weniger als zehn Jahre). Im Rahmen der schwedischen Teilstudie wurden dagegen bereits belastbare Risikoanalysen für Langzeitnutzer vorgelegt. Hier ist zu berücksichtigen, dass zu Beginn des Untersuchungszeitraumes fast ausschließlich analoge Telefone (vergleichbar mit dem inzwischen eingestellten C-Netz in Deutschland) verwendet wurden. In dieser Gruppe zeigt sich ein fast verdoppeltes Erkrankungsrisiko. Für Nutzer ausschließlich digitaler (gepulster) Handys konnte noch keine Nutzungsperioden von mehr als zehn Jahren untersucht werden.

Weiterhin ist die Beteiligung an einer vorausschauenden (prospektiven) Studie über gesundheitliche Langzeiteffekte bei Handynutzern (eine so genannte „Kohortenstudie“) geplant. Diese soll in enger Kooperation mit parallelen Studien in England und Schweden durchgeführt werden. Ziel dieser Studie ist die Beantwortung der Frage, ob eine intensive Handynutzung langfristig zu einem Anstieg der Gesamtsterblichkeit, des Risikos für Krebserkrankungen oder Erkrankungen der Nerven (neurodegenerative Erkrankungen) führt. Die Ergebnisse der bereits abgeschlossenen Machbarkeitsstudie für eine Ko-

hortenstudie an hoch exponierten Berufsgruppen unterstützen das prospektive Studiendesign an Handynutzern in der Allgemeinbevölkerung, da sich keine Berufsgruppe als geeignet(er) erwies.

### 1.4 Risikokommunikation

Risikokommunikation bzw. Risikowahrnehmung stellen einen weiteren Teil des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms dar. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass sich die Bevölkerung über die Funktions- und Wirkungsweise der hochfrequenten elektromagnetischen Felder zu wenig informiert fühlt. Ein Ziel ist es daher, die Risiko- und Informationswahrnehmung im Bereich Mobilfunk näher zu erfassen, um eine umfassende und zielgruppenspezifische Information der Bürgerinnen und Bürger zu erreichen und die Kommunikation mit den betroffenen Bevölkerungsgruppen zu verbessern. Inhalte dieser Information bzw. Kommunikation sollen sowohl die Vorsorgeempfehlungen im Hinblick auf die Exposition durch elektromagnetische Felder sein, als auch aktuelle Ergebnisse und Erkenntnisse aus wissenschaftlichen Untersuchungen. Darüber hinaus sollen Empfehlungen für eine offenere und zielgerichtete Gestaltung des Dialogs und des Umgangs zwischen den verschiedenen Beteiligten im Bereich des Mobilfunks erarbeitet werden.

## 2. Stand der Kenntnisse über gesundheitliche Auswirkungen und Vorsorgemaßnahmen

### Kinder und Jugendliche

Kinder und Jugendliche als Nutzer moderner Kommunikationstechniken sind eine aus Sicht des Strahlenschutzes wichtige Zielgruppe. Sie befinden sich noch in der Entwicklung; u. a. unterscheiden sie sich hinsichtlich Wasser- und Ionengehalt oder Knochendicke von Erwachsenen. Vorliegende Modelle zur Abschätzung von Eindringtiefen und SAR-Verteilungen im kindlichen Organismus, v. a. im Kopf, stellen Näherungen dar, die laufend verbessert werden. Die Ergebnisse neuerer Studien weisen darauf hin, dass Unterschiede bezüglich Eindringtiefen und SAR-Verteilungen zwischen Kindern und Erwachsenen zwar vorhanden, jedoch geringer sind, als aufgrund älterer Modellierungen angenommen wurde. Insgesamt wird aber die wissenschaftliche Datenlage, v. a. was eine Synthese entwicklungsbiologischer, biophysikalischer und technischer Aspekte betrifft, als noch nicht ausreichend angesehen. Aus diesem Grund wird im Rahmen des DMFP ein Forschungsprojekt zur Untersuchung altersabhängiger Wirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern gefördert.

Widersprüchliche Ergebnisse über möglicherweise erhöhte Leukämieraten bei Kindern, die in der Nähe von starken Sendern wohnen, liegen aus epidemiologischen Studien vor. Die in den jeweiligen Studien verwendeten Untersuchungsmethoden waren jedoch unzureichend. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens des DMFP wird deshalb ein aussagekräftiges Studiendesign zur Untersuchung von Kinderleukämie in der Nähe von starken Fernseh- und Radiosendern entwickelt.

### Langzeitstudien

Belastbare Langzeitstudien über gesundheitliche Auswirkungen elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf den Menschen liegen aufgrund der vergleichsweise kurzen Zeit seit Einführung dieser Kommunikationstechnik nur vereinzelt vor. Überwiegend handelt es sich bei diesen Langzeitstudien um epidemiologische Studien, oft mit geringen Fallzahlen, zu kurzen Latenzzeiten oder anderen methodischen Schwächen, v. a. hinsichtlich der Bestimmung der tatsächlichen Exposition. Im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms werden mehrere Langzeitstudien mit verbessertem und qualitätsgesichertem Studiendesign durchgeführt.

### Auswirkungen auf das Hirn

Zum Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder von Mobiltelefonen auf die Gehirnfunktion liegt eine Vielzahl von elektroencephalographischen (EEG) Untersuchungen vor. Die meisten Arbeiten beschreiben Einflüsse auf das Wach- und Schlaf-EEG, wobei unterschiedliche und zum Teil widersprüchliche Effekte beobachtet wurden, die in vielen Fällen nicht reproduzierbar waren. Alle beschriebenen Effekte bewegten sich im normalen physiologischen Bereich. Ein gesundheitliches Risiko kann aus den beobachteten minimalen Veränderungen nicht abgeleitet werden. Ein Mechanismus, wie die beschriebenen Veränderungen entstehen konnten, ist nicht bekannt. Um dies zu klären, sind im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms mehrere Projekte zum Themenbereich Gehirnfunktion geplant.

Es liegen mehrere tierexperimentelle Studien vor, in denen mögliche Effekte hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf die Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke untersucht wurden. Während die meisten Arbeitsgruppen keine Hinweise auf gesundheitlich relevante Einflüsse finden, beschreibt die Gruppe von Prof. Salford Effekte auf die Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke sowie massive neuronale Spätschäden bereits nach einer einmaligen, zweistündigen HF-Exposition. Die Arbeiten dieser Gruppe stehen aufgrund einer Reihe methodischer Schwächen international in der Kritik. Da aber eine negative Beeinflussung der Blut-Hirn-Schranke gesundheitlich relevant wäre, bedarf es der Überprüfung dieser Ergebnisse in weiteren Studien. Im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms wird eine entsprechende Replikationsstudie durchgeführt.

