

Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm

Ein wichtiger Beitrag zur transparenten
Wissenschaft und zu offenen Fragen des
Strahlenschutzes



IMPRESSUM:

Herausgeber: Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 100149
D-38201 Salzgitter
Telefon: 030 18333-0
Telefax: 030 18333-1885

E-Mail: ePost@bfs.de

Internet: www.bfs.de

Redaktion: Bundesamt für Strahlenschutz

Fotos/Grafiken: BFS
und genannte Quellen

Gestaltung/Druck: MAREIS DRUCK GmbH
Zeissstraße 8
89264 Weißenhorn

VORWORT

Liebe Leserinnen und Leser,

das Handy ist für uns in den vergangenen Jahren ein unverzichtbares Kommunikationsmittel geworden. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von weiteren Funktechnologien zur Kommunikation und zur kabellosen Datenübertragung, die im Alltag in immer größerem Umfang angewendet werden. Ermöglicht wird diese Form der Kommunikation durch hochfrequente elektromagnetische Felder. Wir sind nahezu überall mit elektromagnetischen Feldern konfrontiert.

Viele Menschen bewegt die Frage nach möglichen Auswirkungen dieser technischen Neuentwicklungen. Allen voran stehen die möglichen gesundheitlichen Wirkungen des Mobilfunks.

Es ist Aufgabe des Bundesamtes für Strahlenschutz, das Risiko einer neuen Technologie wie der des Mobilfunks aus der Perspektive des Strahlenschutzes zu bewerten. Grundlage hierzu bilden qualitativ hochwertige Studien um zu klären, ob mit den Feldern des Mobilfunks ein gesundheitliches Risiko - und sei es auch nur ein geringes - verbunden ist. Diese Fragen stellen seit einigen Jahren einen Schwerpunkt der Arbeit des Bundesamtes für Strahlenschutz dar.

Die möglichen gesundheitlichen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder werden auf nationaler und internationaler Ebene seit mehr als 50 Jahren erforscht. Die durch diese Forschung bekannten Wirkungen bilden die fachliche Grundlage für die seit 1998 gesetzlich geregelten Grenzwerte zum Schutz der Bevölkerung. Im Zuge der Einführung neuer Technologien und der damit verbundenen kontinuierlichen Überprüfung der Grenzwerte auf nationaler und internationaler Ebene lieferten einzelne wissenschaftliche Studien auch Hinweise auf biologische Effekte bei einer Strahlendosis unterhalb der Grenzwerte. Die gesundheitliche Relevanz dieser Effekte galt es im Rahmen des Deutschen Mobilfunkprogramms (DMF) zu klären. Hierzu gehörte u. a. die Frage, ob die Nutzung eines Handys möglicherweise die Gehirnleistung (Kognition), die Blut-Hirn-Schranke, die am stärksten betroffenen Sinnesorgane (Auge und Ohr) oder auch das Wohlbefinden wie z. B. den Schlaf, negativ beeinflusst. Gleichzeitig war es offen, ob Mobilfunkfelder insbesondere bei langfristiger oder gar chronischer Einwirkung gesundheitsschädigende Auswirkungen haben könnten.

Das BfS hat bei der Erarbeitung und Durchführung des Forschungsprogramms stets hohen Wert auf Transparenz und bürgerfreundliches Vorgehen gelegt.

Hierzu wurde ein ganzes Bündel von Maßnahmen ergriffen: So hat das BfS bei der Planung der Forschungsthemen und deren Prioritäten eine umfangreiche öffentliche Konsultation durchgeführt. Zur breiten Kommunikation des Programms und seiner Ergebnisse wurde ein runder Tisch eingerichtet. Außerdem hat das BfS ein für alle

Interessierten zugängliches Informationsportal eingerichtet, das rund um das Forschungsprogramm informiert.

Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) hatte zum Ziel, die vorhandenen wissenschaftlichen Unsicherheiten zu reduzieren, drängende, in der Wissenschaft und in der Öffentlichkeit diskutierte Fragen zu klären, und damit zur sachlichen Aufklärung der Bevölkerung beizutragen. Dies bezog sich auf die Durchführung des Programms, auf die angewandten Vergabeverfahren für die Forschungsprojekte, auf den Verlauf der einzelnen Studien und auf deren Bewertung. Es wurden von nationalen wie internationalen Forschergruppen Fragen der Dosimetrie, zu möglichen Auswirkungen auf den Menschen, zu Wirkmechanismen und zur Verbesserung der Information und der Kommunikation über hochfrequente Felder bearbeitet. Besonders wichtig war die Wiederholung von Studien, die Hinweise auf biologische Effekte ergeben hatten. Diesen und weiteren Studien zur Klärung der offenen Fragen wurden mit hohen Qualitätsansprüchen und streng definierten sowie gut dokumentierten Expositionsbedingungen nachgegangen, um einen Vergleich und eine Bewertung der Studienergebnisse zu gewährleisten. Ein weiterer Schwerpunkt war die interdisziplinäre Zusammenarbeit unterschiedlichster Fachdisziplinen.

Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm hat dazu beigetragen, die Datenlage der wissenschaftlichen Erkenntnisse bezüglich hochfrequenter Felder und deren Auswirkungen auf den Menschen entscheidend zu verbessern: Wir kennen heute die tatsächlichen Expositionen im Alltag wesentlich genauer als zu Beginn des DMF. Wiederholungsstudien konnten ernstzunehmende erste Hinweise durchgehend nicht bestätigen. Auch lieferten die Studien keine Hinweise auf bisher unbekannt Langzeitwirkungen, weder im Tiermodell noch in epidemiologischen Studien.

Es muss allerdings einschränkend festgehalten werden, dass neben einer Reihe von Einzelfragestellungen auf zwei umfassende Fragenkomplexe trotz aller Bemühungen bis heute keine zufriedenstellenden Antworten gegeben werden können. Dies betrifft die wesentliche Frage möglicher Langzeitrisiken für Handynutzungszeiten von mehr als zehn Jahren und die Möglichkeit einer besonderen Empfindlichkeit von Kindern. Die im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms hierzu durchgeführten Studien lieferten aufgrund methodischer Grenzen keine hinreichend belastbare Datenbasis für eine ausreichende Risikobewertung.

Solange es offene Fragen gibt, denen mit weiteren Forschungsanstrengungen nachgegangen werden muss, setzt sich das BfS weiterhin für die Anwendung geeigneter Vorsorgemaßnahmen ein, die die bestehende Grenzwertregelung sinnvoll ergänzen.

Diese sind:

Minimierung der Exposition beim Betrieb drahtloser Kommunikationstechnologien.
Gezielte weitere Forschungsansätze zur Verbesserung der Grundlagen für die Risikobewertung und

umfassende Informationsmaßnahmen, die klares Orientierungswissen bieten und mögliche Handlungsspielräume für den Einzelnen aufzeigen.

Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm, die einzelnen Forschungsvorhaben des DMF und deren Ergebnisse sowie der Abschlussbericht zum DMF mit einer Bewertung der Ergebnisse durch das BfS sind im Internet unter <http://www.emf-forschungsprogramm.de> veröffentlicht.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Hintergründe, Ziele und Verfahren des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF)	5
2	Forschungsthemen	11
2.1	Dosimetrie	11
	Wissensstand vor dem DMF	11
	Ergebnisse des DMF	12
	Verbleibende offene Fragen	14
2.2	Wirkmechanismen	15
	Wissensstand vor dem DMF	15
	Ergebnisse des DMF	15
	Verbleibende offene Fragen	17
2.3	Akute Wirkungen	18
	Wissensstand vor dem DMF	18
	Ergebnisse des DMF	18
	Verbleibende offene Fragen	21
2.4	Chronische Wirkungen	21
	Wissensstand vor dem DMF	21
	Ergebnisse des DMF	22
	Verbleibende offene Fragen	24
2.5	Risikokommunikation	25
	Wissensstand vor dem DMF	25
	Ergebnisse des DMF	25
	Verbleibende offene Fragen	28
3	Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen für den Strahlenschutz	29

1 HINTERGRÜNDE, ZIELE UND VERFAHREN DES DEUTSCHEN MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMMS

Hochfrequente elektromagnetische Felder werden seit vielen Jahrzehnten genutzt, um kabellos Daten zu übertragen. Nach diesem Prinzip funktionieren Radio, Fernsehen und das drahtlose Telefonieren. Computertastaturen brauchen kein Kabel mehr, und wir sind im Notfall jederzeit mobil handlungsfähig. Trotz dieser Vorteile und der gleichzeitigen Bequemlichkeit, die für viele von uns bereits zur Selbstverständlichkeit geworden ist, bleibt die Frage nach möglichen gesundheitlichen Wirkungen dieser technologischen Entwicklung.

Die wiederholte Bewertung aller wissenschaftlichen Arbeiten durch internationale und nationale Expertengremien und Organisationen ergab, dass es keinen Beweis für Gesundheitsgefahren hochfrequenter elektromagnetischer Felder unterhalb der in Deutschland geltenden Grenzwerte gibt. Aber es wurden auch wiederholt Studienergebnisse publiziert, die biologische Effekte unterhalb der geltenden Grenzwerte beschreiben aus denen dann Gesundheitseffekte abgeleitet wurden. Obwohl diese Ergebnisse z. T. nicht durch andere Forschergruppen reproduziert wurden, durch das wissenschaftliche Gesamtbild nicht gestützt werden und deren gesundheitliche Relevanz nicht geklärt ist, müssen sie doch als Hinweise gewertet werden, denen gezielt nachgegangen werden muss. Auch epidemiologische Untersuchungen, also Beobachtungsstudien am Menschen unter realen Gegebenheiten, mit deren Hilfe mögliche Zusammenhänge zwischen hochfrequenten elektromagnetischen Feldern und gesundheitlichen Risiken untersucht werden können, ergaben vereinzelt Hinweise auf gesundheitliche Wirkungen. Basierend auf diesen Hinweisen konstatierte die Strahlenschutzkommission (SSK) im Jahr 2001 Forschungsbedarf in Bezug auf mögliche Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf den Menschen.

Betroffene berichten immer wieder von gesundheitlichen Beeinträchtigungen und Krankheitssymptomen, die sie mit den hochfrequenten elektromagnetischen Feldern in Verbindung bringen. Diese Schilderungen zusammen mit den wissenschaftlichen Unsicherheiten tragen dazu bei, dass die Bevölkerung bezüglich möglicher Auswirkungen der hochfrequenten elektromagnetischen Felder auf die Gesundheit besorgt ist.

Angesichts der wissenschaftlichen Hinweise, der Berichte und der Besorgnis über gesundheitliche Beeinträchtigungen stellte sich die Frage, ob die existierenden Grenzwerte für einen Schutz vor gesundheitlichen Konsequenzen ausreichend sind und ob die Grenzwerte der Bevölkerung vor den elektromagnetischen Feldern moderner Funktechnologien ausreichend Schutz gewähren.

Mit dem Ziel, die wissenschaftlichen Erkenntnis zu verbessern und mit einer verbesserten Datenlage die existierenden Grenzwerte umfassend zu überprüfen, führte das Bundesamt für Strahlenschutz (Bfs) im Jahr 2001 ein erstes Fachgespräch zum Thema „Forschungsprojekte zur Wirkung elektromagnetischer Felder des Mobilfunk“ unter Beteiligung von Vertretern von Forschungseinrichtungen, der Länder und Bundesbehörden, von Umweltverbänden sowie der Mobilfunkbetreiber durch. Basierend auf diesem ersten Fachgespräch erstellte das Bfs unter Berücksichtigung der „Research Agenda“ der Weltgesundheitsorganisation (WHO) ein Forschungsprogramm. Zur Finanzierung dieses Programms wurden durch das Bundesumweltministerium (BMU) im Rahmen des Umweltforschungsplans (UFOPLAN) insgesamt 8,5 Mio. € bereit gestellt.

Im Rahmen der freiwilligen Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber wurden durch die deutschen Netzbetreiber weitere 8,5 Mio. € zur Finanzierung des Forschungsprogramms zur Verfügung gestellt, so dass ein Gesamtbudget in Höhe von 17 Mio. € zur Verfügung stand. Damit war eine erhebliche Erweiterung des Spektrums der Forschungsthemen möglich. Für die fachliche und administrative Durchführung des DMF war das vom BMU beantragte Bfs zuständig.

Zur endgültigen Festlegung des Forschungsprogramms wurde eine öffentliche Konsultation durchgeführt. Im Jahr 2003 wurde allen Interessierten die Möglichkeit gegeben, auf einer eigens für das Forschungsprogramm eingerichteten Internetseite des Bfs (<http://www.emf-forschungsprogramm.de>) die vorgeschlagenen Forschungsvorhaben zu kommentieren und durch eigene Vorschläge zu ergänzen. Konstruktive Kommentare wurden im Rahmen eines zweiten öffentlichen Fachgesprächs des Bfs im Jahr 2003 zur Diskussion gestellt und auf dieser Grundlage die Inhalte des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF) im Herbst 2003 festgelegt.



Übergeordnetes Ziel des Programms war es, die Gültigkeit der bestehenden Grenzwerte kritisch zu überprüfen und Grundlagen zur Bewertung zukünftiger Technologien zu erarbeiten. So wurde der untersuchte Frequenzbereich bewusst breit gefasst und ging in einigen Studien über die für GSM und UMTS genutzten Frequenzbereiche hinaus. Es war nicht das Ziel des DMF, einen Nachweis für die Unschädlichkeit der Funktechnologie zu erbringen. Ein solcher Nachweis ist mit naturwissenschaftlichen Methoden nicht möglich.

Mit dem DMF wurde das internationale EMF-Projekt der WHO (www.who.int/emf) unterstützt und damit international zur Verbesserung der Datenlage zur Risikobewertung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern beigetragen.

Insgesamt wurden in den Jahren 2002 bis 2008 54 Forschungsprojekte durchgeführt. Darunter waren eine Reihe von Reproduktionsstudien, die dazu dienten, frühere Studien zu wiederholen und damit deren Ergebnisse zu überprüfen, die Hinweise auf mögliche Effekte ergeben hatten. Des Weiteren wurden epidemiologische Studien mit verbessertem Versuchsdesign durchgeführt, um deren Aussagekraft zu steigern.

Es wurde auch bedacht, dass Forschungsergebnisse und deren Bewertung im Allgemeinen schwer zu kommunizieren sind. Deswegen wurden im Rahmen eines naturwissenschaftlich ausgelegten Forschungsprogramms auch Projekte zur Verbesserung der Risikokommunikation und zur Vertiefung der Erkenntnisse über die Wahrnehmung von Risiken durchgeführt.

Die Forschungsschwerpunkte des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms lagen auf:

- der Erforschung möglicher Wirkungsmechanismen hochfrequenten Felder (Biologie),
- der Erforschung der Auswirkungen hochfrequenter Felder auf Tiere und den Menschen (Biologie, Epidemiologie),
- der Erfassung der Exposition (Dosimetrie),
- dem besseren Verständnis von Risikowahrnehmung in der Bevölkerung und der Risikokommunikation.

Für die umfassende Bearbeitung und Bewertung der Ergebnisse der Forschungsvorhaben war ein hohes Maß an interdisziplinärer Zusammenarbeit erforderlich. Zur Durchführung sowie Bewertung der Forschungsarbeiten war es wichtig, dass die verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen wie Physik, Technik, Biologie, Epidemiologie und Medizin zusammenarbeiten.

Es wurden deshalb während der laufenden Forschungsarbeiten acht wissenschaftliche Kolloquien mit Forschungsnehmern und national und international ausgewiesenen Expertinnen und Experten aus den Bereichen Physik, Technik, Biologie, Epidemiolo-

gie und Medizin durchgeführt, um die einzelnen Studien in ihrem Design und in Bezug auf die gewählte Methodik mit Wissenschaftlern verschiedener Fachrichtungen zu diskutieren und somit einen ganzheitlichen Forschungsansatz zu realisieren.

Da nur Forschungsarbeiten mit qualitativ hochwertigem Studiendesign und Methoden gewährleisten, dass Forschungsergebnisse eine für alle nachvollziehbare und gültige Aussagekraft besitzen, wurde bei der Vergabe und der Durchführung der Forschungsprojekte auf größtmögliche Qualität geachtet. So waren exakte Angaben zur Anzahl der Probanden, der Versuchstiere bzw. der Zellpräparate bei Zellversuchen, zur verwendeten statistischen Methode und zur Expositionsmethode obligat. Wo immer erforderlich und für die Erreichung des Forschungsziels förderlich, wurde die Zusammenarbeit der jeweils einschlägigen wissenschaftlichen Disziplinen vertraglich fest vereinbart. Des Weiteren waren die Forschungsnehmer aufgefordert, ihre Einzelergebnisse in einem umfassenden Abschlussbericht vorzulegen und in anerkannten wissenschaftlichen Zeitschriften zu publizieren. Aus dem DMF resultierten bis Mitte 2008 insgesamt 60 Fachpublikationen und 50 Beiträge zu Fachveranstaltungen.

Oberstes Prinzip bei der Durchführung des Programms war eine hohe Transparenz bezüglich der geplanten Forschung, der angewandten Verfahren zur Vergabe von Forschungsprojekten, des Verlaufs der einzelnen Studien und deren Bewertung. Deshalb wurde für die interessierte Öffentlichkeit vom BfS das Internetportal des DMF (www.emf-forschungsprogramm.de) eingerichtet, in dem die einzelnen Forschungsprojekte beschrieben sind und über aktuelle Ergebnisse berichtet wurde. Darüber hinaus wurde neben etlichen Präsentationen des DMF auf internationalen und nationalen Workshops und Konferenzen im Jahr 2005 das 3. öffentliche BfS-Fachgespräch zur Diskussion der ersten Forschungsergebnisse unter breiter Beteiligung der Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit durchgeführt. Die Tagungsberichte und Protokolle dieser Veranstaltungen sind auf den Internetseiten des DMF veröffentlicht.

Als weitere flankierende Maßnahme zur Erhöhung der Transparenz des Forschungsprogramms wurde 2004 der Runde Tisch zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm (RTDMF) eingerichtet. Dieser war besetzt mit Vertretern verschiedener Interessensgruppen und der Medien und diente dazu, das BfS im Hinblick auf Transparenz und Kommunikation des Programms, seiner Ziele und Ergebnisse zu unterstützen. Weiterhin war die Aufgabe des RTDMF die Erarbeitung von Konzepten zur Veröffentlichung der Forschungsergebnisse. Mitglieder waren Vertreter:

- der Bundesärztekammer
- des Bundes für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)
- des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag
- der Forschungsgemeinschaft Funk
- des Informationszentrums Mobilfunk

- der Länderarbeitsgruppe „Umweltbezogener Gesundheitsschutz“
- des Länderausschusses für Immissionsschutz
- der Netzbetreiber
- des Themendienstes der deutschen Presseagentur dpa/gms
- der Strahlenschutzkommission (SSK) und der
- Verbraucherzentrale.

Auf Anregung des RTDMF wurden folgende Maßnahmen ergriffen:

- Verstärkung der Präsenz des DMF im Internet,
- Verbesserung der Auffindbarkeit des DMF in Suchmaschinen,
- Durchführung von Journalistenseminaren,
- Verstärkung des Kontakts zu Ärzten,
- Übersichtlichere Gestaltung der DMF-Homepage,
- Bereitstellung von mehr Informationen zum Vergabeverfahren,
- Eine deutlichere Trennung von Fachdiskussion und Kommunikation mit Laien.