In mehreren wissenschaftlichen Studien wurde der mögliche Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Höhe des individuellen Melatoninspiegels untersucht. Melatonin ist ein Hormon, das in der Zirbeldrüse im Gehirn nur während der Dunkelperioden in der Nacht produziert und an den Organismus ausgeschüttet wird. Die Tageslänge bzw. die Leuchtdauer künstlicher Beleuchtung bestimmt den Melatoninwert im Blut; er ist also von der Tageszeit abhängig. Die meisten Studien am Menschen deuten darauf hin, dass ein signifikanter Zu-

sammenhang zwischen HF-Feldern und dem Melatoninstoffwechsel nicht besteht. Zur Absicherung der Datengrundlage wird im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms eine Studie durchgeführt, in der an isolierten Pinealorganen (Zirbeldrüsen) von Labornagern der Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder nach GSM-Standard und un gepulster Felder auf die Melatoninbildung untersucht wird.

### Expositionsszenarien

Mehrere Messkampagnen haben gezeigt, dass die Exposition der allgemeinen Bevölkerung durch die elektromagnetischen Felder der Mobilfunksender zwar großen Schwankungen unterliegt, aber stets unterhalb der Grenzwerte der 26. BImSchV bleibt. Dies bestätigen die von der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (Reg TP) in einer öffentlich Datenbank zugänglichen Ergebnisse der regelmäßig stattfindenden bundesweiten Messungen an öffentlichen Plätzen. Bei Benutzung eines mobilen Endgerätes ist die Exposition mit den hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks aufgrund des geringen Abstandes des Senders (Handy) zum Körper höher als die von Mobilfunkmasten verursachte Exposition. Aber auch bei der höchsten Sendeleistung der heute auf den Markt erhältlichen Geräte wird der Teilkörper-Basisgrenzwert von 2 W/kg nicht überschritten.

Im Standby-Modus nimmt das Handy selten, unregelmäßig und kurzzeitig Kontakt mit der Basisstation auf, so u. a. beim Zellwechsel. Wenn das Handy am Körper getragen wird, ist demzufolge zeitlich gemittelt die Exposition durch Mobilfunkstrahlung aus den vorgenannten Gründen im Vergleich zur Exposition während eines Telefonats geringer. Im Rahmen des DMFP werden in einem Projekt auch Konsequenzen aus unterschiedlichen Expositionssituationen untersucht, zu denen auch die Benutzung eines Head-Sets und das Tragen des Mobiltelefons am Körper während des Telefonierens gehört.

### Besonderheiten durch UMTS

Aus technischer Sicht unterscheiden sich die UMTS- und GSM-Technologien u. a. in den genutzten Frequenzbereichen, den maximalen Sendeleistungen sowie den Modulations- und Zugriffsverfahren. Bei der derzeit eingesetzten UMTS Variante entfällt die bei GSM aufgrund des verwendeten Zeitschlitzverfahrens auftretende Pulsung des Signals. Die maximalen Sendeleistungen der Endgeräte liegen bei UMTS unter denen von GSM. Auch bei den durchschnittlichen Sendeleistungen ist nach Aussage der Industrie davon auszugehen, dass sie geringer sind als die von GSM-Netzen. Die Struktur der UMTS-Netze ist jedoch aus technischen Gründen wesentlich feinmaschiger. Zudem kann die Zellgrößen u. a. in Abhängigkeit vom aktuellen Verkehrsaufkommen variieren. Belastbare Untersuchungen zur tatsächlichen Immission in der Umgebung von UMTS-Basisstationen stehen derzeit noch aus. Sie sind u. a. Gegenstand des DMFP.

### Aufklärungsmaßnahmen

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.

Der Deutsche Bundestag wird jährlich von der Bundesregierung mit dem Bericht „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ auch über die neuesten Erkenntnisse und Entwicklungen im Bereich „nichtionisierende Strahlung“ unterrichtet. Im jährlich erscheinenden Jahresbericht „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) wird die Fachöffentlichkeit über die neuesten Erkenntnisse auch im Bereich Mobilfunk informiert. Speziell zur Information über die nationalen Forschungsaktivitäten der Bundesregierung wurde die Broschüre „Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm“ vom BMU herausgegeben. Das Bundesamt für Strahlenschutz hat etliche 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 ist 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 und die Broschüre „Mobilfunk: Wie funktioniert das eigentlich“ für Kinder und Jugendliche.

Die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (Reg TP) trägt mit ihrer Broschüre „Funk und Umwelt“ aus der Schriftenreihe „regtp facts“ dem Informationsbedürfnis ebenfalls Rechnung.

Für drängende Fragen zu Mobilfunk allgemein und zu aktuellen gesundheitlichen Fragen in Bezug auf hochfrequente elektromagnetische Felder steht der Öffentlichkeit ein kostenloses Bürgertelefon unter der Rufnummer 01888 333 1130 bzw. per E-Mail unter [info@bfs.de](mailto:info@bfs.de) zur Verfügung.

Im Rahmen des Internetauftritts des BfS (<http://www.bfs.de>) werden unter dem Stichwort „Elektromagnetische Felder“ sachliche Informationen zum gesamten elektromagnetischen Spektrum gegeben (Hochfrequenz, Niederfrequenz und UV) sowie häufig gestellte Fragen unter dem Stichwort „FAQ“ beantwortet. Die im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms angestrebten Forschungsarbeiten und deren Fortschritt werden für die Öffentlichkeit transparent im Internet unter <http://www.emf-forschungsprogramm.de> dargestellt. Erstmals wurde in 2003 zur Festlegung der Prioritäten der einzelnen vorgeschlagenen Forschungsvorhaben die Öffentlichkeit befragt. Die eingegangenen Kommentare flossen in die letztendliche Festlegung des Forschungsprogramms mit ein.

Unter der Internetadresse <http://www.mobilfunk-information.de> hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Ar-

beit ein umfassendes Internetportal zur Information der Bevölkerung über Fragen des Mobilfunks und angrenzender Gebiete eingerichtet. Weiterhin steht bei der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post unter der Adresse <http://emf.regtp.de> eine öffentlich zugängliche Datenbank aller Funkanlagen zur Verfügung, die eine Standortbescheinigung haben. Die Standortbescheinigung weist den Sicherheitsabstand zur jeweiligen Funkanlage aus, der von unbeteiligten Dritten nicht unterschritten werden darf. In diese Datenbank werden auch die Ergebnisse des unmittelbar vor der Auftragserteilung stehenden EMF-Monitorings stehen. Im Rahmen des EMF-Monitoring-Programms, dessen Installation von den Mobilfunknetzbetreibern finanziert und im späteren Einsatz auch unterstützt werden wird, werden transportable Messstationen Langzeitmessungen des Hochfrequenzspektrums unter Einschluss der Mobilfunkfrequenzen vornehmen. Die Messapparaturen werden transportabel in Abstimmung mit den Bundesländern eingesetzt werden können.