Mobilfunkkritische Ärzteinitiativen postulierten wiederholt einen Zusammenhang zwischen Feldern des Mobilfunks und einer Vielzahl von Erkrankungen und legten diesbezüglich dem Bundesumweltministeriums wie dem BfS eine Vielzahl von Befundberichten vor. In einem auf Veranlassung des BMU hierzu geführten Fachgespräch im Jahr 2006 wurden Möglichkeiten und Grenzen im Umgang mit medizinischen Befundberichten erörtert. Teilnehmer waren Umweltmediziner, Vertreter mobilfunkkritischer Ärzteinitiativen, Umweltepidemiologen, Vertreter der Bayerischen Ärztekammer, Forschungsnehmer des DMF, sowie Vertreter des BfS und des Bundesumweltministeriums. Bei den von den Ärzten vorgelegten Befundberichten handelt es sich um eine Sammlung von Selbstbeschreibungen der Betroffenen, die

Fachgespräch: Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm



eine systematische Erfassung und Vollständigkeit vermissen lassen. Die vielfältigen Symptome, Beschwerden und Erkrankungen wurden nicht systematisch und konsequent durch geeignete, medizinisch anerkannte diagnostische Verfahren objektiviert. Eine Abklärung, welche (Vor-)Erkrankungen und sonstigen schädigenden Einflüsse die beschriebenen Symptome und Beschwerden im jeweiligen Einzelfall erklären könnten, fand nicht statt. Es wurden keine verallgemeinerbaren Zusammenhänge zwischen Expositionshöhe und Beschwerden, dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme einer Mobilfunk-Station und dem Auftreten von Beschwerden oder zwischen Mobilfunk-Exposition und Beschwerdebild erkennbar.

So war es nicht möglich, dem postulierten Zusammenhang zwischen Feldern des Mobilfunks und gesundheitlicher Beeinträchtigungen anhand der Fallbeschreibungen auf wissenschaftlicher Basis nachzugehen. Das Protokoll dieses Fachgesprächs ist auf den Internetseiten des DMF unter <http://www.emf-forschungsprogramm.de/veranstaltungen> veröffentlicht.

Zur Bewertung der Ergebnisse des DMF wurden in 5 themenspezifischen Fachgesprächen die Einzelergebnisse der Studien mit Forschungsnehmern und geladenen Fachwissenschaftlern diskutiert:

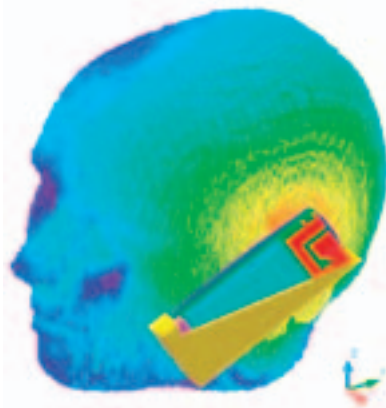
- Dosimetrie im Juli 2006
- Risikokommunikation im Oktober 2006
- Akute gesundheitliche Effekte im Dezember 2006
- Wirkmechanismen im Mai 2007 und
- Langzeitwirkungen im Oktober 2007.

Die Ergebnisse dieser Fachgespräche bildeten die Grundlage für die zum Abschluss des DMF durchgeführte DMF-Abschlusskonferenz im Juni 2008 unter Einbeziehung nationaler und internationaler Expertengruppen und Organisationen (u. a. WHO, ICNIRP, SSK). Ziel dieser Konferenz war die öffentliche Vorstellung der Ergebnisse des DMF. Dabei wurden auch verbleibende wissenschaftliche Lücken diskutiert. Die Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms wurden im Anschluss an diese DMF-Abschlusskonferenz im Rahmen des jährlich stattfindenden Treffens des International Advisory Committee (IAC-Meeting) der WHO in die bevorstehende Risikobewertung der WHO eingebracht.

Der Abschlussbericht des BFS zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) ist auf den Internetseiten des DMF unter <http://www.emf-forschungsprogramm.de/abschlussphase> veröffentlicht.

2 FORSCHUNGSTHEMEN

Im Folgenden werden die Forschungsergebnisse der im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms untersuchten Bereiche Dosimetrie, biologische Wirkmechanismen, akute und chronische Wirkungen sowie Risikokommunikation vorgestellt und die noch offenen Fragen benannt. Zur besseren Einordnung der Ergebnisse wird jeweils kurz auf den vor Beginn des DMF vorhandenen Wissensstand eingegangen. Die ausführliche Beschreibung der Ergebnisse und deren Bewertung können dem Abschlussbericht des BfS zum DMF entnommen werden, der auf den Internetseiten des DMF (<http://www.emf-forschungsprogramm.de>) veröffentlicht ist. Dort sind auch die Abschlussberichte der Projektnehmer zu finden.



Quelle: IMST GmbH

2.1 DOSIMETRIE

WISSENSSTAND VOR BEGINN DES DEUTSCHEN MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMMS

Die Grundlage für ein Verständnis möglicher Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die menschliche Gesundheit und für eine Bewertung der Forschung auf diesem Gebiet ist die bestmögliche Erfassung der Feldintensitäten, denen die Bevölkerung im Alltag ausgesetzt ist. Sowie die Erfassung der dabei tatsächlich in den Körper aufgenommenen Energie (spezifische Absorptionsrate, SAR), also die Erfassung der realen Exposition.

Aufgrund des flächendeckenden Ausbaus der Mobilfunknetze, der Umstellung des terrestrischen Fernsehgrundfunks auf DVB-T sowie der zunehmenden Verbreitung drahtloser Kommunikationstechnologien wurde insgesamt eine Zunahme der Exposition der Bevölkerung erwartet. Die tatsächlich aufgrund der verschiedenen Funkdienste vorkommenden Expositionen der Menschen im Alltag waren zu Beginn des Forschungsprogramms weitgehend unbekannt.

ERGEBNISSE DES DEUTSCHEN MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMMS

Die Forschungsarbeiten zur Dosimetrie hatten daher im Wesentlichen die folgenden drei Ziele:

1. Entwicklung von Mess- und Rechenverfahren zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung,
2. Ermittlung der tatsächlichen alltäglichen Exposition,
3. Lösung dosimetrischer Probleme bei der Exposition der Untersuchungsobjekte in den Laborstudien sowie Klassifizierung der Strahlenbelastung in epidemiologischen Studien.

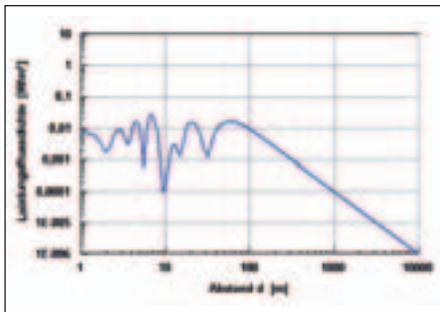
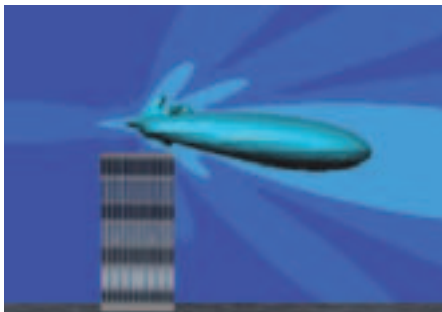
Folgende Ergebnisse wurden erarbeitet:

1. Entwicklung von Mess- und Rechenverfahren zur Ermittlung der Strahlenbelastung der Bevölkerung

Um die tatsächliche Exposition der Bevölkerung zu erfassen, wurden im Rahmen des DMF Mess- und Berechnungsverfahren erarbeitet. Die konsequente Anwendung dieser Verfahren ermöglicht in Zukunft ein weiter vereinheitlichtes Vorgehen bei der Expositionsbestimmung und somit die Erhebung verlässlicher und gut untereinander vergleichbarer Expositionsdaten. Dies ist besonders auch im Hinblick auf die Durchführung und Bewertung wissenschaftlicher Studien wichtig, da nur auf diese Weise ein hohes Maß an Qualität der Expositionsbestimmung sicher gestellt werden kann.

2. Ermittlung der tatsächlichen alltäglichen Exposition der Bevölkerung

Die Untersuchung der real vorkommenden Expositionen ausgehend von ortsfesten Sendeanlagen der Mobilfunkstandards GSM und UMTS sowie von anderen neuen Technologien wie z. B. DVB-T, WLAN, DECT oder Bluetooth hat ergeben, dass die Exposition eine große zeitliche und räumliche Variabilität aufweisen. Die oft geforderte Einrichtung eines flächendeckenden Immissionskatasters wird u. a. aufgrund dieser hohen Streubreite aus Sicht des BfS nicht befürwortet.



Ausbreitung elektromagnetischer Wellen
Quelle: Bornkessel, IMST GmbH

Zur Klärung der Frage, welchen Expositionen die Nutzerinnen und Nutzer drahtloser Telekommunikationstechnologien ausgesetzt sind, wurden folgende Ergebnisse erarbeitet: Mobiltelefone im bisherigen GSM-Netz erreichen je nach Netzversorgung den maximalen Sendeleistungspegel während 5 % bis 30 % der Gesprächsdauer. Da die maximalen Sendeleistungspegel von Mobiltelefonen, die in der üblichen Telefonierhaltung am Kopf bzw. am Ohr des Benutzers betrieben werden, Werte der Spezifischen Absorptionsrate (SAR-Werte; Einheit: W/kg) als Maß für die Aufnahme von hochfrequenten Feldern in biologisches Gewebe in einer relevanten Größe bezogen auf die empfohlenen Personenschutzgrenzwerte bewirken können, sind bei einem Handytelefonat grenzwertnahe Expositionen möglich. Im Vergleich zu Handys, die in einem GSM-Netz betrieben wurden, konnte bei UMTS Handys gezeigt werden, dass aufgrund der niedrigeren Sendeleistungspegel und aufgrund der effektiveren automatischen Sendeleistungsregelung deutlich geringere Energieeinträge erzeugt werden. Die fühlbare Erwärmung am Ohr bzw. Kopf während eines Gesprächs mit einem Mobiltelefon ist nach Erkenntnissen aus den DMF-Studien primär auf die Erwärmung des Geräteakkus sowie auf eine durch den Gegenstand „Handy“ blockierte Körperwärmeabgabe und nicht auf die ins Gewebe eingetragene Leistung der hochfrequenten Felder zurückzuführen.

Mittels Strahlungsmessungen und numerischer Simulationsrechnungen konnte im Rahmen des DMF gezeigt werden, dass entgegen den bestehenden/geäußerten Befürchtungen von drastischen Expositionserhöhungen bis hin zur Grenzwertüberschreitung bei gleichzeitigem Betrieb einer großen Anzahl von Mobiltelefonen auf engem Raum, z. B. in öffentlichen Verkehrsmitteln, eine Überschreitung der Grenzwerte ausgeschlossen ist.

In Bezug auf die Einführung des digitalen Fernsehens (DVB-T) konnte gezeigt werden, dass die Einführung des neuen Übertragungsstandards in den beiden Untersuchungsgebieten um München und Nürnberg mit einer deutlichen Expositionserhöhung verbunden war. Insgesamt blieben die ermittelten Expositionen rund um die untersuchten ortsfesten Sendeanlagen des terrestrischen Fernseh- und Tonrundfunks ebenso wie die der Mobilfunknetze aber deutlich unterhalb der Grenzwerte.

Geräte, die vornehmlich zur drahtlosen Übertragung von Sprache und Daten in Haushalt und Büro genutzt werden (z. B. WLAN, USB-Sticks mit Bluetooth), erzeugen auch unter ungünstigen Bedingungen, also bei maximaler Sendeleistung und bei gleichzeitiger Nutzung mehrerer Geräte, ver-



gleichsweise geringe Expositionen. Eine Überschreitung von Expositionsgrenzwerten ist auch bei einem Betrieb derartiger Geräte mit Kontakt zum Körper unwahrscheinlich.

3. Lösung dosimetrischer Probleme bei der Exposition von Untersuchungsobjekten in den Laborstudien und der Klassifizierung der Exposition in epidemiologischen Studien.

Bei epidemiologischen Untersuchungen zu Feldern von Basisstationen wurden bis dato die Feldintensitäten nur sehr grob abgeschätzt. Es war das Ziel von Vorhaben im DMF, hier eine bessere Methode zur Expositionsbestimmung zu erarbeiten. Es wurden Rechenverfahren entwickelt und bei epidemiologischen Studien eingesetzt, die eine Unterscheidung von höher oder niedriger exponierten Personen ermöglichen. Eine noch genauere Differenzierung erscheint derzeit nicht möglich und Fehlklassifizierungen sind auch beim Einsatz dieser Verfahren nicht völlig ausgeschlossen. Die im Laufe des DMF auf den Markt gekommenen Personendosimeter sind diesbezüglich als Fortschritt zu bewerten.

Bei zell- und tierexperimentellen Studien zu hochfrequenten elektromagnetischen Feldern besteht das Problem, dass elektromagnetische Felder in lebenden Organismen messtechnisch praktisch nicht erfasst werden können. Genügend genaue Computermodelle für numerische Berechnungen standen zu Beginn des DMF nicht zur Verfügung. Studien mussten aufgrund dieses Mangels in der Vergangenheit als nicht aussagekräftig eingestuft werden.

Im Rahmen des DMF wurden deshalb anatomische, hoch aufgelöste Körpermodelle von Versuchstieren erarbeitet, die einen Beitrag zur Verbesserung der Möglichkeit der Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Tierversuchen auf den Mensch darstellen. Bereits existierende Modelle für den Menschen wurden im Rahmen der Studien des DMF mit Fokus auf besonders empfindliche oder exponierte Organe wie die Pinealdrüse, die das Hormon Melatonin in Abhängigkeit vom Tag-Nacht-Rhythmus produziert, das Auge oder das Innenohr verfeinert. Zur Verbesserung der Expositionsbestimmung bei Kindern wurde ein anatomisches Kinder-Kopfmodell entwickelt. Dies lässt im Gegensatz zu dem bisher auf Kindeskopfgroße verkleinerten Erwachsenen-Kopf-Modell des so genannten „visible man“ eine realitätsnahe Bestimmung des Energieeintrags in den Kopf von Kindern zu. Des Weiteren wurden Modelle zur Erfassung der Exposition auf zellulärer Ebene (Mikrodosimetrie) entwickelt und bei einem Forschungsprojekt zur Demodulation von gepulsten hochfrequenten Feldern an Zellmembranen angewandt.

VERBLEIBENDE OFFENE FRAGEN

Offen bleibt die Frage nach einer möglichen Temperaturerhöhung bei beruflich exponierten Personen am Arbeitsplatz mit starken Feldquellen bei Expositionen in Höhe

der aktuellen Basiswerte. Weiterhin sind Fragen der Gesamtexposition in komplizierten Szenarien mit mehreren unterschiedlichen Feldquellen nicht abschließend beantwortet. Bezüglich der Exposition der allgemeinen Bevölkerung bleiben Fragen hinsichtlich maximaler und typischer Expositionen durch neue Technologien grundsätzlich bestehen, da erst nach Einführung einer solchen Technologie die real vorkommenden Expositionen gemessen werden können.

2.2 WIRKMECHANISMEN

WISSENSSTAND VOR BEGINN DES DEUTSCHEN MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMMS

Aus nicht reproduzierten Studien lagen einzelne Hinweise vor, dass bei Feldintensitäten unterhalb der Grenzwerte durch hochfrequente elektromagnetische Felder

- Schäden des Erbguts (DNS),
- Veränderungen der Umsetzung der genetischen Information in Zellproteine (Genexpression),
- Veränderungen im Zellstoffwechsel, der Zellfunktionen und der Stressreaktion in Zellen und
- Entstehung von für Zellen schädliche reaktive Sauerstoffspezies (ROS) entstehen können.

Des Weiteren wurde die Hypothese formuliert, dass das Hormon Melatonin bei Einwirken der hochfrequenten Felder in geringerem Maße gebildet werden würde. Dies könnte wiederum einen begünstigenden Einfluss auf die Brustkrebsentstehung nach sich ziehen, bei der Melatonin eine Rolle zu spielen scheint. Es wurden Einflüsse auf das Hörsystem postuliert, da das Ohr das bei der Handynutzung am höchsten exponierte Organ ist. Hochfrequente Felder wurden auch als Auslöser für Tinnitus diskutiert. Es wurden Einflüsse auf das Auge und das gesamte visuelle System zu Bedenken gegeben. Weiterhin wurde die Hypothese aufgestellt, dass die im GSM-Standard durch das Zeitschlitzverfahren hervorgerufene zusätzliche Frequenz von 217 Hz spezifische Wirkungen im menschlichen Organismus hervorrufen könne (Demodulation).

ERGEBNISSE DES DEUTSCHEN MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMMS

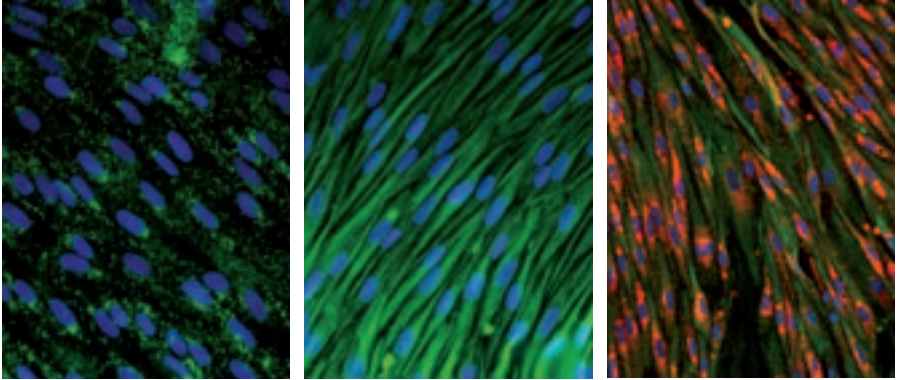
Die Forschungsarbeiten zu Wirkmechanismen hatten im Wesentlichen fünf Ziele:

1. Klärung von Hinweisen auf biologische Effekte hochfrequenter Felder auf Zellebene,
2. Klärung der möglichen Wirkung hochfrequenter Felder auf das Erbgut (DNS) und die Genexpression,
3. Klärung der möglichen Wirkung hochfrequenter Felder auf die Neurophysiologie des visuellen und des Hörsystems,
4. Überprüfung der „Melatonin-Hypothese“ und

5. Überprüfung der Hypothese bezüglich einer Demodulation von hochfrequenten Feldern.

1. Wirkmechanismen Zelle und Zellbestandteile

In Versuchen an Zellen die für das Immunsystem von Bedeutung sind, wurde kein Feldeinfluss auf das Überleben und die Vermehrungsfähigkeit der Zellen festgestellt. Ebenso blieben der Zellzyklus, die Induktion von Stressproteinen und die Konzentration von reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) unbeeinflusst.



Zellkultur (Kapillarendothel aus Gehirnkapillaren der Ratte - Modell der Blut-Hirn-Schranke
Quelle: Franke, Klinik und Poliklinik für Neurologie, Münster

2. Wirkmechanismen DNS und Genexpression

Bezüglich des Einflusses auf die Genexpression ergab eine DMF-Studie an einem Zellkulturmodell zur Blut-Hirn-Schranke, dass mehrere potentiell relevante Gene signifikant in ihrer Expression verändert waren. Die beobachteten Veränderungen können jedoch nicht als Hinweis auf eine Funktionsbeeinträchtigung der Blut-Hirn-Schranke gewertet werden, da entsprechende Studien zur Funktion der Blut-Hirn-Schranke keine Effekte zeigten. Eine weitere Abklärung der Ergebnisse – ggf. im Rahmen der Grundlagenforschung – wird jedoch empfohlen.