### 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 weist darauf hin, dass – entgegen der öffentlichen Besorgnis, die vor allem ortsfeste Anlagen betrifft – die Immission insbesondere durch die elektromagnetischen Felder aus Geräten, z. B. bei Haushaltsgeräten oder bei Endgeräten der mobilen Telekommunikation unter dem Gesichtspunkt des vorsorgenden Gesundheitsschutzes zu betrachten ist, weil es hier am ehesten zu einer hohen Exposition eines Nutzers kommen kann.“ Der Umsetzung dieser Empfehlung dient das vom BMU vorgeschlagene Umweltzeichen „Blauer Engel“. Vergabekriterium dafür ist, dass die maximale Strahlungsintensität des Gerätes, ausgedrückt als SAR-Wert, nicht mehr als 0,6 Watt pro Kilogramm beträgt.

Die Handyhersteller lehnen das Umweltzeichen „Blauer Engel“ für Mobilfunkendgeräte geschlossen ab. Ihre ablehnende Haltung begründen sie damit, dass es sich um einen globalisierten Markt handelt und dass die Geräte europäischen Vorgaben entsprechen. Außerdem suggeriere der „Blaue Engel“, dass entsprechend gekennzeichnete Handys gesundheitlich unbedenklicher seien als solche ohne den „Blauen Engel“. Das Prinzip, die SAR-Werte aus Vorsorgegründen abzusenken, wird von den Herstellern nicht anerkannt. Es fehlt an der Bereitschaft, mit dem „Blauen Engel“ einen zusätzlichen aktiven Beitrag zum vorsorgenden Gesundheits- und Verbraucherschutz zu leisten. Dabei würden nahezu ein Viertel der auf dem Markt befindlichen Mobiltelefone das Kriterium „strahlungsarm“ des „Blauen Engels“ bereits erfüllen. Die Hersteller sind aufgefordert, die Entwicklung strahlungsärmerer Handys voranzutreiben und sich einer verstärkten Verbraucherinformation nicht zu verschließen.

### 3. Auswirkung auf die geltende Gesetzeslage

Viele Vorhaben im Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramm haben erst in den letzten Monaten begonnen, einige befinden sich noch in der Ausschreibung. Bisher sind fünf Vorhaben, deren Ergebnisse in das Gesamtprogramm einfließen, beendet. Für zwei der Studien liegen Abschlussberichte vor (s. Anhang 1). Ein Handlungsbedarf in Bezug auf die geltenden Grenzwerte der 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung zum Schutz vor elektromagnetischer Strahlung (26. BImSchV) ist derzeit nicht erkennbar.

## III. Vorhaben des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)

### 1. Genehmigungsverfahren

Die Forschungsvorhaben des BMWA dienen in erster Linie zur Unterstützung des Genehmigungsverfahrens der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, hier insbesondere der Standortsuche für Basisstationen der Mobilfunknetze, die auf GSM- und UMTS-Technologie beruhen. Die Diskussion um die Standorte für Basisstationen ist allerdings in nur wenigen Fällen so festgefahren, dass in bestimmten Fällen einvernehmliche Lösungen nur schwer erreichbar erscheinen.

In einem Forschungsvorhaben wurden versuchsweise auf der Basis mediativer Lösungsansätze betroffene Nutzer mit einem Mobilfunknetzbetreiber zusammengebracht, um gemeinsam Lösungen zu Fragen des „Elektrosmogs“ und der Standorte der Antennen zu suchen.

In einem zweiten Themenfeld, dem Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Bildung und Forschung „mini-watt“ vergleichbaren Themenfeld, wurde untersucht, ob es auf der Basis der gegenwärtigen Mobilfunktechnik noch weitere technische Lösungsansätze gibt, die elektromagnetischen Emissionen speziell der bestehenden Mobilfunksysteme der GSM- und UMTS-Netze zu reduzieren. Mögliche Ansätze wären z. B. in der Verbesserung der heutigen Betriebstechnik, insbesondere des Leistungsmanagements zu sehen.

Eine dritte Fragestellung, die auch von Relevanz für die Genehmigungsverfahren ist, ist die Auswirkung elektromagnetischer Wellen auf Implantate und Körperhilfen. Dabei stehen insbesondere die neuen Modulationsarten der UMTS-Technologie im Blickfeld. Aufgrund theoretisch und experimentell erworbener Ergebnisse sollen Störschwellen für Patienten mit unterschiedlichen Implantaten und Körperhilfen ermittelt werden.

### 2. Risikokommunikation

Von besonderer Bedeutung ist auch die Risikokommunikation durch öffentliche Stellen. In einem weiteren Forschungsvorhaben des BMWA „Elektromagnetische Verträglichkeit zur Umwelt (EMVU) in der öffentliche Diskussion – Situationsanalyse, Erarbeitung und Bewertung von Strategien unter Berücksichtigung der UMTS-Technologien im Dialog mit dem Bürger“ wurde nachgewiesen, dass ein verstärkter verbaler Dialog zwischen

Netzbetreibern, der öffentlichen Hand und den Betroffenen erforderlich ist.

Weiterhin werden vom BMWA der Öffentlichkeit aktuelle Informationen über die Zusammenhänge und Wirkungen elektromagnetischer Wellen von Mobilfunksystemen, sowie zu einschlägigen Forschungsergebnissen zusammengestellt und in einem Internetportal zugänglich gemacht. Diese können unter der Internetadresse <http://www.mobilfunk-information.de> eingesehen werden.

Für diese Forschungsarbeiten hat das BMWA bisher mehr als 1,3 Mio. Euro aufgewendet.

## IV. Vorhaben des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMBF)

### 1. Das Potenzial neuer Technologien

Die derzeit eingesetzten Kommunikationssysteme, die auf den Standards GSM, UMTS und WLAN (IEEE 802) basieren, sind so ausgelegt, dass auf der Empfängerseite gerade die noch notwendige sichere Detektion der Signale erfolgen kann. Das führt dazu, dass bei bestehenden Kommunikationssystemen keine wesentliche Verminderung der elektromagnetischen Belastung möglich ist, ohne dass damit eine erhebliche Leistungseinschränkung verbunden ist. Allerdings können durch neue technologische Konzepte mobile Kommunikationssysteme noch erheblich effizienter werden, d. h., sie können größere Datenmengen bei der gleichen gesendeten Leistung übertragen und auch die gesendete Energie besser nutzen. Diese Erhöhung der Effizienz eines Systems lässt sich zum Teil auch in eine Reduzierung der gesendeten Leistung umsetzen.