Studien zu genotoxischen, direkt die DNS schädigenden Effekten und zur differentiellen Genexpression, d.h. die Umsetzung der DNA-Information in Zellproteine in Abhängigkeit von der Reaktion der Zelle auf äußere oder innere Einflüsse, sind derzeit noch nicht abgeschlossen. Die Ergebnisse werden zu gegebener Zeit zusammen mit einer Bewertung durch das BfS auf den Internetseiten des DMF (<http://www.emf-forschungsprogramm.de>) veröffentlicht.

3. Wirkmechanismen Auge und Ohr

Um mögliche Wirkmechanismen hochfrequenter Felder auf das visuelle und das Hörsystem zu untersuchen, wurden neurophysiologische Studien durchgeführt. Es zeigte

sich kein Einfluss von GSM- und UMTS-Signalen auf das neuronale Netzwerk der Netzhaut des Auges und auf die Aktivität von Hörsinneszellen.

4. „Melatonin-Hypothese“

Die Hypothese, dass sich bei Exposition durch hochfrequente Felder die Melatoninsynthese verringert, konnte durch die im Rahmen des DMF durchgeführten Studien nicht bestätigt werden. Bei Exposition durch Feldintensitäten unterhalb der bestehenden Grenzwerte zeigte sich weder bei in vitro noch bei in vivo - Studien ein Einfluss auf den Melatoninspiegel. Somit wird die Melatonin-Hypothese nicht gestützt.

5. Hypothese „Demodulation hochfrequenter Felder“

Bei in Bezug auf die Hypothese der Demodulation von hochfrequenten Feldern vorgenommenen Modellberechnungen zur Mikrodosimetrie im subzellulären Bereich zeigte sich, dass die durch diese Felder hervorgerufene Energieabsorption in der Zellmembran von deren geschichteter Struktur und richtungsabhängigen Eigenschaften abhängt. Der resultierende Temperaturanstieg in der Zellmembran ist jedoch sehr gering und lässt keine Rückschlüsse auf gesundheitliche Risiken zu. Weitere Experimente an neuronalen Netzwerken haben gezeigt, dass die neuronale Aktivität langsamen Schwankungen der Feldstärke, die von Temperaturunterschieden von einigen Zehnteln Grad Celsius begleitet werden, folgen kann. Hinweise auf eine nicht-thermisch bedingte Demodulation wurden aber nicht gefunden.



Ohr und Auge

VERBLEIBENDE OFFENE FRAGEN

Soweit die Studien zu Wirkmechanismen hochfrequenter elektromagnetischer Felder des DMF abgeschlossen sind, gibt es aus Sicht des BfS derzeit keine Hinweise auf neue Ansatzpunkte bzw. weiteren Forschungsbedarf zu möglichen Wirkmechanismen. Die Arbeiten zur DNS-Schädigung und zur differentiellen Genexpression sind zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen. Hierüber wird gesondert berichtet.

2.3 AKUTE WIRKUNGEN

WISSENSSTAND VOR BEGINN DES DEUTSCHEN MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMMS

Es existieren zahlreiche Erfahrungsberichte betroffener Personen und ärztliche Fallberichte über akute, zum Teil massive gesundheitliche Beschwerden, die von den Betroffenen selbst in Zusammenhang mit hochfrequenten Feldern gebracht wurden. Als Quellen für die Beschwerden wurden überwiegend Mobilfunk-Basisstationen, aber auch Handys und DECT-Telefone genannt. Eine besondere Gruppe stellen elektrosensible Personen dar, die sich selbst als besonders empfindlich gegenüber nieder- und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern beschreiben. Einen Versuch zur Objektivierung des Phänomens der „Elektrosensibilität“ gab es nicht.

Experimentelle Studien zeigten überwiegend keinen Zusammenhang zwischen hochfrequenten Feldern und akuten Effekten wie Schlafstörungen, Konzentrationsschwierigkeiten, Verhaltensänderungen oder Auftreten von körperlichen Beschwerden und Krankheitsbildern. Es lagen aber vereinzelt Hinweise auf einen Einfluss der Felder auf den Schlaf (Schlaf fördernde Wirkung) und auf die Kognition - mentale Prozesse des Denkens, Erinnerns, Lernens und Urteilens - vor. Verhaltenstests hatten widersprüchliche Ergebnisse geliefert. Aus vereinzelt epidemiologischen Studien bezüglich akuter Effekte hochfrequenter Felder lagen zu Beginn des DMF wenig belastbare und z. T. widersprüchliche Ergebnisse vor.

ERGEBNISSE DES DEUTSCHEN MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMMS

Die Forschungsarbeiten zu akuten Wirkungen hatten im Wesentlichen drei Ziele:

1. Klärung eines möglichen Einflusses hochfrequenter Felder auf Kognition und Schlaf,
2. Klärung eines möglichen Zusammenhangs zwischen hochfrequenten Feldern und gesundheitlichen Beeinträchtigungen sowie die
3. Objektivierung des Phänomens „Elektrosensibilität“

1. Kognition und Schlaf

Untersuchungen der geistigen Leistungsfähigkeit ergaben einen signifikanten Einfluss der Tageszeit auf Wachsamkeit und Reaktionsfähigkeit, während die vereinzelt beobachteten Veränderungen unter GSM- und UMTS-Exposition aus statistischen Gründen als zufällig gewertet werden müssen. Die während der Tests aufgezeichneten Wach-EEGs zeigten ebenfalls einen deutlichen Einfluss der Tageszeit auf die verschiedenen Parameter, während die vereinzelt Veränderungen in Abhängigkeit von der Exposition ebenfalls Zufallsbefunde sind. Insgesamt gibt diese Studie keine Hinweise auf einen gesundheitlich relevanten Einfluss der GSM- und UMTS-Felder auf die kognitive Leistungsfähigkeit.

Um eine mögliche Veränderung des Schlafs unter Einwirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder zu untersuchen, wurden eine Laborstudie und zwei Feldstudien

durchgeführt. In der Laborstudie wurde das Schlaf-EEG bei Befeldung mit GSM-900- oder UMTS-Feldern aufgezeichnet. Die Ergebnisse zeigten einige wenige signifikant veränderte Parameter im Bereich des Leichtschlafs. Da der Tiefschlaf sowie die Gesamtschlafdauer unverändert blieben, können die beobachteten Effekte als eine geringfügige physiologische Reaktion bewertet werden, aber nicht als Schlaf störend. Ein Großteil der beobachteten Effekte kann wegen der großen Menge an durchgeführten statistischen Tests auch zufällig aufgetreten sein.



Proband mit Verkabelung für Aufzeichnung des Schlaf-EEGs

Quelle: Danker, Hopfe,
Charité-Universitätsmedizin Berlin

In einer doppelblinden Feldstudie (weder Versuchsperson noch der Leiter des Experiments wussten, ob eine Befeldung stattfindet oder nicht) wurden Versuchspersonen in ihrer häuslichen Umgebung den Feldern einer mobilen Mobilfunksendeanlage ausgesetzt. Es konnte kein Einfluss der Felder auf den Schlaf festgestellt werden. Psychologische Faktoren, wie z. B. eine Besorgnis wegen des Senders, führten aber zu einer signifikant schlechteren Schlafqualität, auch wenn die Anlage nicht in Betrieb war.

In einer zweiten Feldstudie wurde die Schlafqualität elektrosensibler Personen unter häuslichen Bedingungen untersucht. Bei Vermessung der Exposition in den Schlafzimmern der Probanden konnten keine atypisch hohen elektromagnetischen Felder festgestellt werden, wie von den Probanden vermutet worden war. Die Abschirmung der elektromagnetischen Felder erbrachte keine Verbesserung der Schlafqualität und auch keine signifikanten Veränderungen der Schlafparameter. Bei einigen elektrosensiblen Personen zeigte sich eine subjektive Verbesserung der Schlafqualität, wenn sie

glaubten, unter Abschirmung zu schlafen. Die objektiven physiologischen Schlafparameter waren nicht verändert (Placebo Effekt).

2. Gesundheitliche Beeinträchtigungen

Es wurde eine epidemiologische Studie zur Untersuchung eines Zusammenhangs zwischen der Exposition durch hochfrequente Felder von Mobilfunkbasisstationen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen durchgeführt. Anhand einer groben Expositionsabschätzung wurde ermittelt, dass im Jahr 2004 47 % der Privathaushalte in Deutschland keine Basisstation im Umkreis von 500 m hatten und damit praktisch keiner Exposition gegenüber Feldern von Mobilfunkbasisstationen ausgesetzt waren. Die 53 % der Privathaushalte, die im 500 m Umkreis einer Basisstation lagen, wiesen Expositionswerte weit unter den Grenzwerten auf. Bei einem Teil der Versuchspersonen wurde mit Hilfe von Personendosimetern die Exposition durch Felder von Basisstationen im Schlafzimmer gemessen. Es wurde kein Zusammenhang zwischen der gemessenen Gesamtfeldstärke (HF-Felder der Basisstationen) und den fünf untersuchten gesundheitlichen Beeinträchtigungen (Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Beschwerden allgemein, psychische und physische Lebensqualität) beobachtet.

Eine zweite epidemiologische Untersuchung bezüglich akuter Gesundheitseffekte durch Mobilfunk bei Kindern und Jugendlichen ist noch nicht abgeschlossen. Der Abschlussbericht dieser Studie zusammen mit einer Bewertung des BfS wird auf den Internetseiten des DMF (<http://www.emf-forschungsprogramm.de>) veröffentlicht.