Das BMBF hat die Untersuchung zukünftiger Mobilfunktechnologien im Hinblick auf diese Effizienz-Fragestellungen gezielt gefördert. In dem Forschungsvorhaben „mini-watt I“ hat sich ein repräsentativer, die ganze Bundesrepublik Deutschland umfassender Kreis von Experten mit dem Thema Effizienzverbesserung zukünftiger Mobilfunksysteme beschäftigt. Beteiligt waren elf Universitätsinstitute, drei Industrieunternehmen, vier mittelständische Unternehmen und ein Forschungsinstitut. In diesem Vorhaben wurden Vorschläge erarbeitet, wie und mit welchen neuen Technologien die Strahlungsbelastung reduziert werden könnte:

- kleinzellige Mobilfunknetze (Picozellen),
- selbstorganisierende Funknetze,
- neue Methoden der Raum-Zeit-Signalverarbeitung mit Mehr-Antennen-Systemen,
- neue Methoden der Bild- und Datenkompression,
- Nutzung neuer Frequenzbereiche.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden in einer Druckschrift des Projektträgers Informationstechnik des BMBF bei der DLR in Köln und im Internet unter <http://www.pt-dlr.de> veröffentlicht.

Aufbauend auf der mini-watt-I-Studie ist für 2005 die mini-watt-II-Studie geplant. Hier sollen die zu erwartenden

Immissionen und Expositionen derzeitiger und zukünftiger Kommunikationstechnologien untersucht werden. Gleichzeitig soll eine Abschätzung der möglichen biologischen Wirkungen der zu erwartenden Expositionen erfolgen.

## 2. Förderung emissionsmindernder Technologien

Das BMBF fördert daneben eine Reihe von Forschungsvorhaben im Rahmen seiner Leitinnovation „Mobiles Internet“, mit denen Vorschläge zur Umsetzung der Empfehlungen des Vorhabens „miniwatt I“ ausgearbeitet werden. An diesen Forschungsvorhaben wirken die vier weltweit führenden Mobilfunkausrüster mit. Damit ist gewährleistet, dass für zukünftige Mobilfunksysteme diese Vorschläge zur Emissionsreduzierung der Systeme im Markt eingeführt werden können. Im Rahmen der Untersuchung „miniwatt I“ wurde abgeschätzt, dass bei Einsatz dieser Systeme in Zukunft folgende Entwicklung bei der elektromagnetischen Belastung zu erwarten ist:

- Da im privaten Bereich die Nutzung der drahtlosen Kommunikation und Steuerung in den kommenden Jahren weiterhin sehr stark zunehmen wird, ist auch bei Berücksichtigung verbesserter Effizienz im günstigsten Fall damit zu rechnen, dass die elektromagnetischen Emissionen konstant bleiben.
- In der Büroumgebung werden zunehmend Breitbandtechniken in der drahtlosen Kommunikation eingesetzt werden. Daraus ergibt sich die positive Erwartung, dass die spektrale Leistung sichtbar am Arbeitsplatz sinkt und damit die Gesamtemission trotz steigender Datenrate konstant gehalten werden kann.
- Auch im öffentlichen Bereich werden die Kommunikationsnetze in Zukunft dichter werden. Infolge der reduzierten Zellgrößen und durch die Nutzung neuer Techniken wird die Exposition durch Mobilfunkseanlagen daher eher abnehmen. Ein erhebliches Potenzial zur Senkung der Exposition ist im Aufbau des digitalen Rundfunks zu erkennen, da systembedingt für die digitale Übertragung bei gleichen Randbedingungen weniger Sendeleistung benötigt wird. Das gilt

gleichermaßen für alle Rundfunkbereiche einschließlich des Fernsehens.

Die an „miniwatt“ beteiligten Experten geben zur weiteren Entwicklung der mittleren Emission die folgende Prognose ab: Trotz eines konstanten Wachstums der drahtlosen Kommunikation gehen sie von einer nahezu konstanten mittleren Emission bis zum Jahr 2015 aus. Voraussetzung ist allerdings, dass die Unternehmen eine konsequente Einführung emissionsmindernder Technologien praktizieren.

BMBF fördert im Rahmen seiner Leitinnovation „Mobiles Internet“ insgesamt sechs Vorhaben mit einem Förder volumen von 7,2 Mio. Euro. Eine Übersicht über die Vorhaben befindet sich in der beigefügten Tabelle. Diese Vorhaben sind in ein umfassendes Förderkonzept zum Mobilfunk mit einem jährlichen Volumen über 15 Mio. Euro eingebettet.

## V. Fazit und Ausblick

Mit den von der Bundesregierung eingeleiteten Vorsorge maßnahmen ist die Information und der Kenntnisstand der Bevölkerung erheblich verbessert worden. Die Klärung offener Fragen über gesundheitliche Auswirkungen ist eingeleitet worden, die Maßnahmen zur Verbesserung der Technik werden mit hohem Aufwand vorangetrieben.

Mit diesen Vorhaben, die einen sehr breiten und umfassenden Ansatz verfolgen, leistet die Bundesregierung wesentliche Beiträge zur Verbesserung emissionsmindernder Technologien, zur Vertiefung des Kenntnisstandes über mögliche gesundheitliche Auswirkungen sowie zur Information der Bevölkerung über diese neue Technologie. Im Jahr 2006 werden die Projekte des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms weitgehend abgeschlossen sein. Es ist geplant, die bis dahin vorliegenden Ergebnisse auf einer internationalen Fachtagung zu präsentieren und zu diskutieren.

Zusammen mit den Ergebnissen der in verschiedenen Ländern laufenden Forschungsprogramme wird dann eine neue Bewertung der Erkenntnisse über mögliche gesundheitliche Auswirkungen elektromagnetischer Felder möglich werden.



**Anhang 1****V. Vorliegende Ergebnisse aus beschriebenen Forschungsprogrammen**

Von den im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms vergebenen Forschungsprojekten sind fünf Vorhaben abgeschlossen. Für zwei Projekte liegen bereits bewertete Abschlussberichte vor. Es handelt sich dabei um ein Projekt der Dosimetrie (Untersuchung der SAR-Verteilung in elektromagnetisch exponierten Versuchstieren) und ein Projekt der Epidemiologie (Machbarkeitsstudie für eine Kohortenstudie: Die Kohortenstudie soll anhand hoch exponierter (Berufs-)Gruppen zur Erfassung eines möglicherweise erhöhten Krankheitsrisikos durch die Exposition mit HF-Feldern durchgeführt werden).

**V.1 Untersuchung der SAR-Verteilung in elektromagnetisch exponierten Versuchstieren**

Laufzeit: 15. Dezember 1999 bis 31. Dezember 2002

Forschungsnehmer: Institut für Integrierte Systeme an der ETH Zürich

**Zielsetzung:**

Mithilfe numerischer Methoden sollte die Verteilung der spezifischen Absorptionsrate (SAR) im Körper von exponierten Versuchstieren ermittelt werden. Zum Vergleich war auch eine möglichst hoch aufgelöste, räumliche SAR-Verteilung im menschlichen Körper zu ermitteln. Dabei sollten fernfeldähnliche Expositionsbedingungen zugrunde gelegt werden, wie sie heute in gebräuchlichen Expositionsammern bzw. TEM-Zellen auftreten. Die Modelle sollten räumlich möglichst fein aufgelöst, z. B. durch Kernspinaufnahmen, erstellt werden. Die Minimalforderung für die Tiermodelle war eine Auflösung vom  $1 \text{ mm}^3$ . Primär sollten technisch weit verbreitete Frequenzen bei unterschiedlicher Orientierung der Modelle im Feld untersucht werden. Vorgegeben waren die Frequenzen 450 MHz, 900 MHz, 1,8 GHz und 5 GHz. Das Projekt war in drei Arbeitspakete unterteilt. Im ersten Block sollten die für eine numerische Betrachtung erforderlichen Rechnermodelle für die Versuchstiere (Ratte und Maus) und den Menschen erstellt werden. Dazu sind Daten über die interne Körperstruktur zu erheben und mit den für das jeweilige Gewebe typischen dielektrischen Parametern zu verknüpfen. Im zweiten Arbeitspaket sollten diese Modelle mit den derzeit angewandten technischen Feldern exponiert werden und die dabei im Körper auftretenden SAR-Werte numerisch bestimmt werden. Im dritten Arbeitspaket sollten am Beispiel eines Tiermodells die Ergebnisse der Simulationen an dem Modell messtechnisch verifiziert werden.

**Ergebnisse:**

Es konnte ein verbessertes Verfahren zur Erstellung von Voxelmodellen (ein Voxel ist ein Volumenelement – das

kleinste Element eines gerasterten Raumes) entwickelt werden. Die erstellten Voxelmodelle erreichten deshalb eine sehr hohe Auflösung von ca.  $0,06 \text{ mm}^3$  für die Maus,  $0,2 \text{ mm}^3$  für die Ratte und  $8 \text{ mm}^3$  für den Menschen. Dies sind die bislang höchsten erzielten Auflösungen bei Tiermodellen. In den erstellten Voxelmodellen wurden über 100 Organ- bzw. Gewebearten unterschieden. Damit konnten sehr realitätsnahe Rechenmodelle geschaffen werden. Die Anwendung dieser Rechenmodelle erbrachte quantitative Ergebnisse der zu erwartenden SAR-Verteilung in Versuchstieren in Abhängigkeit von den Parametern des applizierten elektromagnetischen Feldes. Neben den über den Gesamtkörper gemittelten SAR-Werten wurden auch lokale organspezifische SAR-Werte ermittelt und tabellarisch dargestellt. Es konnten auch die Grenzen der numerischen Simulation aufgezeigt werden, die hauptsächlich durch die Auflösung der Modelle und damit durch Speicher- und Rechenkapazitäten bestimmt werden. Dies hat z. B. dazu geführt, dass eine SAR-Verteilung im Humanmodell bei 5 GHz im Rahmen dieses Projektes nicht mehr sinnvoll durchgeführt werden konnte. Die Verifizierung der Berechnungen im Vergleich zu Messungen anhand simpler Modelle (flüssigkeitsgefüllte Hohlkörper) zeigt eine Übereinstimmung von besser als 30 Prozent. Der Vergleich der Modellrechnung mit der Messung an einem Tierkadaver hingegen zeigt Abweichungen von mehr als einem Faktor 2. Ein Vergleich der Ergebnisse mit anderen Modellrechnungen zeigt eine gute Übereinstimmung bei Verwendung von Voxelmodellen bezogen auf die Mittelung über den Gesamtkörper. Vergleicht man die Ergebnisse mit den bisher üblichen homogenen elyptischen Modellen, so ergeben sich Abweichungen bis zum Faktor 2.

**Fazit:**

Die Ergebnisse liefern einen wichtigen Beitrag bei der Bewertung der Dosimetrie im Zusammenhang mit Strahlenschutzfragen. Wesentliche Einflussparameter auf die Variation der Ergebnisse werden dargestellt und die Genauigkeitsschranken aufgezeigt. Die Ergebnisse sind von besonderer Bedeutung für die zukünftige Durchführung von Tierversuchen. Sie geben wesentliche Hinweise auf die zu berücksichtigenden dosimetrischen Randbedingungen, abhängig von den untersuchten Endpunkten und dem Tiermodell. Die Ergebnisse werden im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms bei dosimetrischen Überlegungen und Entscheidungen berücksichtigt.

**V.2 Machbarkeitsstudie für eine Kohortenstudie: Die Kohortenstudie soll anhand hoch exponierter (Berufs-)Gruppen zur Erfassung eines möglicherweise erhöhten Krankheitsrisikos durch die Exposition mit HF-Feldern durchgeführt werden**

Laufzeit: 1. September 2002 bis 31. August 2003

Forschungsnehmer: Uni Bielefeld/Uni Mainz/DKFZ Heidelberg

**Hintergrund:**

Bislang konnte ein gesundheitliches Risiko der Bevölkerung durch die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks nicht wissenschaftlich nachgewiesen werden. Andererseits liegen vereinzelt Hinweise auf gesundheitliche Risiken bei hoch exponierten (Berufs-)Gruppen vor. Möglicherweise können Risiken anhand dieser Gruppen gezeigt werden, die bei der zumeist schwächer exponierten Bevölkerung mittels epidemiologischer Methoden schwerer nachweisbar sind. Bei Vorliegen einer Dosis-Wirkungs-Beziehung können die Ergebnisse auf schwächere Expositionen – wie sie in der allgemeinen Bevölkerung vorkommen – übertragen werden.