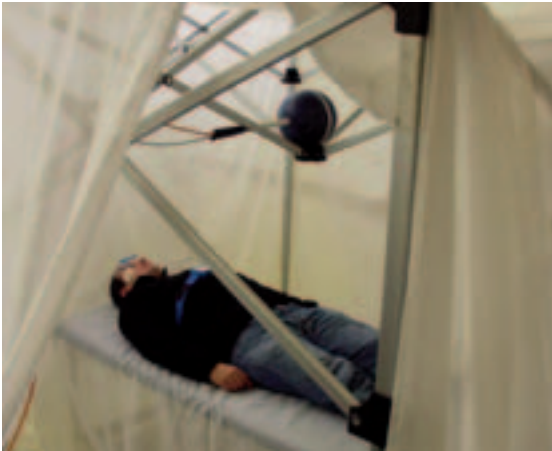
3. Objektivierung „Elektrosensibilität“

Mit Hilfe einer speziellen Untersuchungsmethode, der so genannten transkraniellen Magnetstimulation (TMS), bei der mittels starker Magnetfelder Bereiche des Gehirns sowohl stimuliert als auch gehemmt werden können, konnte gezeigt werden, dass elektrosensible Personen schlechter als die Kontrollpersonen zwischen tatsächlicher und Schein-Exposition unterscheiden können. Sie glaubten oft auch bei Scheinimpulsen einen Impuls wahrzunehmen. Einige Elektrosensible reagierten mit Beschwerden auf ein real nicht existierendes "Handysignal", dem sie während der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRI) ausgesetzt wurden oder gaben zumindest an, das Feld „spüren“ zu können.

Der von den Betroffenen vermutete Zusammenhang zwischen einer Exposition mit elektromagnetischen Feldern und ihren Beschwerden wurde im Rahmen des deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms nicht bestätigt.

Weitere umfangreiche Untersuchungen an elektrosensiblen Personen mit Hilfe von Fragebögen und anhand medizinisch/biologischer Parameter ergaben, dass die Elektrosensiblen eine sehr heterogene Gruppe darstellen. Die bei Elektrosensiblen und Kontrollpersonen gemessenen Laborparameter ergaben nur geringe nicht gesund-

heitlich relevante Unterschiede. Die von den Betroffenen oft behauptete stärkere Belastung mit Allergien und Chemikalien bzw. eine besondere Empfindlichkeit gegenüber Chemikalien ließ sich nicht bestätigen. Auffallend war aber das signifikant deutlich erhöhte Vorkommen somatoformer Störungen (gesundheitliche Beschwerden, für die keine oder keine adäquate körperliche Ursache gefunden wird) bei den elektrosensiblen Personen im Vergleich zu den Kontrollpersonen.



Eine Versuchsperson mit Elektroden zur Registrierung des Schlaf-EEGs auf dem Kopf unter einem Baldachin der hochfrequente elektromagnetische Felder abschirmt und dadurch die Schlafqualität verbessern soll. Diese Hypothese hat sich in einer Untersuchung an elektrosensiblen Personen nicht bestätigt.

Quelle: N. Leitgeb,
Technische Universität Graz

VERBLEIBENDE OFFENE FRAGEN

Der Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit wurde bisher nur an jungen, gesunden Probanden untersucht. Vergleichbare Laborstudien an möglicherweise empfindlicheren Personengruppen wie ältere Personen bzw. Personen, die unter Schlafstörungen leiden, und Kindern fehlen. Eine epidemiologische Untersuchung bezüglich akuter Gesundheitseffekte durch Mobilfunk speziell bei Kindern ist noch nicht abgeschlossen.

2.4 CHRONISCHE WIRKUNGEN

WISSENSSTAND VOR BEGINN DES DEUTSCHEN MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMMS

Es stellte sich die Frage, welche gesundheitlichen Risiken bei einer Nutzung von Telekommunikationstechnologien über einen langen Zeitraum auftreten können.

Aus in vivo - und in vitro - Studien lagen Hinweise vor, dass im Falle einer chronischen Exposition durch hochfrequente elektromagnetische Felder die Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke erhöht werden könne. Des Weiteren hatten

tierexperimentelle Untersuchungen den Hinweis gegeben, dass bei chronischer Expo-

sition die Anzahl der Neuerkrankungen an Tumoren des Lymphgewebes (Lymphome) erhöht sein könne.

Aus nicht reproduzierten tierexperimentellen Studien lagen Hinweise darauf vor, dass hochfrequente elektromagnetische Felder Lernen und Kognition negativ beeinflussen könnten. Weiterhin mangelte es an tierexperimentellen Langzeitstudien über mehr als eine Generation hinweg, vor allem zum Mobilfunkstandard UMTS, dessen Signalcharakteristik sich von der GSM-Signalcharakteristik wesentlich unterscheidet. Auch einen Einfluss auf das Hörsystem könnte man sich bei einer langen Exposition durch hochfrequente Felder vorstellen. In Ermangelung einer Erklärung zur Entstehung des Tinnitus wurde die Hypothese aufgestellt, dass der chronische Einfluss hochfrequenter Felder eine Ursache für die Entstehung dieses Phänomens sein könne.

Aus epidemiologischen Studien zu beruflich hoch exponierten Gruppen lagen vereinzelt Hinweise auf ein erhöhtes Risiko für Krebserkrankungen wie z. B. Hirntumoren, Leukämien, Brustkrebs, Hodenkrebs und das Augenmelanom vor. Diese Studien lieferten zudem erste Hinweise für einen möglichen Zusammenhang hochfrequenter Felder mit Herzkreislaufkrankungen, schädigenden Wirkungen auf die Reproduktion und mit der Entstehung von Katarakten (Trübung der Augenlinse). Bei Expositionen der Bevölkerung durch die Felder von Sendeeinrichtungen gab es Hinweise auf ein erhöhtes Risiko für kindliche Leukämie in der Nähe von starken Radio- und Fernsehsendern. Epidemiologische Studien zur Nutzung von Mobiltelefonen konzentrierten sich hauptsächlich auf die Untersuchung des Erkrankungsrisikos in Bezug auf Hirntumore, das Akustikusneurinom (Hörnerv) oder Augentumore. Es lagen Hinweise vor, dass hochfrequente elektromagnetische Felder das Risiko erhöhen können, an einem Uvealmelanom (seltener Augentumor) oder an Hirntumoren zu erkranken. Die Befunde der einzelnen epidemiologischen Studien zu beruflichen oder umweltrelevanten Expositionen sowie Mobiltelefonnutzung waren insgesamt aber sehr widersprüchlich und aufgrund von methodischen Schwächen der einzelnen Studien wenig belastbar.

Generell bestand die Besorgnis, dass Kinder besonders empfindlich gegenüber negativen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder sein könnten. Epidemiologische Studien zu Langzeiteffekten durch Mobilfunk bei Kindern fehlten völlig.

ERGEBNISSE DES DEUTSCHEN MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMMS

Die Fragestellungen und Forschungsarbeiten zu chronischen Wirkungen hatten im wesentlichen fünf Schwerpunkte:

1. Blut-Hirn-Schranke (BHS);
2. Tinnitus;
3. Einfluss auf Immunsystem, Nervenzellen, Stressantwort, Lernen und Kognition;
4. Einfluss auf Krebserkrankungen;
5. Altersabhängige Wirkungen.

Auf tierexperimentelle Studien über mehrere Generationen wurde im DMF großen Wert gelegt, weil diese Studien vorgeburtliche Entwicklungsstadien erfassen können, die unter Umständen für schädliche Einflüsse empfindlicher sein könnten.

1. Blut-Hirn-Schranke

Durch die Studien des DMF wird die Hypothese einer Schädigung der Blut-Hirn-Schranke durch hochfrequente elektromagnetische Felder unterhalb der Grenzwerte nicht gestützt. Dies gilt sowohl für eine chronische Ganzkörperexposition, die auch vorgeburtliche Entwicklungsstadien bei Tieren umfasste, als auch für eine lokale akute Exposition am Kopf.

2. Tinnitus

In einem etablierten und validierten Tiermodell für Tinnitus wurde ein möglicher Einfluss einer chronischen Exposition durch hochfrequente Felder auf die Entstehung des Tinnitus untersucht. Weder unterhalb noch oberhalb des Teilkörpergrenzwertes von 2 W/kg und weder in Verhaltenstests noch auf molekularer Ebene wurden Hinweise auf die Induktion von Tinnitus gefunden



Versuchsratte während einer Untersuchung zum Einfluss elektromagnetischer Felder auf die Entstehung von Tinnitus. In der grünen „Jacke“ ist eine ringförmige Antenne eingenäht, die eine lokale Exposition des Ohrbereichs mit hochfrequenten Feldern (GSM, bis zu 20/Wkg) ermöglicht. Die Antenne wird durch ein bewegliches Kabel (oben) gespeist.

Quelle: Knipper, Hörforschungszentrum Tübingen

3. Einfluss auf Immunsystem, Nervenzellen, Stressantwort, Lernen und Kognition

In keiner der über drei und vier Generationen hinweg durchgeführten tierexperimentellen Studien fanden sich bei ununterbrochener Exposition mit Mobilfunkfeldern Hinweise auf eine negative Beeinflussung des Immunsystems, von sehr empfindlichen Nervenzellen (CA1-Neuronen), sowie der Stressantwort. Ebenso konnten keine Hinweise auf eine negative Beeinflussung von Lernen und Kognition gefunden werden.

4. Einfluss auf Krebserkrankungen

In tierexperimentellen Untersuchungen zeigte sich bei Langzeitexposition mit GSM 900 oder UMTS kein Einfluss auf die Entwicklung von Lymphomen (Tumore des Lymphgewebes).