**Zielsetzung:**

Ziel des Vorhabens war es, im Rahmen einer Machbarkeitsstudie zu prüfen, ob in Deutschland eine Kohortenstudie zu hoch exponierten (Berufs-)Gruppen durchgeführt werden kann. In Kohortenstudien wird über einen definierten Zeitbereich das Krankheitsgeschehen bei Exponierten (z. B. hoch exponierte Berufsgruppe) und nicht-exponierten Personen (Vergleichsgruppe) beobachtet und anschließend geprüft, ob sich die Erkrankungswahrscheinlichkeit für beide Gruppen unterscheidet. Ziel der Machbarkeitsstudie war es, geeignete exponierte Berufsgruppen zu identifizieren und Vorschläge für ein Studiendesign, den Studienablauf, die zu erhebenden Krankheitsereignisse und die Erfassung der HF-Felder zu erarbeiten.

**Ergebnisse:**

Angehörige der Berufsfelder „Funk“, „Radar“, „Industrielle Produktion“ und verschiedener Dienstleistungsberufe wurden als HF-Exponierte ermittelt. Insgesamt konnten 30 Berufsgruppen identifiziert und auf festgelegte Kriterien zur Machbarkeit einer Kohortenstudie geprüft werden. Diese Kriterien betrafen die Expositionsbedingungen (Regelmäßigkeit, Dauer und Erfassung) und die Zusammenstellung der Kohorte (Gruppengröße, Selektion, demographische Daten). Nach Ausschluss aller Personengruppen, die diese Kriterien nicht erfüllten, verblieben drei potenzielle Kohorten:

- Arbeiter an Hochfrequenz-Plastikschweißmaschinen,
- Ingenieure/Techniker von Mittel-/Kurzwellen-Sendeanlagen und
- Funkamateure.

Für diese wurde ein mögliches Studiendesign erarbeitet und Vor- und Nachteile der Durchführung einer entsprechenden Kohortenstudie bewertet. Gesamtergebnis der Bewertung der drei Gruppen war, dass kein Studiendesign für eine Kohortenstudie festgelegt werden konnte, welches eine verzerrungsfreie Abschätzung des Erkrankungsrisikos durch HF-EMF erlaubt hätte. Gründe hierfür waren u. a. ein zu geringer Stichprobenumfang, nicht vergleichbare Kontrollgruppen von Nichtexponierten, eine Vielzahl von nicht kontrollierbaren Störgrößen (Mischexpositionen, zusätzliche chemische Belastungen, etc.), Schwierigkeiten bei der retrospektiven Expositionsab-

schätzung und eine mangelnde Übertragbarkeit auf für den Mobilfunk typische Frequenzbereiche.

**Fazit:**

Auf Basis der Ergebnisse der Machbarkeitsstudie hat das BfS entschieden, keine Kohortenstudie an hoch HF-exponierten Personen durchzuführen. Stattdessen soll eine Kohortenstudie zu Handynutzern der Allgemeinbevölkerung durchgeführt werden. Die Expositionen sind zwar niedriger, können aber direkt die Frage von Gesundheitsrisiken durch Mobilfunk beantworten. Aufgrund der geringen Exposition sind allerdings sehr große Kohortenstudien nötig. Dies ist nur durch Einbindung in eine internationale Kohortenstudie zu Handynutzern, an der auch England und Schweden teilnehmen möchten, möglich.

Als Teil der im August 2001 vom BMWA veröffentlichten Aktionspunkte zum o. a. Thema wurden folgende Studien vergeben:

Studie 37/02 **Schutz von Personen mit Implantaten und Körperhilfen in elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks, UMTS, DECT, Powerline und Induktionsfunkanlagen**

Laufzeit 24 Monate bis zum 30. Juni 2004

Ziel der Studie ist eine präventive Folgenabschätzung über elektromagnetische Störungen von Implantaten und Körperhilfen. Zu berücksichtigen sind insbesondere die neuen Modulationsarten bei UMTS und die Häufung von Feldquellen (Mehrfachnutzung eines Standortes). Die theoretisch und experimentell erworbenen Ergebnisse sollen in einem weiteren Schritt in praktischen Versuchen mit freiwilligen Probanden verifiziert und Störschwellen bei Patienten mit unterschiedlichen Implantaten und Körperhilfen in Bezug auf einzelne oder Gruppen von Quellen hochfrequenter Felder ermittelt werden. Die Ergebnisse sollen in einer wissenschaftlichen Publikation dargestellt werden.

Die Studie verläuft erfolgreich und im Zeitrahmen; der Abschlussbericht zum Hauptteil der Studie liegt planmäßig vor. Ergebnisse der Zusatzstudie an Cochleaimplantaten werden im 1. Quartal 2005 erwartet.

Studie 38/02 **Verbesserung der für die Öffentlichkeit zur Verfügung stehenden Information über Effekte der elektromagnetischen Verträglichkeit zur Umwelt (EMVU) in Mobilfunkfeldern**

Laufzeit 24 Monate bis zum 31. Juli 2004

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Verbesserung der für die Öffentlichkeit zur Verfügung stehenden Information über Effekte der elektromagnetischen Verträglichkeit zur Umwelt (EMVU) in Mobilfunkfeldern mit Schwerpunkt der UMTS-Technologie und Berücksichtigung von DECT, Powerline und Induktionsfunkanlagen. Dazu sollen die in Datenbanken vorhandene internationale Literatur über Effekte der elektromagnetischen Verträglichkeit zur Umwelt (EMVU) in Mobilfunkfeldern ausgewertet

und bewertet werden. Die in verschiedenen Datenbanken vorhandenen einschlägigen Bestände sollen schließlich in ein Internetportals umgesetzt werden, um für die Öffentlichkeit eine Informationsplattform bereitzustellen. Daher sollen für den Bereich Mobilfunk, DECT, Powerline und Induktionsfunkanlagen, sowie speziell für die UMTS-Technologie, die vorhandenen bibliographischen Daten, Kurzfassungen und Bewertungen, die bisher nur für den Experten gedachten waren, anschaulich in für den Laien verständliche allgemeine Aussagen, Daten und Diagramme umgesetzt werden. Dabei soll der Abfrager selbständig den Aufbau-Umfang und die Informationstiefe über die Internet-Schnittstelle definieren können.

Die Studie ist planmäßig abgeschlossen. Das Internetportal ist seit August 2003 unter der Adresse <http://www.mobilfunk-information.de> öffentlich zugänglich. Es wird laufend aktualisiert.

Studie 38/09 **Minimierung elektromagnetischer Felder des Mobilfunks, UMTS, DECT, Powerline und Induktionsfunkanlagen**  
Laufzeit 24 Monate bis zum 31. Juli 2004

Ziel ist es, eine technische Studie anzufertigen, die ausgehend von dem heute verwendeten intelligenten Leistungsmanagement zwischen Mobilfunkbasisstation und Handy, Vorschläge zu einer weiteren Reduzierung der elektromagnetischen Felder aller betrachteten Funksysteme enthält. Das Hauptgewicht der anvisierten Studie liegt im Bereich des GSM-Mobilfunk und UMTS. Mögliche Ansatzpunkte sind z. B. in einer Verbesserung der heute verwendeten Betriebstechnik oder der zyklischen Abläufe in der Kommunikation zwischen Basisstation und Handy denkbar. Es ist nicht daran gedacht, solche Grundlagenforschung im physikalisch/technischen Bereich zu betreiben, die zu einer völligen Neuorganisation der Netze führen. Im Bereich DECT, PLC usw. sind Lösungen denkbar, die von der heutigen permanenten Funkverbindung zwischen

der Tischstation und dem Handapparat (DECT) weg zu ähnlichen Lösungen führen, wie sie im zuvor schon erwähnten Leistungsmanagement in den Mobilfunknetzen üblich ist.

Die Studie ist abgeschlossen, der Abschlussbericht liegt vor.

Studie 36/03 **Machbarkeitsstudie „Alternative Streitbeilegung in der aktuellen EMVU-Debatte“**  
Laufzeit 12 Monate bis zum 31. Juli 2003

Die Suche nach geeigneten Standorten für Basisstationen in Mobilfunknetzen bereitet den GSM und UMTS Netzbetreibern zunehmend Schwierigkeiten. Die Diskussion ist teilweise so festgefahren, dass vereinzelt radikale Tendenzen in dieser Frage erkennbar werden. Damit scheint die Suche nach neuen, innovativen Lösungen mithilfe eines direkten Kontaktes der Beteiligten im Moment verbaut zu sein. Es sollen daher auf der Basis mediativer Lösungsansätze Betroffene, Nutzer und Anbieter zusammen gebracht werden, um gemeinsame Lösungen für die Fragen des so genannten Elektrosogs und der Standorte für Antennen für den Mobilfunk zu suchen, die von allen Parteien getragen werden. Es soll eine Vorzeigegruppe als Kernkompetenzteam aufgebaut werden, die eine Standardlösung erarbeitet, die innovativ ist, allen Seiten gerecht wird, allen Seiten die Möglichkeit gibt, das Gesicht zu wahren und zudem offen für lokale Anpassungen und Ergänzungen ist. Dadurch sollte es möglich sein, „radikale“ Tendenzen auszugrenzen und dadurch produktive Lösungen nach und nach, dann aber bundesweit (evtl. mit Vorbildcharakter für das Ausland) umzusetzen. In einem dreitägigen Workshop soll die Machbarkeit der Studie nachgewiesen werden.

Die Studie wurde im vorgegebenen Zeitrahmen erfolgreich abgeschlossen. Der Endbericht liegt vor.

## Anhang 2

**Forschungsvorhaben der Bundesregierung zum Mobilfunk**

(Anmerkung: Im Fall des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms werden generell keine Projektnummern genannt, da eine Zuordnung öffentlicher Gelder und Gelder der Mobilfunknetzbetreiber zu einzelnen Forschungsprojekten vermieden werden soll.)

|  |
|--|
| <b>1. Vorhaben des BMU</b>   |
| <b>1.1 Biologische Wirkungen</b>   |
| Untersuchungen zu Wirkungsmechanismen an Zellen unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunktechnologie.<br>A. Demodulation / Kommunikation                   |
| Untersuchungen zu Wirkungsmechanismen an Zellen unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunktechnologie.<br>B. Pinealdrüse                                    |
| Untersuchungen zu Wirkungsmechanismen an Zellen unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunktechnologie.<br>C. Funktionen                                     |
| Beeinflussung der spontanen Leukämierate bei AKR/J-Mäusen durch nieder- und hochfrequente elektromagnetische Felder  |
| in vivo-Experimente unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunkkommunikation.<br>A. Langzeituntersuchungen   |
| in vivo-Experimente unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunkkommunikation.<br>B. Kanzerogenese  |
| in vitro-Experimente unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunkkommunikation.<br>C. Blut-Hirn-Schranke  |
| Untersuchungen an Probanden unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern von Mobiltelefonen   |
| Machbarkeitsstudie zur Untersuchung altersabhängiger Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf der Basis relevanter biophysikalischer und biologischer Parameter                 |
| Untersuchung der altersabhängigen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf der Basis relevanter biophysikalischer und biologischer Parameter                                    |
| Kurz- und mittelfristige Effekte durch GSM- und UMTS- Signale auf Gehirnfunktion und kognitive Leistungsfähigkeit  |
| Einfluss der Mobilfunkfelder auf die Permeabilität der Blut-Hirn-Schranke von Labornagern (in vivo)  |
| Einfluss von GSM und UMTS-Signalen auf isoliertes menschliches Blut<br>A. Genotoxizität (Beteiligung an internationalen Ringversuchen)   |
| Einfluss von GSM und UMTS-Signalen auf isoliertes menschliches Blut<br>B. Differenzielle Genexpression   |
| Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder der Mobilfunkkommunikation auf Sinnesorgane<br>A. Das Hörsystem   |
| Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder der Mobilfunkkommunikation auf Sinnesorgane<br>B. Das visuelle System   |
| Untersuchung der Schlafqualität bei Anwohnern einer Basisstation – Experimentelle Studie zur Objektivierung möglicher psychologischer und physiologischer Effekte unter häuslichen Bedingungen |