In epidemiologischen Untersuchungen konnte für Nutzer und Nutzerinnen von Mobiltelefonen kein erhöhtes Risiko festgestellt werden, an einem Hirntumor (Gliom, Meningeom, Akustikusneurinom) oder einem speziellen Augentumor, dem Uvealmelanom, zu erkranken. Dies gilt zumindest bis zu einer Nutzungsdauer von zehn Jahren. Für Aussagen über einen längeren Zeitraum liegen derzeit zu wenig erfassbare Daten vor, als dass verlässliche Aussagen getroffen werden können. Weder die Nutzung von schnurlosen Telefonen noch das Vorhandensein einer DECT-Basisstation nahe am Bett zeigte ein erhöhtes Risiko für Hirntumore. Interessant war auch die Frage nach einem möglichen Zusammenhang von chronischer Exposition durch leistungsstarke Radio- und Fernsehsender und kindlicher Leukämie. Die hierzu durchgeführte epidemiologische Studie lieferte keine Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen abgeschätzter Feldstärke und Erkrankungsrisiko.

5. Altersabhängige Wirkungen

Kindern und Jugendlichen muss besondere Fürsorge gelten, da sich ihr Organismus noch in der Entwicklung befindet und mögliche Schäden ggf. in einer frühen Entwicklungsphase gesetzt würden. Dieser Frage wurde im Rahmen des DMF mittels tierexperimenteller Langzeitstudien nachgegangen. Hier erfolgte die Exposition sämtlicher Entwicklungsphasen ab der Empfängnis über mehrere Generationen hinweg. Es zeigte sich hier bei chronischer Ganzkörperexposition kein schädigender Einfluss auf Fortpflanzung und Entwicklung.

Die im Rahmen des DMF durchgeführte Fall-Kontrollstudie um starke Radio- und Fernsehsender zeigte keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen geschätzter Feldstärke und einem Risiko für Kinderleukämie.

VERBLEIBENDE OFFENE FRAGEN

Angesichts langer Latenzzeiten v. a. von Krebserkrankungen und der vergleichsweise kurzen Zeit der verbreiteten Nutzung der Mobilfunktechnik gibt es für Langzeitwirkungen über mehr als zehn Jahre weiteren Forschungsbedarf, der sich aufgrund kleiner Fallzahlen auf nationaler Ebene nicht statistisch belastbar abarbeiten lässt. Es wird erwartet, dass die internationale INTERPHONE-Studie, die derzeit Daten aus 13 Länderstudien incl. Deutschland auswertet, hierzu richtungsweisende Aussagen liefern wird.

Auch die Frage, ob Kinder stärker exponiert oder empfindlicher gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Felder sein könnten als Erwachsene, konnte im Rahmen des DMF nicht abschließend geklärt werden.

2.5 RISIKOKOMMUNIKATION

WISSENSSTAND VOR BEGINN DES DEUTSCHEN MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMMS

Zu Beginn des DMF gab es wenige bundesweite Untersuchungen über die allgemeine Risikowahrnehmung in der Gesellschaft. Mobilfunk als möglicherweise gesundheits-schädlicher Einflussfaktor war insbesondere in der Presseberichterstattung seit etwa dem Jahr 2000 immer stärker in den Mittelpunkt der öffentlichen Aufmerksamkeit gerückt. Eine systematische Analyse der gesellschaftlichen Wahrnehmung der Mobilfunk-Thematik gab es jedoch nicht.

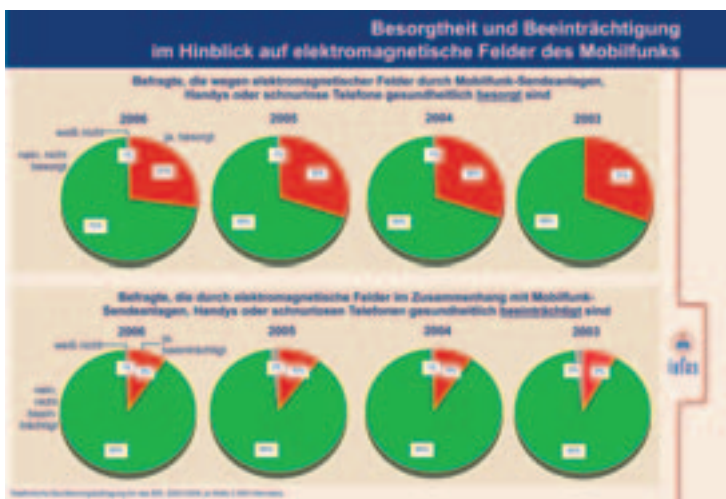
ERGEBNISSE DES DEUTSCHEN MOBILFUNK FORSCHUNGSPROGRAMMS

Die Untersuchungen im Rahmen des DMF dienten dazu herauszufinden

1. wie stark die gesellschaftliche Besorgnis, gesundheitliche Beeinträchtigung und Wahrnehmung des Themas Mobilfunk insgesamt ist und welche Veränderungen über die Zeit hinweg beobachtet werden;
2. wie sich die Risikowahrnehmung in speziellen Untergruppen gestaltet;
3. wie die Kommunikation auf örtlicher Ebene im Zusammenhang mit der Standortwahl z. B. von Mobilfunk-Basisstationen verbessert werden kann.

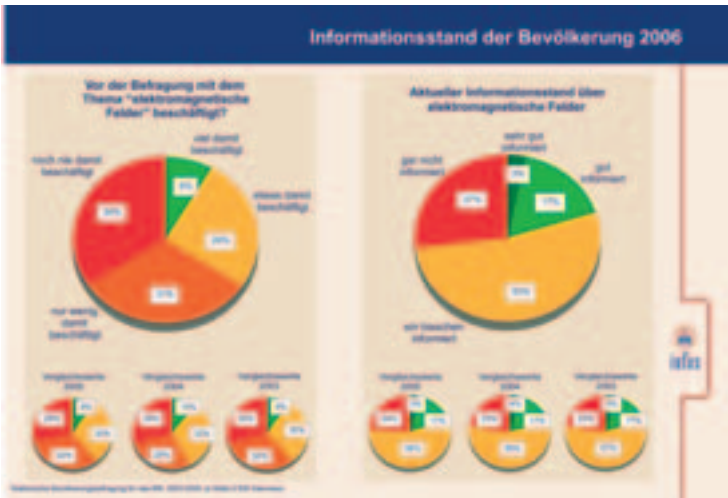
1. Gesellschaftliche Besorgnis, Beeinträchtigung und Wahrnehmung

Auf der Basis jährlich durchgeführter repräsentativer Umfragen konnte gezeigt werden, dass das Ausmaß der öffentlichen Besorgnis und der empfundenen gesundheitlichen Beeinträchtigung durch Mobilfunk über einen Zeitraum von 2003 bis 2006 hinweg sehr stabil war.



Besorgtheit der Bevölkerung
Quelle: J. Belz, Infas

Eine deutliche Stabilität ist auch in der vergleichenden Risikowahrnehmung verschiedener Gesundheitsrisiken zu erkennen. So werden z. B. die gesundheitlichen Risiken durch Luftverschmutzung, UV-Strahlung oder gentechnisch veränderten Lebensmitteln höher eingeschätzt als durch elektromagnetischer Felder. Mobilfunkseanlagen genießen insgesamt entgegen der realen Expositionsverhältnisse mehr Aufmerksamkeit als Handys, nicht zuletzt aufgrund der mangelnden Kontrollierbarkeit bzw. der Unfreiwilligkeit der Exposition. Obwohl in bestimmten Bevölkerungsgruppen die Sorge bezüglich elektromagnetischer Felder und die wahrgenommene Beeinträchtigung hoch ist, zeigt sich, dass Beeinträchtigungen durch elektromagnetische Felder für den überwiegenden Teil der Bevölkerung keine oder nur eine geringe Rolle spielen. Dementsprechend ist die Aufmerksamkeit bzw. das Informationsbedürfnis und die Bereitschaft, sich mit Informationen zu dem Thema auseinander zu setzen, beim Großteil der Bevölkerung recht gering.



Informationsstand der Bevölkerung 2006
Quelle: J. Belz, Infas

2. Risikowahrnehmung in speziellen Untergruppen

Mit Hilfe einer Zielgruppenanalyse konnten fünf potentielle Zielgruppen identifiziert werden:

- Zielgruppe 1: Sorglose interessierte Vielnutzer/-innen
- Zielgruppe 2: Besorgte informationsbedürftige Nutzer/-innen
- Zielgruppe 3: Sorglose überforderte Wenignutzer/-innen
- Zielgruppe 4: Sorglose desinteressierte Vielnutzer/-innen
- Zielgruppe 5: Mäßig besorgte Wenignutzer/-innen.

Sie unterscheiden sich im Grad der Besorgnis und hinsichtlich ihres Informationsbedürfnisses. Grundsätzlich wird anhand der Untersuchungsergebnisse deutlich, dass Informationsmaßnahmen nicht an der Quantität sondern an der Qualität ansetzen müssen, um Informationen für spezifische Zielgruppen zugänglich, verständlich und glaubwürdig zu gestalten. Entscheidungen über die jeweils wichtigen Zielgruppen müssen bewusst getroffen werden. Bei der Erstellung von Informationsmaterialien muss den spezifischen und unterschiedlich motivierten Informationsbedürfnissen der unterschiedlichen Gruppen in differenzierterer Form entsprochen werden. Dies betrifft sowohl den Inhalt als auch die Ausgestaltung und das Medium zur Vermittlung der Informationen.

3. Kommunikation auf lokaler Ebene

Kommunale Vertreter können einen wichtigen Beitrag zu einer guten Risikokommunikation und den Umgang mit Standortkonflikten bei Mobilfunk-Basisstationen auf lokaler Ebene leisten. Im Rahmen des DMF erarbeitete Erkenntnisse und der neu erstellte Mobilfunk-Ratgeber für Kommunen (www.ratgeber-mobilfunk.de) können insbesondere für kleinere und ländliche Kommunen Unterstützung bieten. Eine verbleibende wichtige Aufgabe auf Seiten der Kommunen ist es, die nötigen sozialen und kommunikativen Kompetenzen für eine Verbesserung des Dialogs sowohl mit den Netzbetreibern, als auch mit den Bürgern aufzubauen. Im Vordergrund steht dabei z. B. die frühzeitige Information der Bürger über die Standortplanungen, die Schaffung von Transparenz, das Eingehen auf Besorgnisse von Bürgern und die Berücksichtigung ihrer Interessen soweit möglich. Beteiligte mit widersprüchlichen Interessen „an einen Tisch zu holen“ sollte von den Kommunen als eine selbstverständliche Maßnahme zur Konfliktlösung angesehen werden. Für Diskussionen von Themen des Risikos bzw. der Gesundheit sollten Kommunen Fachkompetenz von außen hinzuziehen.