|  |
|--|
| Untersuchung elektrosensibler Personen im Hinblick auf Begleitfaktoren bzw. -erkrankungen, wie z. B. Allergien und erhöhte Belastung mit bzw. Empfindlichkeit gegenüber Schwermetallen und Chemikalien                                   |
| Untersuchung des Phänomens Elektrosensibilität mittels einer epidemiologischen Studie an elektrosensiblen Patienten einschließlich der Erfassung klinischer Parameter  |
| Langzeitstudie an Labornagern mit UMTS-Signalen  |
| Wirkungsmechanismen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf molekularer, subzellulärer und zellulärer Ebene  |
| Brustkrebs und HF-EMF  |
| <b>1.2 Erfassung der Exposition</b>  |
| Untersuchung der SAR-Verteilung in elektromagnetisch exponierten Versuchstieren  |
| Entwicklung von Mess- und Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder in der Umgebung von Mobilfunk Basisstationen  |
| Bestimmung der Exposition der Personengruppen, die im Rahmen des Projektes „Querschnittsstudie zur Erfassung und Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die Felder von Mobilfunkbasisstationen“ untersucht werden |
| Bestimmung der Exposition bei Verwendung kabelloser Übermittlungsverfahren im Haushalt und Büro  |
| Bestimmung der Expositionsverteilung von HF Feldern im menschlichen Körper, unter Berücksichtigung kleiner Strukturen und thermophysiological relevanter Parameter   |
| Bestimmung der spezifischen Absorptionsrate (SAR-Werte), die während der alltäglichen Nutzung von Handys auftritt  |
| Bestimmung der realen Feldverteilung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern in der Umgebung von Wireless LAN-Einrichtungen (WLAN) in innerstädtischen Gebieten   |
| Bestimmung der realen Feldverteilung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern in der Umgebung von UMTS-Sendeanlagen  |
| Bestimmung der realen Exposition bei Handynutzung in teilgeschirmten Räumen im Vergleich zur Exposition unter günstigen Bedingungen im Freien  |
| Erhebung und Auswertung von tatsächlichen, personenbezogenen HF-Expositionsdaten in einer repräsentativen Bevölkerungsgruppe   |
| Exposition durch körpernahe Sender im Rumpfbereich   |
| Untersuchung der Möglichkeiten zur Minimierung der HF-Exposition der Bevölkerung durch regionale integrierte Netzplanung   |
| Untersuchungen zu der Fragestellung, ob makroskopische dielektrische Gewebeeigenschaften auch auf Zellebene bzw. im subzellulären Bereich uneingeschränkte Gültigkeit besitzen   |
| Bestimmung der Exposition der Bevölkerung in der Umgebung von digitalen Rundfunk und Fernsehsendern  |
| <b>1.3 Epidemiologie</b>   |
| Machbarkeitsstudie für eine Kohortenstudie, die dazu dienen soll, anhand hoch exponierter (Berufs-)Gruppen ein möglicherweise erhöhtes Krankheitsrisikos durch die Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern zu erfassen |
| Querschnittsstudie zur Erfassung und Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die Felder von Mobilfunkbasisstationen  |
| Erweiterungsstudie einer multinationalen epidemiologischen Studie des möglichen Zusammenhangs zwischen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung und dem Auftreten von Tumoren des Kopf- und Halsbereiches (INTERPHONE-Studie)        |
| Beteiligung an einer Fall-Kontroll-Studie zu Aderhautmelanomen und Radiofrequenzstrahlung (RIFA-Studie)  |

|  |
|--|
| Epidemiologischen Studie zum Zusammenhang zwischen Kinderkrebs und Expositionen um große Sendeeinrichtungen  |
| Prospektive Kohortenstudie unter Handynutzern  |
| Ergänzungsstudie zu Probanden der Querschnittsstudie   |
| Akute Gesundheitseffekte durch Mobilfunk bei Kindern   |
| Handynutzung und funktionelle Störungen  |
| <b>1.4 Risikokommunikation</b>   |
| Wissensbasierte Literaturdatenbank über die Einwirkungen elektromagnetischer Felder auf den Organismus und auf Implantate  |
| Ermittlung der Befürchtungen und Ängste der breiten Öffentlichkeit hinsichtlich möglicher Gefahren der hochfrequenten elektromagnetischen Felder des Mobilfunks – jährliche Umfragen         |
| Zielgruppenanalyse zur differenzierten Information   |
| Innovative Verfahren zur Konfliktschlichtung bei der Standortbestimmung von Mobilfunksendeanlagen  |
| Ergänzende Informationen über Elektrosensible  |
| Untersuchung der Kenntnis und Wirkung von Informationsmaßnahmen im Bereich Mobilfunk und Ermittlung weiterer Ansatzpunkte zur Verbesserung der Information verschiedener Bevölkerungsgruppen |
| Unterstützung der Kooperation der Mobilfunkakteure durch die lokale Agenda 21  |

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>2. Vorhaben des BMWA</b>      |  |
| <b>2.1 Genehmigungsverfahren</b> |  |
| 37/02                            | Schutz von Personen mit Implantaten und Körperhilfen in elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks, UMTS, DECT, Powerline und Induktionsfunktanlagen.                  |
| 38/09                            | Minimierung elektromagnetischer Felder des Mobilfunks, UMTS, DECT, Powerline und Induktionsfunktanlagen  |
| 36/02                            | Machbarkeitsstudie „Alternative Streitbeilegung in der aktuellen EMVU-Debatte“   |
| <b>2.2 Risikokommunikation</b>   |  |
| 38/02                            | Verbesserung der für die Öffentlichkeit zur Verfügung stehenden Information über Effekte der elektromagnetischen Verträglichkeit zur Umwelt (EMVU) in Mobilfunkfeldern |

|  |   |
|--|---|
| <b>3. Vorhaben des BMBF</b>                            |   |
| <b>3.1 Potenzial neuer Technologien</b>                |   |
| 01BU 250   | Förderschwerpunkt hyperNET -Teilvorhaben: Alternative Funkssysteme zur Verminderung der Strahlungsdichte im digitalen Rundfunk, Mobilfunk und bei drahtlosen LANs (mini watt)   |
| <b>3.2 Förderung immissionsmindernder Technologien</b> |   |
| 01BU350  | Leitinnovation Mobile Internet – 3Get (3. Generation Evolving Technologies) – Teilvorhaben: Entwurf von Mehrträger-Mobilfunksystemen mit kooperativen, verteilten Antennen  |
| 01BU358  | Leitinnovation Mobile Internet – 3Get (3. Generation Evolving Technologies) – Teilvorhaben: Konzeption, Entwicklung und Analyse neuartiger Funkzugangstechniken für die Evolution der Mobilfunksysteme der dritten Generation |

---

|         |  |
|---------|--|
| 01BU370 | Leitinnovation Mobile Internet – WIGWAM (Wireless Gigabit with Advanced Multimedia Support) – Teilvorhaben: Breitbandige HF-Funkübertragung mit Hilfe von Kompensations- und Adaptionstechniken im Basisband |
| 01BU351 | Leitinnovation Mobile Internet – 3Get (3. Generation Evolving Technologies) – Teilvorhaben: Multistandard-Architekturen für blockbasierte Codierungsverfahren – MARCOV I                                     |
| 01BU352 | Leitinnovation Mobile Internet – 3Get (3. Generation Evolving Technologies) – Teilvorhaben: Multistandard-Architekturen für blockbasierte Codierungsverfahren – MARCOV II                                    |