Eine weitere Erkenntnis ist, dass in der Wissenschafts- und Risikokommunikation noch stärker auf die Erläuterung der für Laien weitgehend unbekanntem Expertenterminologie geachtet werden muss. Die unterschiedliche Verwendung von Begriffen durch Experten und Laien und die damit verbundenen Kommunikationsschwierigkeiten sind zu berücksichtigen.

Als spezielles Informationsangebot zu verschiedenen Fragestellungen im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern wurde das Internet-Informationssystem EMF-Portal (www.emf-portal.de) eingerichtet, um interessensunabhängig wissenschaftliche Informationen für verschiedene Interessensgruppen, Wissenschaftler, Entscheidungsträger und wissenschaftliche Laien zur Verfügung zu stellen. Insbesondere beruflichen Nutzern und Nutzerinnen mit einem gewissen Hintergrundwissen stellt das EMF-Portal eine gute Informationsquelle zur Verfügung, da es einen schnellen Überblick über den aktuellen Stand neuer wissenschaftlicher Publikationen ermöglicht. Die im interdisziplinären EMF-Forschungsbereich benutzten Fachbegriffe werden in einem ausführlichen Glossar erläutert. Die weitere Verbesserung der Nutzerfreund-

lichkeit für interessierte Laien wird angestrebt, insbesondere im Sinne einer stärkeren Hilfestellung zur Bewertung von Studien.



VERBLEIBENDE OFFENE FRAGEN

Die offenen Fragen betreffen u. a. den Aspekt, welche Inhalte konkret dem Informationsbedürfnis verschiedener Zielgruppen entsprechen und auch von ihnen verarbeitet werden können. Weitere Forschung ist für die Klärung der Frage erforderlich, wie wissenschaftliche Unsicherheiten gegenüber wissenschaftlichen Laien angemessen kommuniziert werden können. Vertiefte Erkenntnisse zur Entstehung von Besorgnis und der Rolle von Emotionen in der Risikowahrnehmung könnten zu einer weiteren Verbesserung der Risikokommunikation beitragen. Näher zu untersuchen ist auch die Rolle von Vertrauen und Glaubwürdigkeit für eine gute Risikokommunikation sowie die Möglichkeiten, darauf Einfluss zu nehmen.

3 ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DER ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DEN STRAHLENSCHUTZ

Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm konnte Kenntnislücken zu tatsächlichen Expositionen und möglichen Gesundheitsrisiken der Mobilfunktechnologie schließen und hat somit zu einer deutlichen Verringerung der zu Beginn des Programms vorliegenden wissenschaftlichen Unsicherheiten geführt. Die Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms geben insgesamt keinen Anlass, die Schutzwirkung der bestehenden Grenzwerte in Zweifel zu ziehen.

Die Exposition der Bevölkerung gegenüber untersuchten Mobilfunkfrequenzen nimmt zwar ständig zu, liegt jedoch in der Regel deutlich unterhalb der geltenden Grenzwerte.

Die Projekte im Bereich Dosimetrie zeigten, dass die Exposition im Alltag erheblichen zeitlichen und räumlichen Schwankungen unterliegt. Die Exposition der Bevölkerung gegenüber untersuchten Mobilfunkfrequenzen nimmt zwar ständig zu, liegt jedoch im Mittel nach wie vor viele Größenordnungen unterhalb der Grenzwerte. Nur bei Nutzung körpernaher Quellen wie z. B. Mobiltelefonen, werden Werte nahe des Grenzwertes erreicht.

Die an Zellkulturen durchgeführten Studien lieferten insgesamt keine Hinweise auf bisher unentdeckte Wirkungsmechanismen im „athermischen“ Bereich unterhalb der Grenzwerte. Dies deckte sich mit Ergebnissen zu akuten Wirkungen an Versuchspersonen. Hier zeigte sich in experimentellen Studien keine Beeinträchtigung des Schlafes, der kognitiven Leistungsfähigkeit, des Gedächtnis oder der Verarbeitung von visuellen oder akustischen Reizen. Auch in epidemiologischen Studien konnte kein Zusammenhang zwischen den gemessenen Feldern von Basisstationen und Schlafstörungen, Kopfschmerzen, gesundheitlichen Beschwerden allgemein sowie psychischer oder körperlicher Lebensqualität nachgewiesen werden. Dies gilt auch für elektrosensible Personen, bei denen ein Zusammenhang von tatsächlicher Feldexposition und einer Vielzahl von Symptomen nicht bestätigt werden konnte.

Um mögliche Langzeitwirkungen wiederholter oder chronischer Exposition zu untersuchen, wurden tierexperimentelle Mehrgenerationsstudien durchgeführt, die keine Hinweise auf negative Einflüsse von Mobilfunkfeldern – weder GSM noch UMTS – lieferten. Untersucht wurde eine Vielzahl von Endpunkten, u.a. die Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke, verschiedene Krebserkrankungen, Tinnitus, Lernen und Gedächtnis, Stressantwort und Immunparameter, Fortpflanzung und Entwicklung.

Auch epidemiologische Studien konnten bisher für Mobilfunknutzer zumindest bis zu einer Nutzungsdauer von zehn Jahren kein erhöhtes Risiko für eine Hirn- oder Augentumorerkrankung finden. Es zeigte sich auch kein Zusammenhang zwischen der berechneten Feldstärke um vergleichsweise leistungsstarke Radio- und Fernsehsender und einem erhöhten Risiko für Kinderleukämie.

Auf einige Fragen konnte das Programm aber keine abschließenden Antworten geben. Die Datenlage für mögliche Gesundheitsrisiken bei Handynutzung länger als zehn Jahre ist nicht ausreichend, um heute abschließend beantwortet werden zu können. Dies liegt daran, dass die Mobilfunktechnologie vergleichsweise jung ist und Hirntumore eine lange Latenzzeit haben, sodass die Zahl von Handynutzern, die ihr Mobiltelefon länger als zehn Jahre nutzen, zu gering ist, um statistisch belastbare Daten zu liefern. Auch die Frage, ob Kinder stärker exponiert oder auch empfindlicher gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Felder als Erwachsene sein könnten, bleibt derzeit noch offen. Zwar wurden im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms zahlreiche denkbaren Studiendesigns verfolgt, dennoch ist die heutige Datenlage nicht ausreichend, um die Frage abschließend beantworten zu können.

Aus diesem Grund ist es weiterhin empfehlenswert, die Grenzwertregelung durch geeignete Vorsorgemaßnahmen zu ergänzen. Dies kann durch unterschiedliche Maßnahmen erfolgen:

- **Vorsorgliche Minimierung der Exposition:** Beim Betrieb der bestehenden und der Entwicklung neuer drahtloser Kommunikationstechnologien ist weiterhin auf eine Optimierung im Sinne des Strahlenschutzes zu achten. Im privaten Bereich kann die Wahl und Handhabung der relativ stärksten Quellen die individuelle Exposition erheblich verringern. Hierzu gehört u.a. das Handy selbst, aber ggf. auch DECT-Basisstationen und Babyphone, die im häuslichen Bereich einen wesentlichen Anteil an der Gesamtexposition bilden können und zu denen technische Alternativen vorliegen,
- **Gezielte Forschungsansätze:** Die verbleibenden wissenschaftlichen Unsicherheiten müssen durch gezielte Forschung weiter eingegrenzt werden, insbesondere zu Wirkungen auf Kinder und zu Langzeitwirkungen auf die Bevölkerung.
- **Informationsmaßnahmen:** Zukünftige Informationsmaßnahmen für die Bevölkerung sollten klares Orientierungswissen bieten und mögliche Handlungsspielräume für den Einzelnen aufzeigen. Aussagen über wissenschaftliche Erkenntnisse und die Grenzen des Wissens müssen so einfach und konkret wie möglich formuliert werden.

Wie wichtig eine solche vorsichtige Herangehensweise ist, zeigt die Entwicklung der Bewertung von niederfrequenten Feldern der Stromversorgung in den letzten drei Jahrzehnten. Nach langer kontroverser epidemiologischer Forschung wurden diese Felder im Jahr 2002 von der mit der WHO assoziierten International Agency for Research on Cancer (IARC) als "möglicherweise kanzerogen" (Klasse 2B) eingestuft.

Ausschlaggebend hierfür waren die epidemiologischen Beobachtungen einer statistischen Assoziation von kindlicher Leukämie und einer zeitlich gemittelten Magnetfeldexposition der Kinder. Ein Wirkungsmodell ist nicht bekannt.

Die im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms gewonnenen Erkenntnisse der Risikokommunikation werden in den nächsten Monaten zielgruppen-gerecht aufbereitet, um die Vielzahl, aber auch die Differenziertheit der Forschungsergebnisse an alle Interessensgruppen weiterzugeben.

Den Abschlussbericht des Bundesamtes für Strahlenschutz zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm, eine ausführliche Beschreibung des Programms selbst und der einzelnen Forschungsprojekte sowie weitere Informationen zum Thema „Hochfrequente elektromagnetische Felder“ finden Sie auf den Internetseiten des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (<http://www.emf-forschungsprogramm.de>) und des Bundesamtes für Strahlenschutz (<http://www.bfs.de>).

Kontakt:

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 100149

38201 Salzgitter

Telefon: + 49 30 18333-0

Telefax: + 49 30 18333-1885

Internet: www.bfs.de

E-Mail: ePost@bfs.de

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



Bundesamt für Strahlenschutz